

T
621.437
D542

ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA



"Fabricacion de Camisas para Motores de
Combustion Interna"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO MECANICO

Presentada por:

SANTIAGO JOSÉ DÍAZ COBOS

GUAYAQUIL - ECUADOR

1.993

DEDICATORIA

A mis PADRES, HERMANA
y NOVIA por su apoyo
constante durante mis
años de estudio.



A G R A D E C I M I E N T O

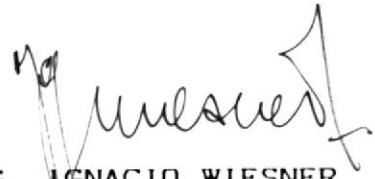
Al Ing. IGNACIO WIESNER,
Director de esta Tesis, por
su constante colaboración en
el desarrollo de este trabajo.

Al Centro de Innovación
Tecnológica y Desarrollo
(CITD), Cuerpo Técnico y
personas que directa e
indirectamente han colaborado
en la elaboración de esta tesis.



ING. JORGE DUQUE

Decano de la Facultad
de Ingeniería en Mecánica



ING. IGNACIO WIESNER

Director de Tesis



ING. JOSE PACHECO

Miembro del Tribunal



ING. FREDDY CEVALLOS

Miembro del Tribunal

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Titulos Profesionales de la ESPOL).

SANTIAGO JOSÉ DIAZ COBOS

R E S U M E N

El desarrollo de esta Tesis tomará en cuenta tres aspectos muy importantes. El primero de ellos comprende una investigación bibliográfica que involucre todos los pormenores relacionados a la construcción de camisas para motores de combustión interna, entre estos, los materiales utilizados para dicho fin, el proceso de manufactura de camisas que mejor se ajuste a nuestras posibilidades actuales, además de las normas y requerimientos de trabajo impuestas a las camisas al momento de su funcionamiento. El segundo aspecto relacionado a la construcción de camisas lo constituye el desarrollo de un equipo experimental para la fusión de metales, en el cual se podrán realizar todo tipo de pruebas concernientes a la fusión y preparación misma de los materiales utilizados en la construcción de las camisas motivo de esta Tesis. Por ultimo y sin dejar de ser menos importante, se procederá a la construcción de una camisa para un motor de combustión interna cuya utilidad o demanda en nuestro medio se encuentre comprobada.



INDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	VII
INDICE DE FIGURAS	VIII
INDICE DE TABLAS	XII
ABREVIATURAS	XV
INTRODUCCION	17
CAPITULO I	19
INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA	19
1.1 Fundamentos para el diseño de camisas	19
1.2 Materiales usados en la construcción de camisas	32
1.3 Homologación de materiales	54
1.4 Metodos de fabricación	64
1.5 Control de calidad	79
CAPITULO II	91
DESARROLLO DE TECNOLOGIA APROPIADA	91
2.1 Metodologia a usar	91
2.2 Desarrollo de equipo experimental	103
2.3 Pruebas de fusion	122
2.4 Control de calidad	125
CAPITULO III	128
3.1 Discusión de resultados	128
ANEXOS	134
BIBLIOGRAFIA	165

INDICE DE FIGURAS

Nº		Pág.
1	Capacidades de amortiguamiento relativas ..	137
2	Diagrama esquematizado de los límites de resistencia a la fatiga	29
3	Camisa de cilindro para monobloque	139
4	Camisa de cilindro para monobloque	140
5	Camisa de cilindro para monobloque	140
6	Cilindro con sección rectangular en la zona ventilada	30
7	Cilindro con sección de corsé en la zona ventilada	31
8	Proceso utilizado para la obtención del acero	46
9	Clasificación del acero	47
10	Clasificación del hierro fundido	48
11	Las siete formas básicas que se presenta el grafito en los hierros fundidos	143
12	Subclasificación del grafito en hojuelas tipo VII	145
13	Procedimiento esquematizado para la obtención de los hierros fundidos	49
14	Diagrama Fe-C en condiciones de equilibrio.	50
15	Diagrama Fe-C-Si	51
16	Rangos en contenido de Carbono y Silicio para la familia de los materiales ferreos .	52
17	Agitador mecánico	53

IX

Nº		Pág.
18	Flujo de operaciones al que es sometida una pieza fundida antes de salir al mercado ..	78
19	Colocación de probetas para ensayos metalográficos	159
20	Planos de la Camisa, vista en conjunto ...	97
21	Planos de la Camisa, vista frontal	160
22	Planos de la Camisa, vista en corte lateral izquierdo	161
23	Planos de la Camisa, vista en corte lateral derecho	162
24	Planos de la Camisa, vista superior	163
25	Planos de la Camisa, vista inferior	164
26	Cilindro de madera que será torneado a la forma exterior maciza de la camisa a construir	98
27	Modelo de madera empleado para moldear en arena una cavidad que será posteriormente llenada con aluminio y que constituirá el material base para la construcción del modelo definitivo de la Camisa	99
28	Aluminio fundido, base para la construcción del modelo definitivo de la Camisa	100
29	Rectificado de las caras planas del material base para facilitar su ensamblaje	100

X

Nº		Pág.
30	Taladrado de agujeros en el material base para su posterior sujeción	101
31	Agujeros y roscas listas para la sujeción de ambas mitades del material base	101
32	Material listo para la construcción del modelo definitivo de la Camisa	102
33	Torneado del modelo a dimensiones definitivas	102
34	Equipo de Fusión	107
35	Planos del cuerpo del quemador	108
36	Quemador tipo OXI-GAS	109
37	Distribuidor de flujo, mezclador de gases y tuerca aseguradora	109
38	Planos de la tuerca aseguradora de la cabeza del quemador	110
39	Planos del horno de fusión	111
40	Vista de la pared exterior del horno de fusión	112
41	Vista de la pared de aislamiento de piedra pomez	112
42	Vista de los materiales de aislamiento en el fondo del horno	113
43	Vista de las paredes de aislamiento de concreto de alta alúmina y de silicato con ácido bórico	113

XI

N°		Pág.
44	Vista del sello superior hecho con cemento refractario	114
45	Vista del hogar del horno y de sus paredes aislantes	114
46	Planos del canal de alimentación o de admisión de la carga	115
47	Vista del canal de alimentación o de admisión de la carga	116
48	Vista del canal para salida de la colada ..	116
49	Planos del canal para salida de la colada .	117
50	Planos de la tapa lateral del horno	118
51	Vista de la construcción de la tapa lateral del horno. Colocación del concreto de alta alúmina y de las agarraderas	119
52	Vista de la construcción de la tapa lateral del horno. Colocación del cemento refractario	119
53	Vista de la tapa lateral del horno terminada y de sus capas de aislamiento	120
54	Vista de la tapa-soporte lateral desmontable del horno	120
55	Vista del horno de fusión terminado	121
56	Vista del horno de fusión terminado	121
57	Fotos de los Compuestos con Matriz Metálica	127



BIBLIOTECA

INDICE DE TABLAS

Nº		Pág.
1	Requerimientos más comunes en las piezas o componentes y las propiedades del metal relacionadas con cada requerimiento	135
2	Capacidad de amortiguamiento de ciertos materiales ferreos	136
3	Factores de seguridad utilizados en el cálculo de la resistencia mecánica de una pieza	138
4	Coeficiente que considera la asimetría ...	138
5	Parámetros estructurales de las camisas de tipo humedo	141
6	Rango de composiciones típicas para hierros fundidos	142
7	Clasificación ASTM e ISO de los tipos de grafito	142
8	Subclasificación del grafito en forma de hojuelas tipo VII	144
9	Propiedades del hierro dúctil	146
10	Propiedades del hierro gris	146
11	Varias propiedades de los hierros y las clases en las cuales estas aumentan	147
12	Propiedades del hierro con grafito compactado	147

XIII

Nº		Pág.
13	Efectos estructurales e influencia de las adiciones de ciertos elementos en los materiales ferreos	148
14	Ciertas propiedades de los compuestos con matriz metálica (MMCS)	149
15	Composición estructural de ciertas fundiciones con matriz metálica	150
16	Aplicaciones y características de ciertos compuestos con matriz metálica	151
17	Sumario con las especificaciones del hierro gris	61
18	Composiciones observadas en las principales fundiciones de hierro	152
19	Composiciones observadas en las camisas fabricadas en las principales fundiciones de España	153
20	Factores que influyen en la selección adecuada de la aleación de aluminio	154
21	Propiedades de las aleaciones de aluminio para fundición	62
22	Clasificación y aplicaciones del acero según el Instituto del Hierro y del Acero (IHA) y su equivalencia en otras instituciones ...	63
23	Normalización de las principales fundiciones de acero	155

XIV

Nº		Pág.
24	Sumario con las especificaciones y requerimientos de las fundiciones de acero	156
25	Acabados y aplicación de estados superficiales	157
26	Normas sobre creces de mecanizado y tolerancias dimensionales para cilindros y camisas fundidas	158

A B R E V I A T U R A S

AFS	=	Medida de la permeabilidad (Grados AFS)
Al	=	Aluminio
ANSI	=	Instituto Nacional Americano
API	=	Instituto Americano del Petroleo
ASTM	=	Sociedad Americana para Ensayos y Materiales
AWS	=	Sociedad Americana de la Soldadura
C	=	Carbono
CG	=	Hierro con grafito compactado
CO ₂	=	Dióxido de Carbono
Cr	=	Cromo
CT	=	Carbono total
Cu	=	Cobre
°C	=	Grados Celsius
D	=	Diametro
ϕ	=	Designación de diametro
dm	=	Decímetro
σ	=	Esfuerzo
σ_a	=	Amplitud del esfuerzo
σ_m	=	Esfuerzo medio
σ_{r1}	=	Esfuerzo a la fluencia
σ_{-1}	=	Valor limite del esfuerzo cuando el ciclo es simétrico
σ_o	=	Tensión limite del ciclo pulsante
η	=	Factor de seguridad

XVI

Ψ	=	Coefficiente que considera la asimetría
°F	=	Grados Farenheith
gg	=	Hierro gris
GGG	=	Hierro dúctil
HB	=	Dureza Brinell
IHA	=	Instituto del Hierro y del Acero
K	=	Kilo ($1,0 \times 10^3$)
Kg	=	Kilogramos
m	=	Metro
max	=	Maximo
min	=	Minimo
mm	=	Milimetro
MMCS	=	Compuestos con matriz metálica
Mg	=	Magnesio
Mn	=	Manganeso
N	=	Newton
O	=	Oxígeno
P	=	Fosforo
Plg	=	Pulgadas
Psi	=	Libras por pulgada cuadrada
S	=	Azufre
Si	=	Silicio
Ti	=	Titanio
%	=	Porcentaje
V	=	Vanadio

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

La producción de cualquier componente mecánico usualmente empieza con la concepción del mismo por parte del diseñador y también tiene en mente tres aspectos importantes que son la forma estructural, el material y el proceso de manufactura.

El objetivo de éste trabajo es, además de desarrollar el proceso para la producción de camisas para motores de combustión interna, el de incentivar al profesional Ecuatoriano en el desarrollo o desagregación de tecnología en nuestro medio, con lo cual se contribuirá en gran forma al crecimiento personal y profesional del individuo y de todo nuestro país.

Esta tesis tiene el propósito de desarrollar un proceso de producción para la fabricación de camisas utilizadas en motores de combustión interna. Para lograr dicho objetivo hemos de realizar una investigación bibliográfica de los materiales utilizados en su construcción, un análisis del diseño tomando en cuenta sus requerimientos y condiciones de trabajo, el desarrollo de la tecnología y metodología apropiada para su fabricación, además de un estudio de las

necesidades de nuestro medio en cuanto a camisas para motores de combustión interna se refiere.

Este documento puede ser considerado como una guía para la producción de cualquier componente o pieza, ya que involucra todos los pasos necesarios a seguir para dicho fin, desde la planificación del trabajo a desarrollar hasta la culminación con la construcción o producción de la pieza o componente.

Por último, sin ser menos importante, la realización de ésta tesis utilizará personal y equipos existentes en la escuela, promoviendo así la investigación y el desarrollo de una nueva tecnología para nuestro medio.

CAPITULO I

INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA



BIBLIOTECA

1.1 FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DE CAMISAS.-

El diseño de cualquier componente usualmente empieza con la visualización del mismo por parte del diseñador. Además existen, tres aspectos importantes que deben ser tomados en cuenta para que un diseño actúe satisfactoriamente, estos son: la forma estructural, el material y el proceso de manufactura.

Los tres aspectos mencionados deben ser considerados junto con los requerimientos específicos del componente, debido a que todos se encuentran íntimamente relacionados. Si la aplicación del componente involucra simples requerimientos, el diseñador posiblemente hará una nota mental de ellos; sin embargo para aplicaciones complejas con requerimientos inusuales o proyectos que involucren grandes cantidades de dinero, los requerimientos para el buen funcionamiento del componente se aconseja que sean escritos en forma de lista o de

reporte que incluya estudios, pruebas, etc.

Los requerimientos de un componente pueden incluir las fuerzas que serán aplicadas a éste y si la resistencia o deflección del mismo son limitantes, la exactitud requerida, la resistencia al desgaste, el acabado superficial, la temperatura a la cual el componente ha de trabajar, la corrosión del mismo, además de otras condiciones que pudieran ser significantes. Los requerimientos más comunes en los componentes, y las propiedades del metal relacionadas con cada requerimiento se muestran en la Tabla 1.

Las propiedades de los materiales considerados para la construcción de un componente deben ser revisadas para determinar no solo que materiales proporcionarán las características requeridas en el componente, si no además cuales materiales poseen características deseables adicionales como una mejor maquinabilidad o un menor costo.

Los varios tipos de metales existentes proporcionan una amplia gama de propiedades utilizables, tal como un rango en dureza, desde excelente maquinabilidad hasta extrema resistencia al desgaste. Hierro maleable es ideal para la fundición de secciones delgadas que requieren ductilidad, tal es el caso de las cadenas. El

hierro dúctil puede ser utilizado en la fundición de piezas de diferentes tamaños y espesores, requiriéndose en algunos casos un recocido para obtener mayor ductilidad. Los hierros con grafito compactado son utilizados para la fundición de piezas con secciones finas o medianamente finas como en el caso de los volantes. Los hierros grises son muy versátiles y se encuentran en varios grados. Los hierros grises de baja resistencia son bastante fluidos en condición de hierro fundido, solidifican virtualmente sin contracción por lo que pueden ser colados en secciones muy delgadas y complejas. Los hierros grises de alta resistencia son utilizados en una amplia variedad de maquinaria. Debe recordarse que la dureza y resistencia de estos hierros es particularmente sensitiva al espesor de la fundición. Secciones muy finas se tornarán duras y difíciles de maquinar, mientras secciones gruesas presentarán baja resistencia.

Un diseño eficiente para resistencia no es necesariamente apropiado para exactitud. Deflecciones mínimas en estructuras son obtenidas con la construcción de cámaras con nervios o nervaduras de refuerzo. Debido a que estos incrementan el momento de inercia de la sección al aumentar la distancia del metal al eje neutro. Debido al requerimiento de exactitud, la carga de trabajo en maquinarias de precisión es solo una fracción de su

resistencia efectiva, por lo tanto la posible concentración de esfuerzos no presenta un gran problema. Por el contrario, un eficiente diseño para resistencia trata en lo posible de lograr una distribución de esfuerzos lo más uniforme posible, lo que se consigue con estructuras relativamente flexibles. Sin embargo, la cantidad real de deflección producida por una carga, puede ser controlada a través de un apropiado diseño de la pieza o componente.

Falla estructural, ya sea en pruebas o en servicio, es comúnmente el resultado de la concentración de esfuerzos en un área crítica a niveles mucho mayores que los tomados en cuenta para el diseño original. Usando un metal dúctil no necesariamente se alivia el problema, debido a que la forma de la estructura en el sitio crítico debe favorecer el flujo del material para ceder y exhibir ductilidad. Si la concentración de esfuerzos se sitúa en un área como un filete interior, la elongación del metal será inhibida por la acción de un esfuerzo lateral. Por lo tanto un metal que hubiese sido totalmente dúctil en un ensayo de tensión puede fallar sin exhibir apreciable ductilidad cuando la fluencia lateral es restringida.

El límite elástico de todos los hierros en compresión es por lo menos tal alto como en tensión, y

la resistencia última en compresión es de dos a tres veces la resistencia a la atracción. Esto es debido a que el grafito contenido en el hierro no incrementa resistencia en tensión, pero puede soportar apreciables cargas de compresión. La resistencia a la compresión del hierro está directamente relacionada con su dureza brinell.

Evitar la excesiva vibración de una maquinaria puede ser un factor crítico para su éxito, además el ruido emanado por ella puede perjudicar o impedir su utilización. El movimiento que causa la vibración de una maquinaria puede ser balanceado o equilibrado, pero en alguna maquinaria o proceso la vibración es inherente. Vibración inevitable puede ser minimizada por absorción y/o aislamiento. Vibración puede ser suprimida añadiendo masa y usando materiales con apreciable capacidad de amortiguamiento. Las fundiciones de hierro son muy prácticas en ambos métodos. Las capacidades de amortiguamiento relativas de varios hierros fundidos son comparadas con la del acero en la Tabla 2. La diferencia es mostrada gráficamente en la Figura 1.

Un componente vibrando a su frecuencia resonante puede acumular tanta amplitud vibracional suficiente para causar una falla catastrófica, a menos que la energía vibracional sea absorbida o el proceso sea detenido.

Vibración puede causar unusually rápido desgaste en cojinetes y en dientes de engranajes.

La mayoría de motores trabajan en una amplia gama de cargas. Además su singularidad característica consiste en la posibilidad de funcionar durante largo tiempo en cualquier régimen, incluyendo el de potencia máxima. Las cargas que reciben las piezas del motor están condicionadas por la acción de las fuerzas de presión de los gases, de las fuerzas de inercia, de las oscilaciones elásticas y de las dilataciones térmicas. Para asegurar la fiabilidad necesaria del motor en estas condiciones para el cálculo se toma tal régimen, en el que las condiciones de trabajo de las piezas principales son más duras. Por eso el grado de carga de las piezas se estima, en primer lugar, a la potencia nominal y momento torsional máximo.

Los regímenes enumerados se emplean, en lo fundamental, para hacer el cálculo de la resistencia mecánica de las piezas. En este caso las acciones térmicas se toman en consideración mediante la elección de las tensiones límites y de los factores de seguridad que pueden admitirse para uno u otro material de construcción. Es especialmente importante tomarlo en consideración, al calcular las piezas fabricadas de aleaciones ligeras, cuyos índices de resistencia mecánica

se reducen bruscamente durante el calentamiento.

Prácticamente todas las piezas cargadas del motor se encuentran bajo la acción de unos esfuerzos variables que varían periódicamente tanto de magnitud, como de signo. Puesto que los motores tienen una gama de regímenes de trabajo bastante amplia, las características de las cargas pueden ser las más variadas. En el cálculo se consideran las cargas que generan las tensiones cíclicas más altas.

Cuando se calculan las tensiones cíclicas, se determinan sus valores máximos ($\sigma_{\text{máx}}$), mínimos ($\sigma_{\text{mín}}$) y medios (σ_m). El ciclo se caracteriza por la amplitud $\sigma_a = (\sigma_{\text{máx}} - \sigma_{\text{mín}})/2$ y el coeficiente de asimetría $r = \sigma_{\text{máx}}/\sigma_{\text{mín}}$. Siendo $\sigma_{\text{máx}} = -\sigma_{\text{mín}}$, el ciclo es simétrico, para el cual los valores límites se designan con la magnitud σ_{-1} . Cuando $\sigma_{\text{mín}} = 0$, el ciclo simétrico se transforma en pulsante: los valores límites de las tensiones se designan mediante la magnitud σ_0 .

Al cargar las piezas con esfuerzos cíclicos surgen roturas por fatiga. Estas dependen no sólo de la tensión máxima $\sigma_{\text{máx}}$, sino también de la amplitud σ_a y del grado de asimetría del ciclo.

Las tensiones a las cuales el metal se destruye, son

los límites de resistencia a la fatiga y se designan con σ_r (en los casos de ciclos simétrico y pulsante con σ_{-1} y σ_0 , respectivamente). Las correlaciones entre estas magnitudes son mostradas en el diagrama esquematizado de los límites de fatiga en la Figura 2.

Los sectores AC y CD indican como depende σ_{max} de σ_m . En el punto "A" la tensión corresponde a σ_{-1} , es decir, a la tensión límite del ciclo simétrico y en el punto "B", a σ_0 , es decir, a la tensión límite del ciclo pulsante. El sector CD corresponde, por su magnitud, al límite de fluencia σ_{fl} . En este sector la resistencia mecánica se determina por la resistencia a las deformaciones plásticas, es decir, por el límite de fluencia σ_{fl} . Las líneas que limitan la región de las tensiones admisibles se han obtenido por abajo uniendo los puntos D, C, K dispuestos a la misma distancia de la línea CD que los puntos C, B, A. De esta manera haciendo el uso del diagrama esquemático trazado según los valores σ_{-1} , σ_0 , σ_{fl} dados de cada material, puede determinarse la admisión de unas u otras cargas variables que actúan sobre una pieza, en función de su valor y grado de asimetría del ciclo.

La resistencia mecánica de una pieza se estima según el factor de seguridad $\eta\sigma$, el cual se calcula dependiendo del ciclo, con las expresiones anunciadas en la tabla 3.

El coeficiente γ_{σ} depende del límite de resistencia mecánica del metal σ_{res} . Para los aceros de construcción pueden usarse los valores de la Tabla 4.

En las Figuras 3 , 4 y 5 se muestran diferentes formas estructurales de las camisas de cilindro húmedas para monobloques, y en la tabla 5 se aducen sus parámetros estructurales. Las más propagadas en la práctica mundial son las camisas del tipo A con un engrosamiento en la parte inferior y ranuras para los anillos de empaquetadura hechos de goma. Las camisas en los motores diesel de las firmas norteamericanas International, Cummins, Case tienen estructura semejante, pero sin el engrosamiento inferior.

Las camisas se hacen de fundición gris perlítica SCh 21-40. Las camisas producidas en la URSS en la mayoría de los casos se someten al temple con corrientes de alta frecuencia, en otros países se usan en lo fundamental las camisas no templadas, fabricadas de un hierro gris aleado.

En los motores refrigerados por aire se emplean cilindros dotados de aletas fabricados de aleaciones de aluminio o de hierro fundido. La parte del cilindro en forma de casquillo en la zona ventilada tiene sección rectangular (Figura 6) o de corsé (Figura 7) con

engrosamiento de las paredes en dirección del tope superior y de la brida de apoyo. En la mayoría de los casos el tope superior se ejecuta en forma de superficie anular plana. Este ordinariamente entra en contacto con la superficie anular correspondiente del fondo de culata, asegurando la estanquidad del lugar de unión sometido a las fuerzas de presión de los gases.

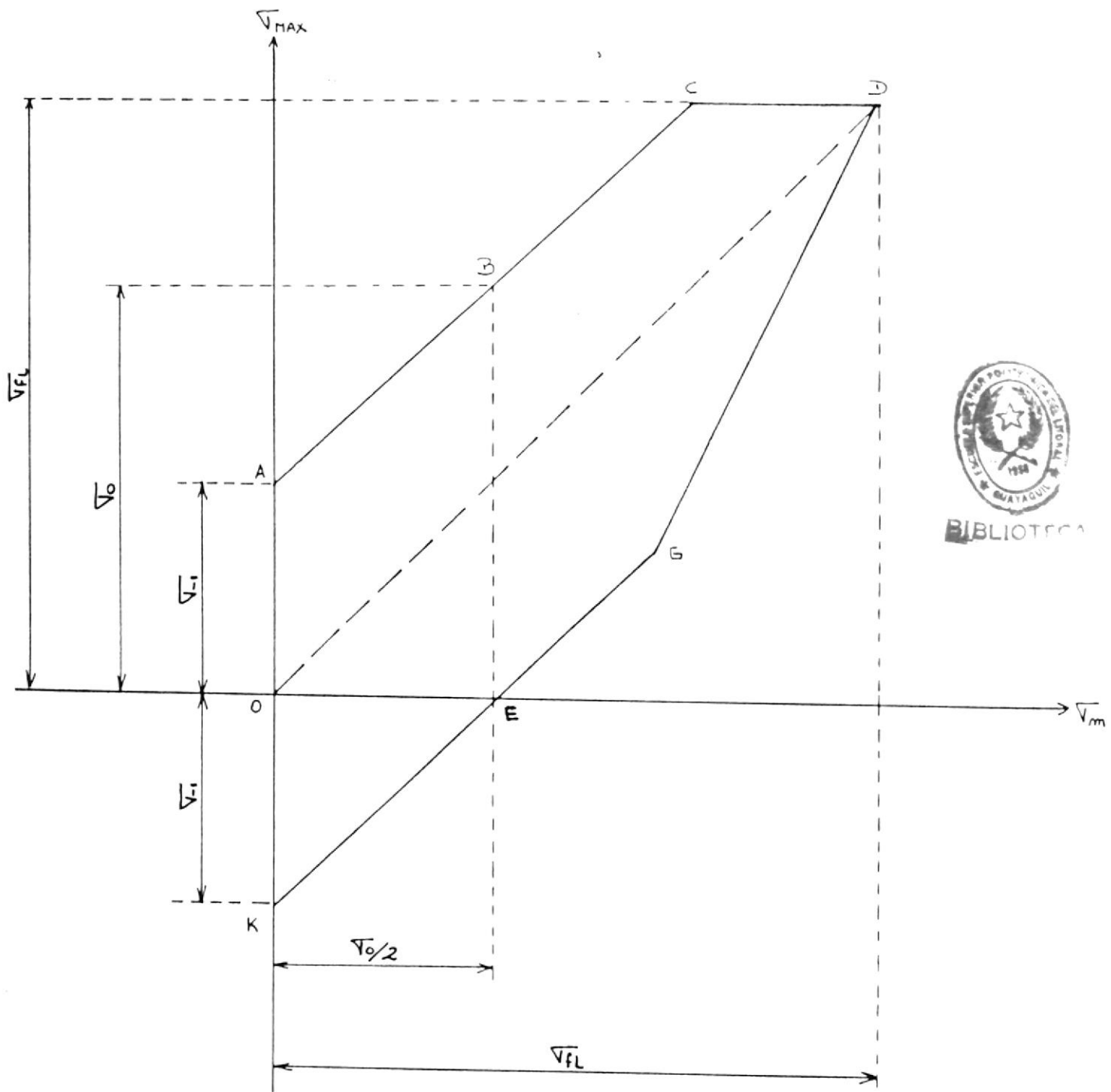


Diagrama esquematizado de los límites de resistencia a la fatiga.

FIGURA 2

Cilindro con seccion rectangular ³⁰
en la zona ventilada

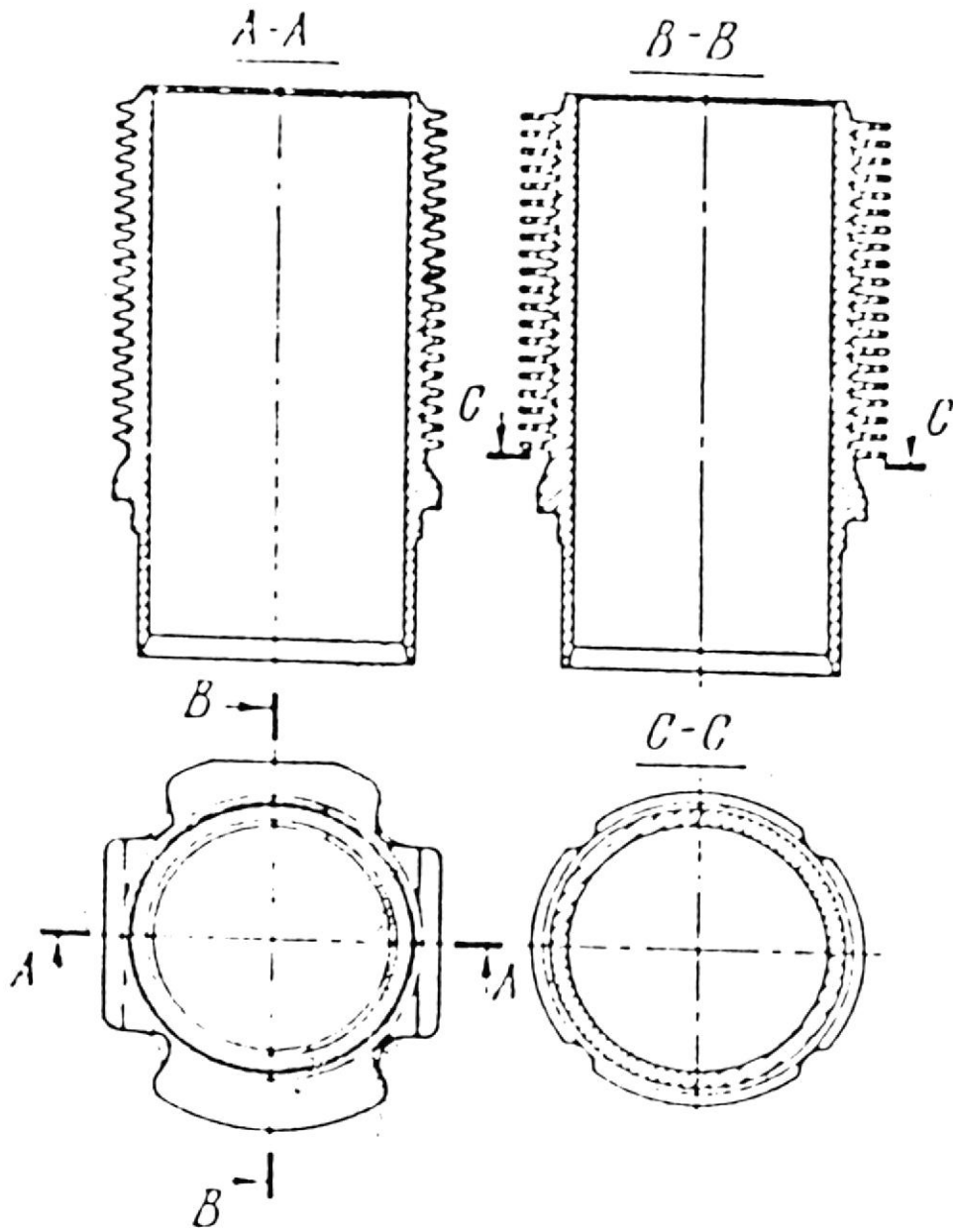


FIGURA 6

Cilindro con seccion de corse³¹
en la zona ventilada

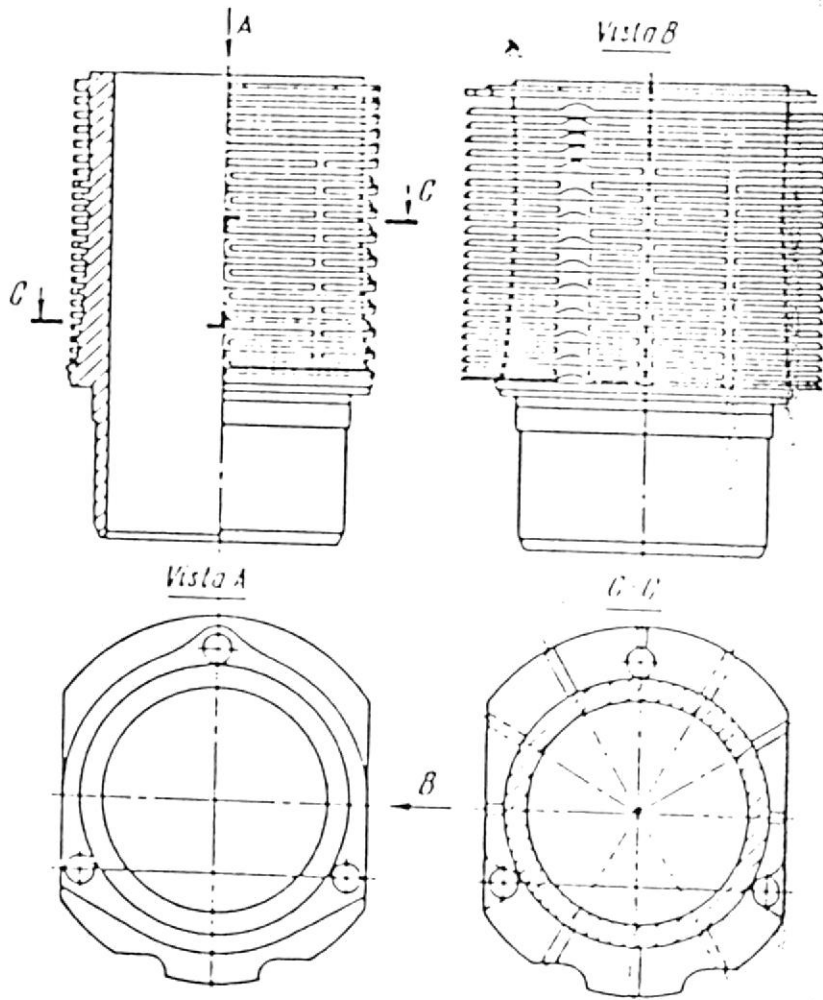


FIGURA 7

1.2 MATERIALES USADOS EN LA CONSTRUCCION DE CAMISAS.

A fin de conocer más a fondo los diferentes materiales utilizados en la construcción de camisas para motores de combustión interna, primeramente debemos revisar los procedimientos que se llevan a cabo para su obtención.

EL ACERO

El hierro bruto producto del alto horno (densidad 6.7 a 7.3 $\text{k}\ddot{6}/\text{dm}^3$, punto de fusión unos 1300°C , contenido de carbono 3% a 5%) debido a su alto contenido en carbono, silicio, manganeso, fósforo y azufre, no posee todavía las propiedades que lo hacen utilizable como material, por ésta razón debe seguir elaborándose.

La materia prima para la fabricación de acero es el hierro bruto blanco que es manganífero (lo cual favorece la combinación del carbono con el hierro). Para transformar el hierro bruto blanco en acero se reduce por oxidación (combustión) el contenido de carbono, silicio y manganeso, además se elimina en lo posible el fósforo y el azufre. El proceso descrito se denomina a fino y se emplean diversos métodos para realizarlo, Figura 8.

El procedimiento de **soplado de oxígeno** es el más empleado en la actualidad debido a su rentabilidad y a la obtención de una mejor

calidad. En vez de hacer pasar aire a través del caldo, se inyecta sobre él oxígeno puro. El procedimiento más conocido es el LD, en el cual se insufla verticalmente oxígeno desde arriba al crisol LD que se encuentra cargado con hierro crudo líquido y chatarra, con esto el material fundido resulta descarburado y se queman las impurezas perjudiciales. Los aceros afinados mediante el procedimiento del oxígeno no contienen apenas nitrógeno ya que no se emplea aire en la operación, además se les puede añadir hasta un 6% de componentes de aleación y, como los tiempos de soplado son notablemente menores, el procedimiento es más económico.

Con el procedimiento **eléctrico** no se produce generalmente acero, sino que se refina. Pero pueden también trabajarse para su conversión en acero, el hierro bruto líquido o sólido, las chatarras de alto valor o las mezclas de hierro bruto con chatarra. En el procedimiento eléctrico se emplean hornos de arco voltaico y hornos de crisol a inducción, en los cuales se hace posible la fusión de aceros especialmente puros, ya que la corriente eléctrica que se utiliza como manantial de calor no produce gases de combustión que pudiera dar lugar a impurezas. Los aceros eléctricos con contenido especialmente bajo de fósforo o de azufre (inferiores a 0,035%) se llaman, por su pureza, aceros finos y pueden ser aleados, de baja aleación o no aleados. Los aceros eléctricos se funden y se continúan trabajando muy cuidadosamente, son por esta razón mejores que los aceros de calidad obtenidos mediante los procesos Siemens-Martín o LD y notablemente más caros que los aceros comerciales producidos en gran escala.

Si se quieren producir aceros finos con la mínima cantidad posible de gas (hidrógeno, nitrógeno, oxígeno) habrá que recurrir al procedimiento de **fusión al vacío**, en el cual se funde acero de valor especialmente alto en ausencia de aire atmosférico (vacío). Por la acción del vacío se desprenden gran parte de los gases y manteniendo el vacío se cuela en seguida el acero en coquillas. Para éste procedimiento se emplean hornos de arco voltaico al vacío con electrodos autodestructores y hornos de inducción al vacío.

Los **nuevos procedimientos de obtención del acero** hacen posible la fabricación de acero sin intervención de alto horno. Con ellos se pueden trabajar sobre todo incluso con minerales finos pulverulentos. Se produce una determinada espuma de hierro en un horno tubular giratorio, partiendo de mineral de hierro (óxidos de hierro) en estado sólido, sin separación de los componentes rocosos del hierro, mediante reducción directa. Para la reducción puede emplearse en lugar del coque, lignito, que es más barato, gas natural o petróleo. El aire para la combustión se enriquece generalmente con oxígeno. La espuma de hierro que se forma se separa luego de la escoria en el baño del horno de arco y se transforma en acero.

Los aceros se clasifican en aceros de construcción y aceros de herramientas, pero no siempre es posible establecer una separación neta entre unos grupos y otros. La Figura 9 presenta una clasificación tomando en cuenta su nombre comercial o aplicación y otras clasificación según su microestructura.

Se entiende por aceros de construcción, a aquellos aceros que no solamente sirven para fines generales de construcción, sino también específicamente para la construcción de máquinas, montajes, automóviles, etc. Así entre los aceros de construcción tenemos:

Los aceros corrientes de construcción

Los aceros para tornos automáticos

Los aceros de cementación

Los aceros de nitruración

Los aceros mejorados

Los aceros inoxidable

Los aceros resistentes en estado caliente y refractarios

Los aceros para válvulas

Los aceros de resortes

Los aceros de herramientas se clasifican según dos puntos de vistas: según su composición en aceros de alta aleación, de baja aleación y sin aleación, y según la clase de tratamiento térmico en aceros de temple al aire, de temple al aceite y de temple al agua.

EL HIERRO FUNDIDO

Los varios tipos de hierro fundido no pueden ser designados tomando en cuenta su composición química, debido a las similitudes que existen entre ellos (Tabla 6), sino mas bien deben ser clasificados por su microestructura y a la vez por su nombre comercial o aplicación (Figura 10). La clasificación según su microestructura está basada en la forma y configuración que tiene la mayor parte del carbono que aparece en el hierro.

Las propiedades mecánicas de los hierros fundidos dependen principalmente de la estructura y distribución de sus microconstituyentes y, en cualquier de los hierros fundidos, el aspecto microestructural que posee el efecto más significativo sobre las propiedades, es el grafito libre.

Las varias formas en las cuales el grafito se presenta en los hierros fundidos han sido clasificados en siete tipos básicos (especificación ASTM A-247) Tabla 7 y Figura 11.

El grafito en forma de hojuelas (tipos VII) ha sido además subclasificado (especificación ASTM A-247) en cinco tipos, A, B, C, D, E, como lo muestra la Tabla 8 y la Figura 12.

Por lo tanto, tomando en cuenta su microestructura, los hierros fundidos pueden clasificarse en cinco tipos básicos: hierro gris, hierro blanco, hierro dúctil, hierro maleable y por último

hierro con grafito compactado. Además existe un sexto tipo en la clasificación de los hierros con propósitos comerciales, denominados hierros de alta aleación. El procedimiento esquematizado para la obtención de estos materiales de fundición se muestra en la Figura 13.

El **hierro dúctil** (GGG) se obtiene añadiendo magnesio al hierro fundido líquido, en forma de aleación níquel-magnesio o hierro-silicio-magnesio. El magnesio añadido reacciona con el azufre y el oxígeno del hierro fundido cambiando la forma en la que el grafito es formado, obteniéndose bolas de grafito en lugar de laminillas. Por esta razón este material recibe el nombre de hierro fundido con grafito esferoidal o también hierro fundido de estructura nodular (hierro nodular). Este tipo de fundición es químicamente estable, resistente al calor y a los choques, presenta extraordinaria facilidad para mecanizarlo y, por tener el grafito en forma de esferoides no se produce el efecto de entallado, con lo que el alargamiento, la resistencia a la flexión y a la tracción resultan notablemente aumentados con relación a la fundición corriente de hierro laminar. Debemos distinguir tres clases generales de hierro dúctil, el de tipo ferrítico con alta ductilidad, el de tipo perlítico con ductilidad moderada y buena maquinabilidad y por último el tipo tratado térmicamente con excepcional resistencia a la tensión aún cuando conserva cierta ductilidad. La fundición dúctil es utilizada principalmente en la construcción de cigüeñales, árboles de levas, cajas de cambios, embragues, tambores de frenos, rueda dentadas, entre otros. Sus propiedades se muestran en la Tabla 9.

El **hierro gris** (GG) se obtiene en hornos de fusión (cubilotes o también hornos eléctricos), partiendo de hierro bruto gris, chatarra de fundición y chatarra de acero. Con un enfriamiento lento se separa el carbono como grafito, casi siempre en forma de laminillas y se deposita entre los cristales del material base. La composición química y la velocidad de enfriamiento determinan esencialmente la cantidad, magnitud y forma del grafito. El contenido de silicio y la lentitud del enfriamiento favorecen la formación de grafito; el contenido de manganeso y la rapidez del enfriamiento, por el contrario, lo dificultan. El contenido de grafito da a la rotura del hierro fundido el típico color gris y determina las buenas propiedades de deslizamiento, mecanizado y la amortiguación de vibraciones del hierro fundido. El elevado contenido de carbono de 2,8% a 3,6% es causa de su relativamente bajo punto de fusión y de su buena colabilidad. Sus propiedades se muestran en la Tabla 10.

Los hierros grises son comúnmente clasificados por su mínima resistencia a la tensión. La especificación ASTM A48 establece varias clases de hierro gris, desde la clase 20 hasta la clase 60. La forma en que varían las propiedades que le corresponden a cada una de las clases se muestran en la Tabla 11. Además existen otras normas para la clasificación del hierro gris, entre ellas la SAE J431C que presenta requerimientos que son más específicos que los descritos por la ASTM A48.

A causa de su buena colabilidad se emplea el hierro fundido como material para aquellas piezas que por su forma son difíciles de

obtener por otros procedimientos que no sean la colada, como por ejemplo los bloques de cilindros, el cuerpo de válvulas hidráulicas y los tambores de frenos.

Los **hierros con grafito compactado** (CG) son relativamente nuevos en la familia de los hierros fundidos. Su estructura está caracterizada por una forma intermedia de grafito entre hojuelas y esferoides interconectadas llamadas cuasi-hojuelas, o grafito vermicular. Su producción es similar a la del hierro dúctil, requiriendo un alto control metalúrgico y raros elementos de adición además de titanio para minimizar la formación de grafito coferoidal. Las propiedades de este tipo de hierro son consideradas intermedias entre el hierro dúctil y el gris, reteniendo mucho de la moldeabilidad del hierro gris pero con una más alta resistencia a la tensión y algo de ductilidad. Esta combinación de propiedades les da a estos hierros un número significativo de ventajas en algunas aplicaciones sobre otros hierros fundidos. Sus propiedades se muestran en la Tabla 12.

Los **hierros de alta aleación** son una clasificación especial que incluye hierros blancos, hierros grises y hierros dúctiles altamente aleados. En estos hierros, el contenido de aleación es suficientemente alto para cambiar, en lugar de modificar, las propiedades del hierro base. Si bien tienen propiedades inusuales, estos hierros retienen la moldeabilidad de los hierros no aleados. Los hierros de alta aleación son identificados por sus propiedades especiales tales como resistencia a las altas temperaturas, a la

corrosión, a la oxidación, alta resistencia al desgaste, muy baja expansión térmica y características no magnéticas. Las fundiciones de hierro de alta aleación son producidas en talleres especializados debido a que su alto porcentaje de productos aleantes (3 al 40%) requiere el uso de instalaciones especiales de fundido, técnicas de moldeo y alto control de calidad. Los hierros de alta aleación son relativamente costosos en comparación con hierros no aleados o de baja aleación, pero pueden ser apreciablemente más económicos, como componentes o parte, que otros materiales que prestan el mismo servicio.

La metalurgia del hierro fundido posee muchas similitudes a la del acero, pero existen diferencias que son muy importantes para el metalúrgico que trabaja con hierro fundido. Tomando en cuenta que la cantidad de elementos aleantes presentes en los grados más comunes de acero son relativamente bajos, estos aceros pueden ser básicamente considerados como aleaciones binarias de Fe-C. De esta manera el diagrama Fe-C de la Figura 14 puede ser usado para interpretar sus estructuras bajo condiciones de equilibrio.

Sin embargo, los hierros fundidos contienen apreciables cantidades de silicio y deben ser considerados aleaciones ternarias de Fe-C-Si. La introducción de este constituyente adicional cambia el diagrama Fe-C, alterando la composición eutectoide (composición de perlita), la composición eutéctica, la máxima solubilidad de carbono en austenita, así como el rango de temperatura a las cuales se producen las reacciones eutécticas y eutectóides. El rango de

temperaturas sobre el cual estas transformaciones ocurren está en función del contenido de silicio y aumenta con el mismo, Figura 15.

Los rangos en contenido de carbono y silicio para la familia de los materiales ferreos se muestran en la Figura 16. Los aceros son bajos de carbono y silicio, mientras que los hierros poseen un mayor contenido de éstos.

La línea punteada en la porción inferior de la gráfica define el máximo contenido de carbono para los aceros así como el límite para la solubilidad de carbono en austenita. La línea punteada en la porción superior la gráfica indica la composición eutéctica para las aleaciones Fe-C-Si. Mientras el contenido de silicio en el hierro aumenta el contenido de carbono del eutéctico disminuye, este efecto combinado del silicio y el carbono se expresa a través de la relación lineal denominada carbón equivalente, la cual para una aleación sin silicio el eutéctico se encuentra con 4,3% de carbono.

$$\text{Carbono Equivalente} = \%C + \frac{\%Si}{3}$$

En algunos casos cuando el contenido de fósforo en el hierro es apreciable, éste elemento es introducido en la relación de la siguiente forma:

$$\text{Carbono Equivalente} = \%C + \frac{\%Si + \%P}{3}$$

En cierta forma, el tipo de hierro que se obtenga y sus propiedades depende mayormente del contenido de elementos que éste tenga. La adición de ciertos elementos puede producir variaciones, y en algunos casos cambios (gran adición de elementos aleantes) en las propiedades del metal. En la Tabla 13 se muestran algunos de los efectos estructurales y la influencia sobre las propiedades que produce la adición de ciertos elementos.

EL ALUMINIO



BIBLIOTECA

El aluminio, a causa de su baja densidad y de sus demás propiedades tiene un amplio campo de aplicaciones. Se emplea como aluminio puro para envasado (hojas, tubos, latas, cajas), para carrocerías de vehículos, para aparatos domésticos, en electrotécnica y como material de construcción. Se encuentra estandarizado según la norma DIN 1712, distinguiéndose según esta norma cuatro calidades de aluminio puro: Al 99.8; Al 99.7; Al 99.5; Al 99.

Además, el aluminio se emplea como metal de base para muchas aleaciones y como aditivo de aleaciones. Las aleaciones de aluminio se clasifican en aleaciones de forja y aleaciones de fusión.

La aleación para forja del tipo Al Cu Mg son templables, así elevan su resistencia del rango de 180 a 240 N/mm² al rango de 340

a 500 N/mm². Estas aleaciones se emplean para piezas sometidas a sollicitaciones mecánicas extraordinariamente fuertes como piezas de dirección, ruedas de aletas de ventilador, piñones de cigueñales, árboles de levas, chapas, perfiles, etc. Debe procurarse una buena protección anticorrosiva de éstas aleaciones, pues debido a su contenido de cobre la resistencia a la corrosión es pequeña.

Las aleaciones para forja del tipo AL Mg Si poseen una buena resistencia a la corrosión, por lo que son apropiadas para ruedas, para piezas del bastidor y para el piso de las carrocerías. Estas aleaciones además son templables, alcanzando una resistencia de 200 a 320 N/mm². Debido a su dureza y propiedades de pulido se emplean también para embellecedores y parachoques.

Las aleaciones para fusión de tipo G-AL Si Mg son templables, se prestan para piezas de fundición difíciles, resistentes a vibraciones y fuertemente sollicitadas. Estas aleaciones se sueldan bien, tienen buena estabilidad química y son utilizadas en bloques del cigueñal y culatas de cilindros refrigerados por agua.

Las aleaciones de fusión para fabricación de **pistones** tienen generalmente un alto contenido de silicio (11% al 25%), lo cual disminuye en estas aleaciones la dilatación térmica, eleva la resistencia al desgaste pero dificulta en cambio su conformación mediante arranque de viruta.

FUNDICION DE COMPUESTOS CON MATRIZ METALICA (MMCS)

Los componentes MMCS son combinaciones de dos o más materiales (uno de los cuales es un metal) en las cuales propiedades específicas son alcanzadas a través de combinaciones sistemáticas de diferentes constituyentes.

Materiales monolítico convencionales tienen limitaciones en cuanto a combinaciones alcanzables de resistencia, rigidez, coeficiente de expansión y densidad. Mientras tanto compuestos MMCS resultan en una combinación de muy alta resistencia a la fatiga y a la temperatura, buenas propiedades de amortiguamiento, conductividad eléctrica y termal, un buen coeficiente de expansión, además de excelentes propiedades antifricción y de abrasión (Tabla 14).

Estructuralmente, las fundiciones MMCS consisten de fibras continuas o discontinuas, hebras o partículas de metal (Tabla 15) en una matriz de aleación que se solidifica entre los espacios limitados de esta fase de refuerzo.

Un requerimiento básico en el procesamiento de compuestos MMCS es el contacto íntimo inicial y el enlace o unión completa entre la fase cerámica y la aleación en estado líquido. Esto es logrado mezclando las partículas o coloides de cerámica junto con la aleación líquida o mediante la infiltración de la aleación líquida en la fase cerámica con la ayuda de presión.

Debido a la pobre mojabilidad que presentan la mayoría de los cerámicos en los metales fundidos, el contacto íntimo entre la fibra y la aleación puede ser promovido en forma artificial induciendo mojabilidad o utilizando fuerzas externas con la finalidad de vencer la barrera de energía termodinámica en la superficie y al arrastre viscoso. La técnica más utilizada para este fin consiste en la adición de las partículas cerámicas en la aleación fundida que está siendo vigorosamente batida con un agitador mecánico como el mostrado en la Figura 17.

Estos modernos compuestos robustecidos con fibras o partículas tienen una gran variedad de aplicaciones (Tabla 16) debido a sus características propias y al bajo costo de su fabricación. Una de las principales aplicaciones de los compuestos MMCS la encontramos en la fabricación de cilindros para motores de combustión interna, en la cual debido a su baja densidad los compuestos de aluminio/grafito reducen en gran proporción el peso total del motor.

En el gran Prix 42 de Brasil en 1975 un automóvil equipado con un cilindro de un compuesto aluminio/grafito ganó la carrera aún cuando 27 vueltas antes de la finalización de la misma, el radiador se encontraba roto y había perdido todo el fluido refrigerante. Esto debido a las excelentes propiedades antifricción y de conductividad térmica de este material.

Proceso para la obtención del acero.

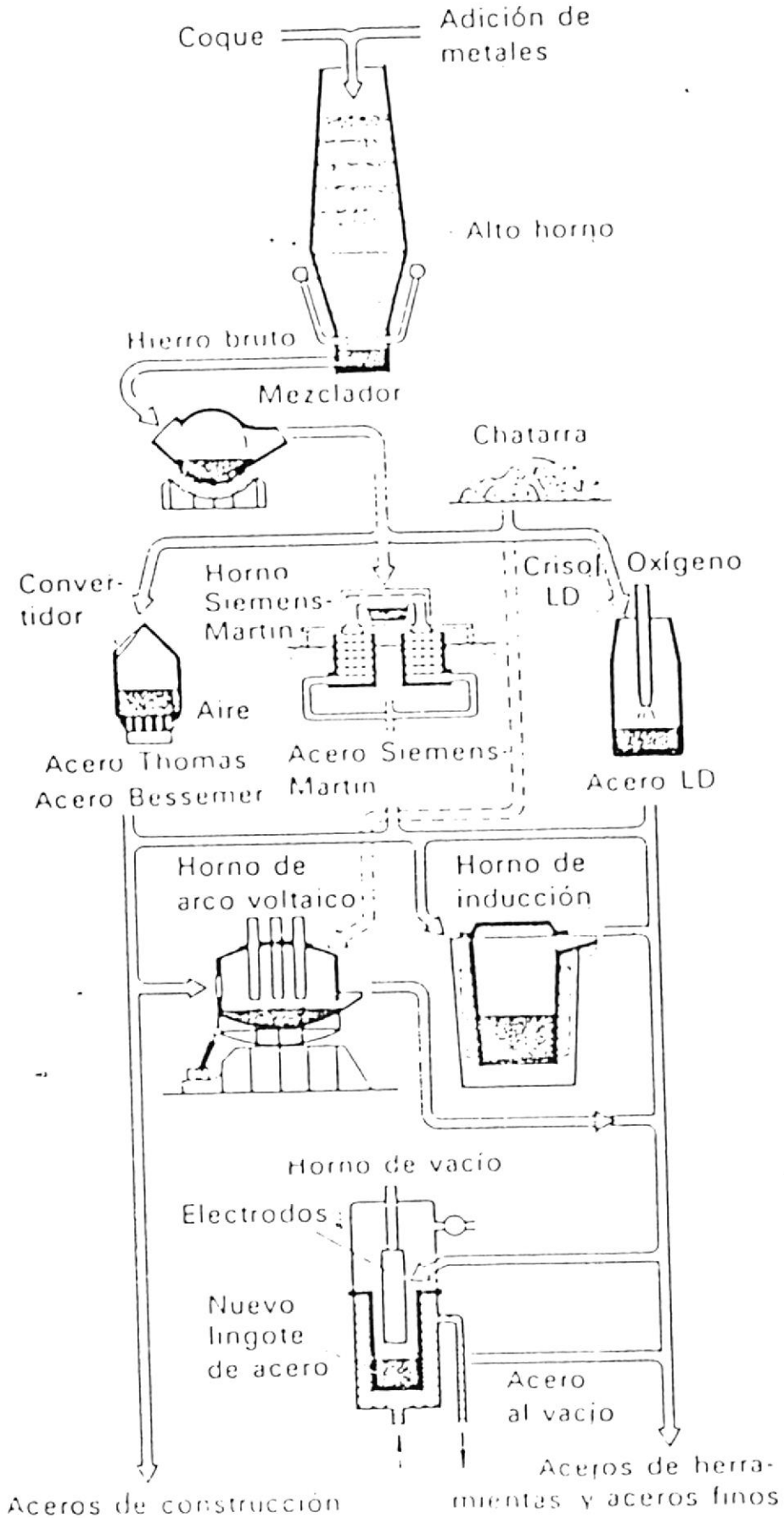


FIGURA 8

ALEACIONES FERROSAS

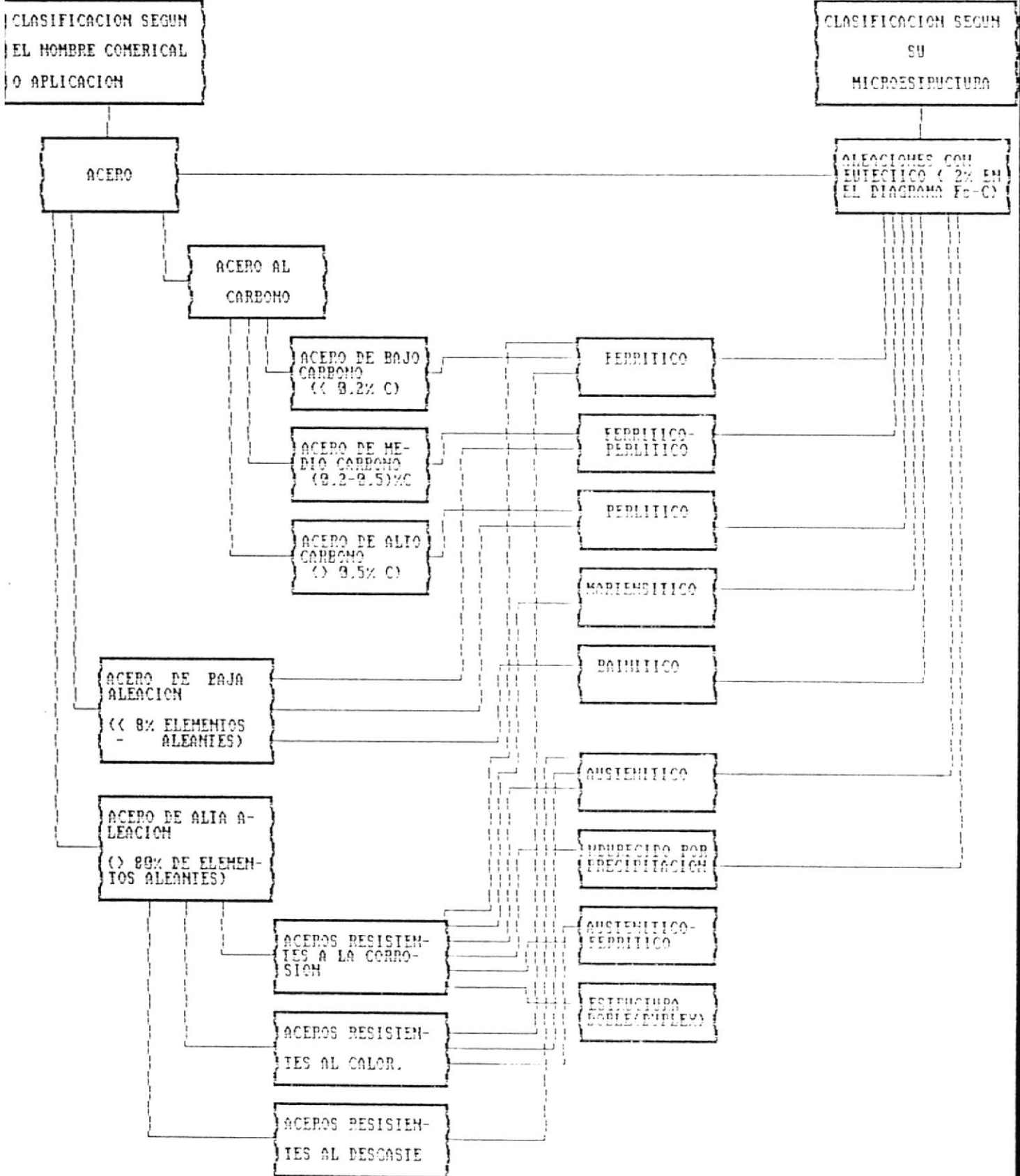


FIGURA 9
Clasificación del acero.

ALEACIONES FERROSAS

CLASIFICACION SEGUN EL NOMBRE COMERCIAL O APLICACION

CLASIFICACION SEGUN EL NOMBRE COMERCIAL O APLICACION

HIERRO FUNDIDO

ALEACIONES CON EUTECTICO > 2% EN EL DIAGRAMA Fe-C

HIERRO BLANCO

CON CARBUROS

RESISTENTE AL DESCASTE

APLICACIONES CON ALTA TEMPERATURA

FERRITICO

PERLITICO

MARTENSITICO

AUSTENITICO

Fe_3C

Fe_3C_2

Fe_7C_3

FeC

HIERRO FUNDIDO

CON CARBUROS Y GRAFITO

HIERRO GRIS

CON GRAFITO

HIERRO DE ALTA ALEACION

HOJUELAS DE GRAFITO LAMINAR

HIERRO DUCTIL

GRAFITO COMPACTADO O NERVICULAR

HIERRO MALLEABLE

GRAFITO ESFEROIDAL

TEMPER CARBON

Clasificación del hierro fundido.

FIGURA 10

Procedimiento esquematizado⁴⁹ para la obtención de los hierros fundidos.

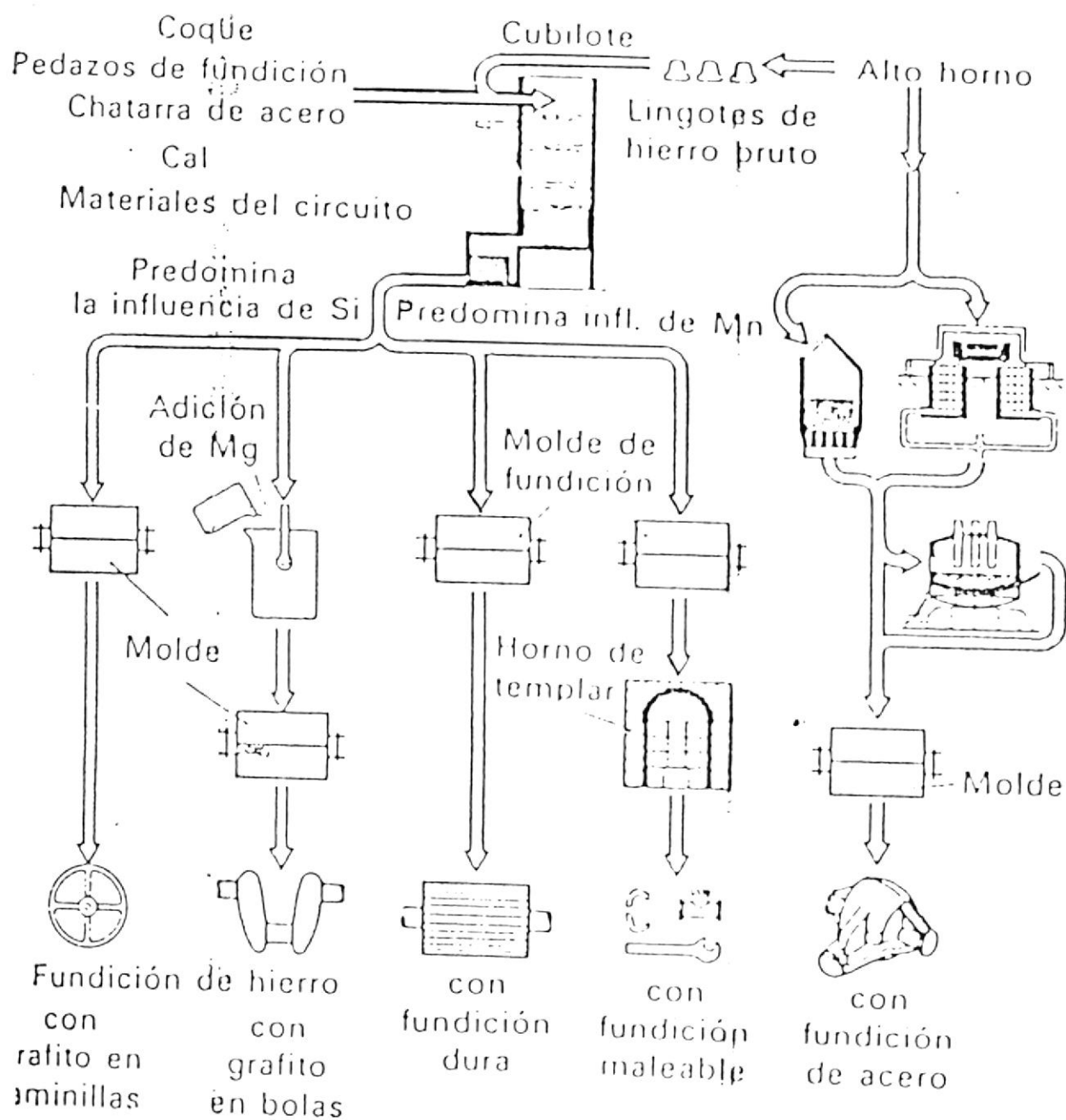


FIGURA 13

DIAGRAMA Fe-C

50

Bajo condiciones de equilibrio.

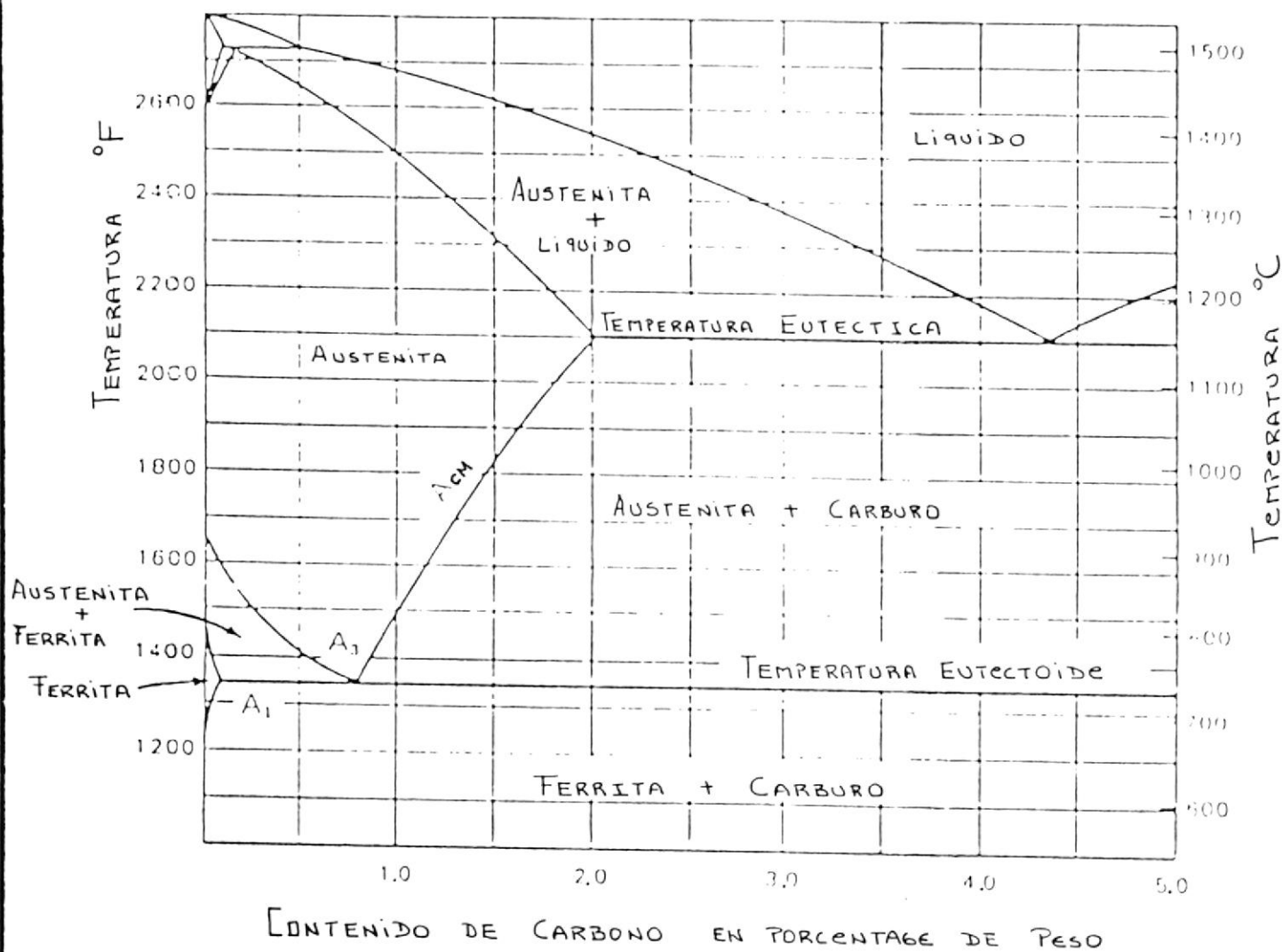


FIGURA 14

DIAGRAMA Fe-C-Si

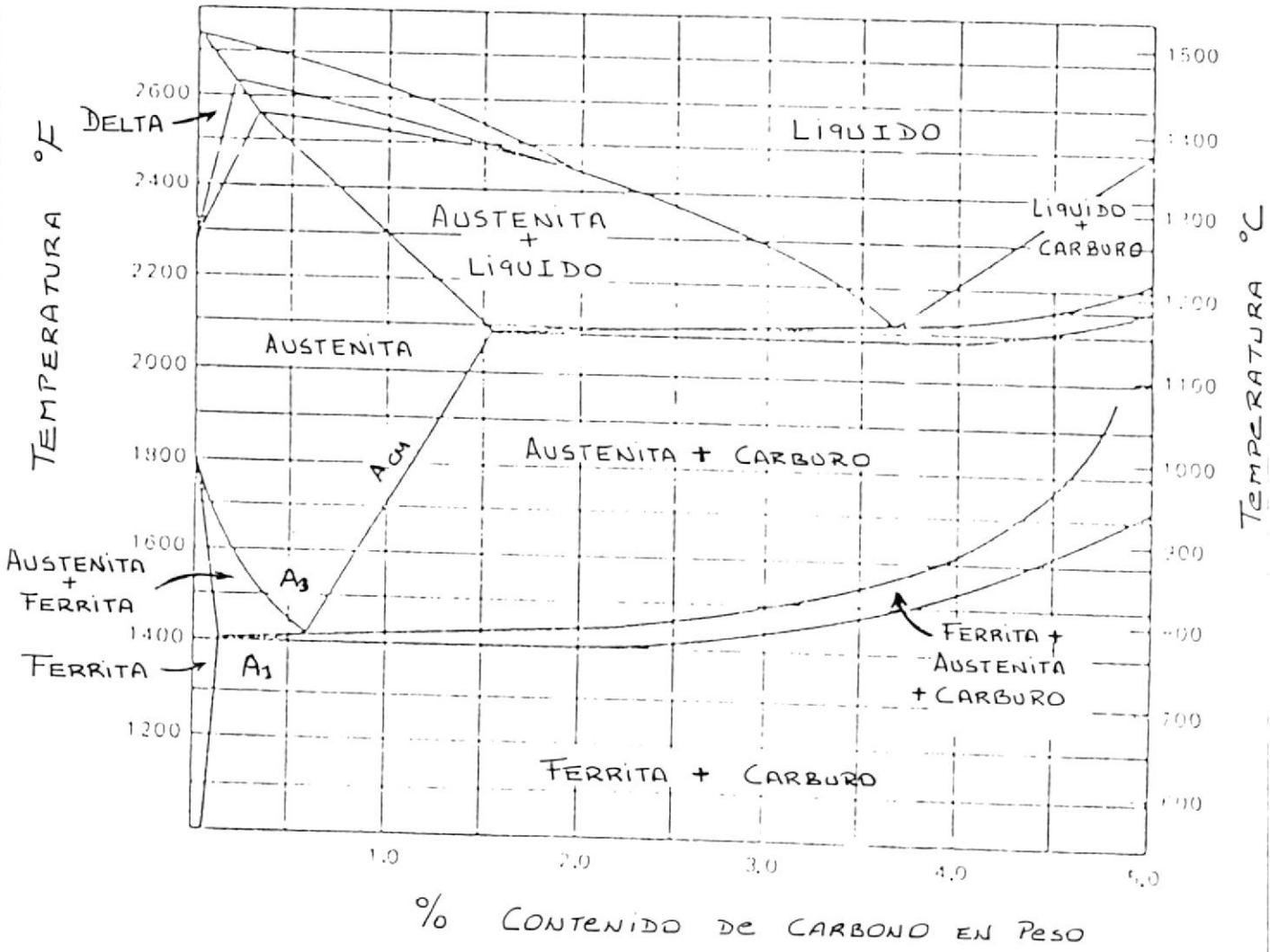


FIGURA 15

Rangos en contenido de carbono y silicio para la familia de los⁵² materiales ferreos.

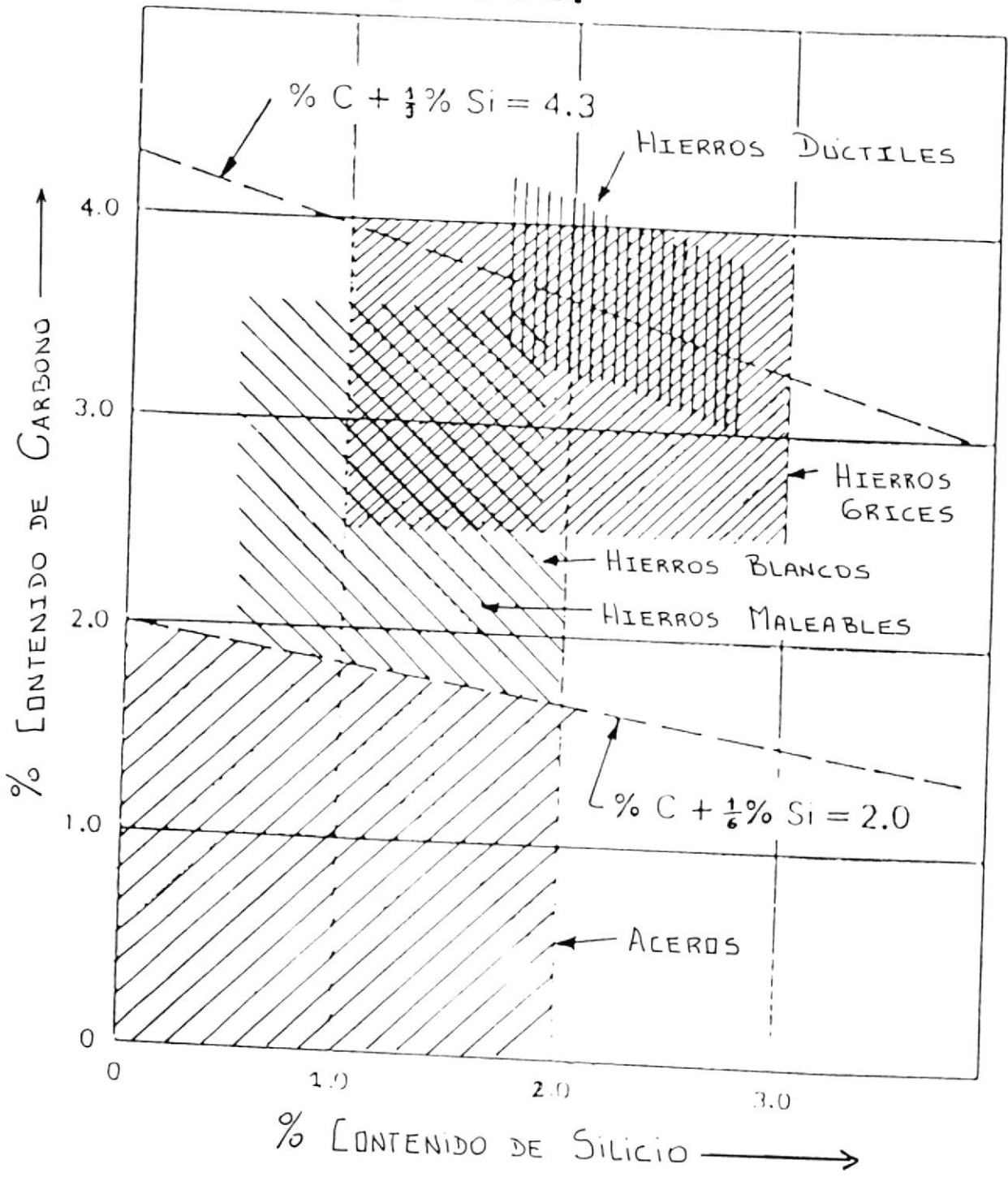


FIGURA 16

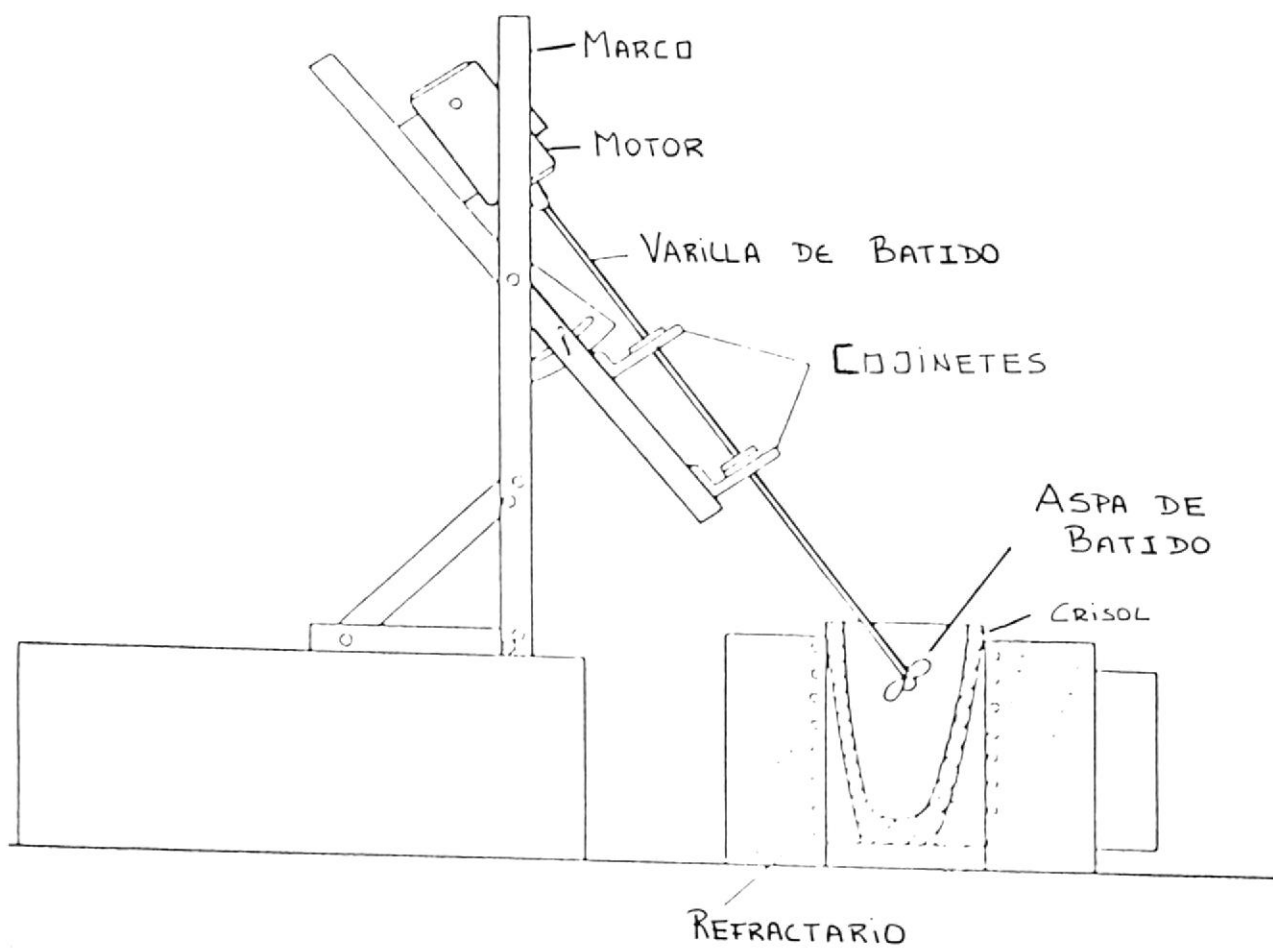


FIGURA 17

Agitador mecánico

1.3 HOMOLOGACION DE MATERIALES

EL HIERRO FUNDIDO

Las fundiciones de hierro son empleadas para tal cantidad de aplicaciones con tantas diferentes combinaciones y requerimientos, que especificaciones estándar para fundiciones no son del todo prácticas. Para realizar la correcta adquisición de fundiciones de hierro, el comprador debe proporcionar a la fundición toda la información y características sobre el hierro fundido a comprar, propiedades del metal, composición química, requerimientos de acabado, tolerancias dimensionales, etc. Por lo que, el estandarizar las fundiciones tomando en cuenta los requerimientos específicos de cada aplicación no es del todo práctico. De todas maneras existen especificaciones estándar que agrupan los principales tipos de hierro fundido.

Especificaciones estándar para los tipos y grados de hierro son promulgadas por varias organizaciones y agencias. Las especificaciones más comúnmente usadas para el hierro son las establecidas por la ASTM (American Society for Testing Materials) y por la SAE (Society of Automotive Engineers). Estas organizaciones están

compuestas por varios comités de voluntarios expertos. Cada comité está encargado de mantener las especificaciones estándar y los procedimientos de prueba para un tipo de material específico, reuniéndose de esta manera en forma general las normas y especificaciones de todos los materiales.

La Sociedad de Fundiciones de Hierro publica un sumario con las especificaciones estándar de los tipos y grados de hierro más comúnmente usados. El sumario presenta los requerimientos básicos de cada especificación y sus aplicaciones, como se muestra en la Tabla 17.

El sumario expuesto en la Tabla 17 presenta las principales propiedades y aplicaciones de los hierros fundidos grises. Por otro lado en la Tabla 18 se toma en cuenta las composiciones observadas en las principales fundiciones de hierro.

Existen además algunas mezclas típicas utilizadas en aplicaciones específicas, las cuales se enumeran a continuación:

No. 1, hierro para la fabricación de cilindros. Cilindros y camisas para máquinas a vapor, motores diesel y máquinas a gas.

Silicio % 1,2 - 1,4
Fósforo % 0,3 - 0,7
Manganeso % 0,5 - 1,0

Acero en un porcentaje del 20 al 25% puede ser usado en esta mezcla.

No.2, hierro utilizado en la fabricación de tuberías, cuerpos de condensadores, cubiertas de bombas y fundiciones en general de 1/2" a 1 1/2" de espesor.

Silicio % 1,6 - 2,2
Fósforo % 0,6 - 0,9
Manganeso % 0,5

No es recomendable añadir acero a ésta mezcla, ya que tiende a producir zonas porosas en el metal.

No. 3, hierro para tubería de drenaje de agua lluvia.

Silicio % 2,0 - 2,8
Fósforo % 1,2 - 1,6
Manganeso % 0,3 - 0,4

Debemos puntualizar que las proporciones dadas son nominales, ya que todas son alteradas al pasar a través del cubilote de una forma aproximada a la siguiente:

El contenido de silicio disminuye	(20 - 30)%
El contenido de azufre aumenta en	(45 - 55)%
El contenido de fósforo aumenta en	(5 - 15)%
El contenido de manganeso disminuye	(25 - 35)%

A manera de complemento, en la Tabla 19 se muestran las composiciones de camisas fabricadas en las principales fundiciones de España.

EL ALUMINIO



Las propiedades del aluminio que hacen a este metal y sus aleaciones el más económico y atractivo para una gran variedad de aplicaciones son: su apariencia, bajo peso, propiedades mecánicas y físicas, resistencia a la corrosión o una combinación de estas.

Las aplicaciones del aluminio pueden ser categorizadas de acuerdo al tamaño del mercado en orden descendiente, en aplicaciones para la construcción, recipientes y material para empaque de productos, transportación, eléctrica, maquinaria, equipos y otros.

Los principales factores que influyen en la selección de la aleación de aluminio a utilizar en una aplicación en particular incluyen: el proceso de fundición

a utilizar, el diseño de la pieza a fundir, las propiedades requeridas y las limitaciones económicas. En la Tabla 20 se presentan los más importantes factores a considerar.

En la Tabla 21 se presentan las más comunes aleaciones de aluminio utilizadas en la técnica y la industria.

EL ACERO

Como cada fabricante de aceros utiliza denominaciones propias para los tipos que fabrica (que tampoco son los mismos para todos los fabricantes, aunque a veces difieran un poco algunos de otros) se ha sentido la necesidad de normalizar los aceros en una tabla que abarque todos los tipos de uso más frecuentes, y que sirva incluso de orientación a los mismos fabricantes. Así, en América se utilizan las tablas S.A.E. (The Society of Automotive Engineer), que son prácticamente iguales a las de la A.I.S.I. (The American Iron and Steel Institute). En Alemania se utilizan mucho las tablas D.I.N. En Francia, las tablas de la A.F.N.O.R. En Inglaterra, las tablas B.S.I. En Italia, las tablas de la U.N.I., etc.

En España se encuentra en vigencia una tabla promulgada por el Instituto del Hierro y del Acero (I.H.A), que ordena y clasifica el acero de acuerdo a sus

aplicaciones, como se puede observar en la Tabla 22.

En la Tabla 23, se muestran los principales tipos de fundiciones y sus propiedades normalizadas a través de las mayores instituciones internacionales, y a continuación en la Tabla 24 se presenta un sumario con las especificaciones y requerimientos de varias fundiciones de acero.

COMPUESTOS CON MATRIZ METALICA.

Existe una gran variedad de compuestos con matriz metálica debido al alto número de combinaciones posibles (matriz-dispersoide) que se pueden obtener.

La selección del tipo de compuesto adecuado para nuestra aplicación en particular no fue trabajo difícil, debido a que el tipo de dispersoide utilizado depende de la aplicación específica que se le vaya a dar a dicho compuesto. En la Tabla 16 se puede observar las aplicaciones específicas para cada compuesto y sus principales ventajas, por lo que para nuestro caso en particular, es decir la construcción de camisas para motores de combustión interna, podemos hacer uso de un compuesto como el que se describe a continuación:

COMPUESTO.....	Aluminio/Grafito/Cu
APLICACION.....	Pistones y cilindros para motores de combustion.
CARACTERISTICA.....	Reducido desgaste y bajo peso.
DISPERSOIDE.....	Grafito en polvo (15-100) micrometros.
CANTIDAD DEL DISPERSOIDE..	De 1 a 8 %
RESISTENCIA ESPECIFICA....	8.803 N.m/Kg

SUMARIO CON LAS ESPECIFICACIONES DEL HIERRO GRIS

NORMA	ESPECIFICACION	USO	CLASE O GRADO	RESISTENCIA MINIMA A LA TENSION [PSI]	RESISTENCIA A LA COMPRESION [PSI]	DUREZA BRINCH HB	MICROESTRUCTURA (%)	CARBONO TOTAL (%)	MODULO TENSIONAL [10 PSI]	MODULO TENSIONAL [10 PSI]	APLICACIONES TIPICAS
ASTM	A 126-73 (1979)	- VALVULAS - ACCESORIOS DE TUBERIAS - BRIDAS	A	21 000							ACCESORIOS PARA TUBERIAS Y FUNDICIONES CON BAJOS REQUIRIMIENTOS TENSIONALES.
			B	31 000							
			C	41 000							
ASTM	A 48-76	- FUNDICIONES PARA USO GENERAL INGENIERIL DONDE LA RESISTENCIA ES LA MAYOR CONSIDERACION.	20	20 000	83 000	156			9.6 A 14.0	3.9 A 5.6	FUNDICIONES PEQUEÑAS O DELGADAS QUE REQUIERAN DE BUENA APARIENCIA, BUENA MAQUINABILIDAD Y DIMENSIONES EXACTAS.
			25	29 900	110 000	187			11.5 A 14.8	4.6 A 6.0	
			30	33 700	129 500	207			13.0 A 16.4	5.2 A 6.6	MAQUINARIA EN GENERAL, COMPRESORES LIGEROS.
			35	34 800	126 000	212			14.5 A 17.2	5.8 A 6.9	
			40	41 900	155 000	235			16.0 A 20.0	6.4 A 7.8	HERRAMIENTAS PARA MAQUINADO, COMPRESORES PESADOS.
			45	45 000	161 000	250					
			50	50 000	164 000	262			18.8 A 22.8	7.2 A 8.0	CILINDROS DE ALTA PRESION, HERRAMIENTAS PARA MAQUINADO DE SERVICIO PESADO, DACOS, CIGUENALES Y GRANDES ENGRANAJES.
			55	55 000	172 000	283					
ASTM	A 159-77	- FUNDICIONES DE HIERRO GRIS PARA AUTOMOTORES	61800	18 000		MAX 187	FERRITICA	3.40 A 3.70			PARA MAQUINADO DONDE ALTA RESISTENCIA NO ES REQUERIDA
			62500	25 000		170 A 229	PERLITICA	3.20 A 3.50			BLOQUES DE CILINDROS PEQUEÑOS, CABEZOTES, PISTONES, PLATOS DE EMBRAGUE
			62500 a	25 000		170 A 229	GRAFITO 'A' TAMANO 2-4	3.40 MIN			TAMBORES DE FRENOS Y DISCOS DE EMBRAGUE.
			63000	30 000		187 A 241	PERLITICA	3.10 A 3.40			
			63500	35 000		207 A 255	PERLITICA	3.00 A 3.30			BLOQUES DE CILINDROS PARA AUTOMOTORES, CABEZOTES, VOLANTES, PISTONES, TAMBORES DE FRENO
SAE	J 431	- FUNDICIONES EN MOLDES DE ARENA PARA AUTOMOVILES, CAMIONES Y TRACTORES	63500 b	35 000		207 A 255	GRAFITO 'A' TAMANO 3-5	3.40 MIN			BLOQUES DE CILINDROS Y CABEZOTES PARA CAMIONES, VOLANTES PESADOS Y CAJAS DE TRANSMISION
			63500 c	35 000		207 A 255	GRAFITO 'A' TAMANO 3-5	3.50 MIN			TAMBORES DE FRENO Y DISCOS DE EMBRAGUE PARA SERVICIO PESADO QUE REQUIEREN RESISTENCIA AL CALOR Y ALTA RESISTENCIA
			64000	40 000		217 A 269	PERLITICO	3.00 A 3.30			TAMBORES PARA MOTOTRES DIESEL, CAMISAS, CILINDROS, PISTONES Y PARTES PESADAS EN GENERAL.
ASTM	A 278 - 75 (1980)	- PARTES SOMETIDAS A PRESION Y A TEMPERATURAS HASTA DE 650° F. (345°C)	40	40 000				CARBONO EQUIVALENTE 3.8% MAX			CUERPOS PARA VALVULAS, RODILLOS PARA PRODUCCION DE PAPEL, EQUIPO PARA PROCESOS QUIMICOS, FUNDICIONES PARA RECIPIENTES DE PRESION
ASME	SA 278		50	50 000							
			60	60 000							
			70	70 000							
ASTM	A 319-71 (1980)	PARA ALTO CHOQUE TERMICO PERO CON BAJA RESISTENCIA PARA ELEVAR TEMPERATURAS SIN PRESSION. PARA UNA RESISTENCIA PROMEDIO DE CHOQUES TERMICOS PARA ALTA RESISTENCIA	I	BAJA RESISTENCIA		DETERMINADA POR LA FUNDICION Y EL COMPRADOR		3.50 MIN			PARTES PARA HORNOS DE FUSION MATERIAL PARA MOLDES METALICOS.
			II	HASTA 30 000				3.20 MIN			
			III	HASTA 40 000				2.80 MIN			

PROPIEDADES DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO PARA FUNDICION

ALEACION	DESIG- NACION	NORMA ASTM	FABRI- CACION	TRATA- MIENTO TERMICO	RESISTENCIA A TENSION (KSI)	LIMITE ELASTICO (KSI)	ELON- GACION (%)	COMPOSICION QUIMICA	APLICACIONES
Al-Cu	201.0		S	OPC	53	31	20.0	4.6 Cu - 0.7 Ag - 0.35 Mn - 0.35 Mg - 0.25 Ti	Pistones, cilindros y cabezotes para motores a gasolina donde alta resistencia es requerida.
	206.0		S/P	NO	63	50	12.0	4.5 Cu - 0.3 Mn - 0.25 Mg - 0.22 Ti	Cabezotes para motores diesel y gasolina, donde gran resistencia a elevada temperatura es requerida.
Al-Si	A206.0		S/P	SI	63	50	12.0		
	208.0	C543A	S	SI	21	14	2.5	4 Cu - 3 Si	Cuerpos para valvulas y aplicaciones donde se requiere hermetismo ante presión.
	242.0	CN42A	S/P	SI	27	18	1.0	4 Cu - 2 Ni - 2.5 Mg	Pistones, cilindros y cabezotes para motocicletas, motores diesel y aviones. Aplicaciones que requieren de alta resistencia a elevada temperatura.
	296.0	SC64A	P	NO	37	19	9.0	4.5 Cu - 2.5 Si	Buena maquinabilidad y propiedades tensiles.
Al-Si-Mg	308.0	SC64A	S/P	OPC	28	16	2.0	5.5 Si - 4.5 Cu	Buena soldabilidad, resistencia moderada y buen hermetismo ante presión.
	319.0	SC64D	S/P	OPC	27	18	2.0	6 Si - 3.5 Cu	Cabezotes y camara de construcción para automotores. Buena soldabilidad, moderada resistencia y buen hermetismo ante presión.
	336.0	SN122A	P	SI	36	28	0.5	12 Si - 2.5 Ni - 1 Mg - 1 Cu	Pistones para automotores y motores diesel. Buena resistencia a elevada temperatura, baja expansión térmica y buena resistencia al desgaste.
	355.0	SC31A	S/P	SI	28	23	1.5	5 Si - 1.3 Cu - 0.5 Mg	Carcasas para bombas, pistones para compresores de aire, cilindros enfriados por agua, buena soldabilidad y buen hermetismo ante presión.
	C355.0	SC31B	S/P	SI	35	28	1.0		Bloques para cilindros enfriados por agua, buena resistencia a la corrosión.
	356.0	SG70A	S/P	SI	25	20	2.0	7 Si - 0.3 Mg	Carcasas para bombas, bloques para cilindros, motores enfriados por agua.
	357.0	SG70B	S/P	SI	32	22	2.0		Aplicaciones que requieren de alta resistencia a la corrosión.
	360.0	SG100B	D	OPC	47	25	3.0	9.5 Si - 0.5 Mg	Cabezotes para motores enfriados por aire.
	A360.0	SG100A	D	OPC	46	24	5.0		Aplicaciones que requieren de alta resistencia a la corrosión.
	A380.0	SC84A	D	OPC	48	24	3.0	8.5 Si - 3.5 Cu	
Al-Mg	383.0	SC102A	D	OPC	34	22	5.0		
	390.0		D	OPC	45	22	3.5	10.5 Si - 2.5 Cu	
	A390.0		S/P	OPC	41	35	1.0	17 Si - 4.5 Cu - 0.6 Mg	Aplicaciones que requieren de alta resistencia a elevada temperatura.
	413.0	S12B	D	OPC	26	26	<1.0		Bloques de cilindros para automotores, motores de cuatro tiempos enfriados por aire.
	A413.0	S12A	D	OPC	43	21	2.5	12 Si	Piezas de diseños intrincados y parades diegacías.
	443.0	S5B	S	OPC	42	19	3.5		Aplicaciones que requieren de alta resistencia a la corrosión.
	A443.0		S	OPC	19	8	8.0	5.2 Si	
	B443.0	S5A	S/P	SI	23	8	9.0		Cuerpos para carburadores, conexiones de tuberías, utensilios de cocina, conexiones para equipos marinos.
	C443.0	S5C	D	NO	23	16	9.0		
	518.0	G8A	D	OPC	45	28	6.5	8 Mg	Aplicaciones que requieren una excelente resistencia a la corrosión, buena ductilidad y buena maquinabilidad.
Al-Zn	535.0	GM70B	S	OPC	40	20	13.0	7 Mg	Aplicaciones que no requieren de resistencia a elevadas temperaturas, como equipo eléctrico y de computación.
	A535.0		S	OPC	38	21	11.0		
	B535.0		S	OPC	35	22	14.0		
	712.0	ZG61A	S/P	OPC	35	25	5.0	5.8 Zn - 0.6 Mg - 0.5 Cr - 0.2 Ti	Buena resistencia a la corrosión y a los impactos, buena maquinabilidad y estabilidad dimensional.
Al-Sn	713.0	ZC81A,B	S/P	OPC	30	22	3.0	7.5 Zn - 0.7 Cu - 0.35 Mg	Utilizada para grandes piezas fundidas.
	771.0	ZG71B	S	OPC	50	40	9.0	7 Zn - 0.6 Mg - 0.13 Cr	Aplicaciones que requieren de alta estabilidad dimensional y que no requieren de maquinado para su acabado.
850.0		S/P	SI	23	11	10.0	6.2 Sn - 1 Cu - 1 Ni	Aplicaciones que requieren de excelentes cualidades de rozamiento como chumaceras.	

SERIE DE LAS ALEACIONES FERREAS	SUB-SERIES	CLASIFICACION SEGUN H.A.	EQUIVALENCIA S.A.E.	APLICACIONES
F-100 ACEROS FINOS DE CONSTRUCCION ESPECIAL	F-110 ACEROS AL CARBONO	F-111	1015	
		F-112	1025	
		F-114	1045	DISCOS DE EMBRAGUE
		F-115	1055	DISCOS DE EMBRAGUE
	F-120 F-130 ACEROS ALEADOS DE GRAN RESISTENCIA	F-121	2330	BIELAS, COGUENALES
		F-122		PINONES, CORONAS
		F-123	3435	EJES, BIELAS, CIGUENALES
		F-124		EJES, BIELAS, CIGUENALES
		F-125	4135	BIELAS
		F-127	4340	BIELAS, EJES
		F-128	9840	BIELAS
		F-132		PINONES, ENGRANES
	F-140 ACEROS DE GRAN ELASTICIDAD	F-141	1070	
		F-144	9260	
	F-150 F-160 ACEROS PARA CEMENTAR	F-151	1010	ROTULAS DE DIRECCION
		F-152	2317	
		F-153	3310	CORONAS, CRUCETAS
F-154			BALANCINES, CARDAN	
F-155			BALANCINES, CARDAN	
F-170 ACEROS PARA NITRURAR	F-156	9310	CIGUENALES	
	F-171			
	F-173			
F-200 ACEROS FINOS USOS ESPECIALES	F-210 ACEROS DE FACIL MECANIZACION	F-211	1117	
		F-212		
	F-220 ACEROS DE FACIL SOLDADURA	F-221	1020	
		F-222	4130	EJES
	F-230 ACEROS DE PROPIEDADES MAGNETICAS	F-231		
		F-232		CHAPAS MAGNETICAS
	F-240	F-241		
		F-242		
	F-250	F-251		
F-300 ACEROS RESISTENTES A LA OXIDACION Y CORROSION	F-310 ACEROS INOXIDABLES	F-312	5142	VALVULAS DE ADMISION
		F-315		TUBOS DE ESCAPE
	F-320 ACEROS PARA VALVULAS DE MOTORES DE EXPLOSION	F-321		ASIENTOS PARA VALVULAS
		F-322		VALVULAS DE ESCAPE
	F-330 ACEROS REFRACTARIOS	F-331	3031	
	F-332	3032		
F-400 ACEROS DE EMERGENCIA	F-410	F-410		
	F-430	F-431		
F-500 ACEROS PARA HERRAMIENTAS	F-510 F-520 F-530 ACEROS AL CARBONO Y ALEADOS PARA HERRAMIENTAS	F-513		AGUJAS DE INYECCION
		F-523		CILINDROS
		F-531		ARBOLES DE LEVAS
F-600 ACEROS COMUNES	F-550 ACEROS RAPIDOS	F-551		
	F-610 F-630	F-611		
F-700 ACEROS PARA MOLDEAR	F-720 F-730	F-722		
CONDICIONES DE ACERO	F-800 F-810 F-820	F-811		
		F-821		
F-900 CONDICIONES FERREAS ESPECIALES	F-910 F-920	F-911		
		F-921		

1.4 METODOS DE FABRICACION.

Cuando se diseña, se especifica o se compra una fundición, es de mucha ayuda estar familiarizado con todos los nueve procesos de fundición de uso común. Seleccionar el mejor proceso para producir una fundición en particular depende de muchos factores. Por ejemplo, moldeo en arena verde automático, moldeo permanente y moldeo en cáscaras son los más adecuados para grandes producciones de piezas relativamente pequeñas. Además el aspecto económico juega un papel importante en la selección del método a utilizar. Tomando en cuenta que una descripción detallada de cada proceso de fundición tomaría mucho tiempo, a continuación se presenta una síntesis de los varios procesos de fundición y algunas de sus más importantes características.

El **moldeo en arena verde** es el método más usado de moldeo y cuenta con el mayor número de fundiciones producidas. Los moldes pueden ser construídos a mano, por un hombre en una máquina o en una máquina totalmente automática. Los moldes están hechos de arena húmeda comprimida, de aquí el término "arena verde" que señala la presencia de humedad en el molde de arena e indica que el molde no se ha horneado o secado. Este método de moldeo es generalmente el más conveniente, pero a menudo no es apropiado para fundiciones muy grandes o pesadas.

El **moldeo en arena dura** es utilizado para fundiciones grandes y pesadas debido a que estos moldes son lo suficientemente fuertes como para resistir la fuerza ejercida por las grandes secciones del metal. Luego de que el molde ha sido hecho, la superficie de éste que forma la fundición es rociado con un baño refractario y luego la arena es endurecida a través de uno de los diferentes métodos. En el proceso de moldeo en arena seca tradicional, la arena es mezclada con arcilla húmeda y resina. Luego es endurecida calentando el molde para remover la humedad y fundir la resina. En el proceso seco sin horneado, arena libre de arcilla es mezclada con una resina aglutinante y un catalizador que endurece la resina. Esta mezcla es utilizada inmediatamente para hacer el molde que luego seca en unos pocos minutos. En el proceso CO₂, silicato de sodio es mezclada con la arena de moldeo. Luego que el molde ha sido hecho la arena es endurecida pasando a través de ella gas de dióxido de carbono. Por último cemento Portland puede ser utilizado como sustancia adhesiva en el moldeo con arena de fundiciones muy grandes.

En el **proceso de moldeo en cascara** las mitades de los moldes están constituidas por finas cáscaras de arena mezclada con resina. Este proceso de moldeo es adecuado para la producción de pequeñas piezas y algunas de tamaño mediano, donde el control de tolerancias dimensionales, el acabado superficial y la necesidad de realizar finos

detalles en el molde son unos de los requerimientos primordiales. El proceso de moldeo en cáscara comienza calentando un molde especial de metal a 450°F, el cual está acoplado a una caja de descarga o cámara de soplado que contiene una arena muy fina que ha sido bañada con resina plástica de fraguado térmico, la cual se pone en contacto con el molde caliente y se derrite, formando así luego de unos treinta segundos una fina cáscara sobre el molde. En este punto se extrae de la caja el exceso de arena y se deja curar el molde para que endurezca. Luego la cáscara moldeada es extraída del molde mediante un sistema de pasadores y es acoplada a su otra mitad que ha sido obtenida a través del mismo procedimiento, con una goma-resina. Con el fin de proporcionar mayor soporte mecánico a la cáscara en el momento del colado, se acostumbra colocar la cáscara en una caja llena de arena gruesa o perdigones de metal. El costo del moldeo en cáscaras es elevado en comparación con otros métodos, sin embargo el ahorro es maquinado subsiguiente y acabados hace que valga la pena.

El **moldeo al vacío** o proceso "V" es uno de los más nuevos métodos de moldeo. En este procedimiento la arena es mantenida en lugar en el molde por vacío. El proceso comienza recubriendo el molde con una fina hoja de plástico que ha sido calentada y succionada con vacío hacia el molde para que tome su forma. Un recipiente especial es colocado



sobre el molde que ha sido emplastado y es llenado con arena. En este momento se coloca sobre la arena otra hoja de plástico. El vacío aplicado endurece la arena el molde puede ser retirado. Luego que la otra mitad del molde (producida a través del mismo procedimiento) es acoplada en su lugar, y aún bajo la acción del vacío, el metal es colado en el molde. Una vez solidificada la pieza, el vacío es retirado y la arena cae libremente fuera del molde. Este nuevo método produce piezas detalladas y de alta precisión. Es principalmente utilizado para fundiciones grandes y planas.

La fundición en **moldes permanentes** con sus limitaciones en tamaño, complejidad y propiedades, puede producir gran cantidad de piezas fundidas. Utiliza moldes permanentes de hierro y en algunos casos grafito, operados mecánicamente. Este proceso mecanizado de alta producción es utilizado principalmente para piezas fundidas con un peso máximo en 14 kilos y un espesor de pared mínimo de 5 milímetros. Limitaciones impuestas principalmente por la alta velocidad de enfriamiento que presentan los moldes metálicos permanentes.

La fundición en **moldes cerámicos** es utilizada para la producción de piezas que requieren de detalles muy precisos, pequeñas tolerancias dimensionales y un acabado extremadamente fino. La alta precisión que resulta de éste

proceso permite producir piezas fundidas que son casi un duplicado exacto del original, por lo tanto involucra un costo menor al no ser necesario ningún trabajo subsecuente de maquinado o acabado. Entre las principales aplicaciones de estos moldes de cerámica cocida tenemos la fabricación de moldes metálicos para producción de llantas de caucho.

Existen dos métodos de fundición en **moldes expandibles**, el de cera perdida y el de espuma perdida. El método de cera perdida es muy conocido en el campo de la odontología para la confección de empastes dentales, pero también es utilizado para producir fundiciones de formas muy complejas y exactas. Un molde para cada pieza es construido en ceras o plástico a través de la inyección de este material en una matriz de metal con la forma de la pieza a fundir. Luego los regaderos de cera y los conductos de colada son unidos a los moldes usando un cuchillo o espátula caliente, formándose así el denominado "árbol" que es sumergido en una pasta aguada refractaria, cuantas veces sea necesario para formar una fuente cáscara refractaria al rededor de los moldes. Luego de un secado preliminar, el árbol de moldeo es colocado en un horno o autoclave en donde la cera contraída dentro de la cáscara refractaria se derrite y sale de la misma a través de los regaderos. En este momento el molde refractario es cocido y el metal fundido es colado en el molde caliente. El segundo método de moldeo expandibles involucra el uso de

una espuma plástica (polyestyreno). El molde es construido utilizando pedazos de la espuma plástica, luego es cubierto con un baño refractario y se lo deja secar. Una vez seco el metal fundido es colado, vaporizando y desplazando al material del molde. Este procedimiento es especialmente aplicable cuando sólo una fundición o pieza sea necesitada, como en la construcción de grandes matrices con aplicaciones en automotores o grandes herramientas de maquinado.

En la **fundición centrífuga** el molde es girado a alta velocidad, lográndose de esta forma fundiciones de paredes muy finas sin la utilización de machos. Cuando el metal fundido es colado en el molde que se encuentra girando, la fuerza centrífuga ayuda a distribuir el metal uniformemente alrededor del interior del molde, el cual puede ser hecho de arena o de metal con recubrimiento refractario. Las aplicaciones de este método son varias, entre ellas la producción de tuberías, camisas para cilindros de motores, y la fundición de piezas pequeñas con finos detalles donde la alta tensión superficial del metal fundido y la baja permeabilidad del material del molde no permitirán un llenado completo del mismo solo por gravedad.

La **fundición en moldes de yeso** es un proceso especializado de fundición usado para producir elementos no-ferrosos que requieran de una mayor exactitud

dimensional, superficies más lisas y una reproducción más fina y precisa de detalles que los obtenidos en moldes de arena o moldes permanentes. Existen cuatro procesos reconocidos de fundición en moldes de yeso (el convencional; el de placa modelo; el de espuma; y el antioch), siendo el proceso antioch el que mejor se ajusta y cumple con los requerimientos específicos para la fundición de cilindros para motores de combustión interna, por lo tanto se describirá más adelante.

La mayoría de las ventajas obtenidas a través de la utilización del moldeo en yeso tiene que ver con la calidad de la fundición obtenida. Una muy buena exactitud dimensional, la posibilidad de fundir secciones finas (0,64 a 1,02 mm) y de estructura uniforme debido al lento enfriamiento de la pieza promovido por las propiedades refractarias del yeso, son algunas de las ventajas que presenta este proceso. Se debe tomar en cuenta que el moldeo en yeso es un proceso costoso debido a que los materiales utilizados no son reusables, requiere una mayor cantidad de equipos en comparación con otros métodos de moldeo, y es necesaria la aplicación de presión o vacío durante el llenado de los moldes para mejorar la baja permeabilidad inherente en el yeso.

El proceso antioch fue desarrollado con la finalidad de superar las principales limitaciones de los moldes

convencionales de yeso sin sacrificar las ventajas de este proceso. Si los moldes sin secar de yeso (que son parcialmente deshidratado) son rehidratados sin ser alterados, cristales de yeso lentamente se recristalizan tomando una apariencia de granos de arena, por lo que el molde adquiere una estructura porosa de relativamente alta permeabilidad (de 15 a 30 AFS), lo cual es mucho mayor a la permeabilidad que poseen los moldes convencionales de yeso (de 1 a 2 AFS). Además la recristalización no toma lugar en la superficie del molde debido a la poca cantidad de agua presente en ella, por lo tanto la superficie del molde permanece lisa.

En adición a la mayor permeabilidad desarrollada a través del proceso de deshidratación-rehidratación, los moldes producidos tienen una mayor capacidad de resistir calor que los moldes convencionales de yeso debido a que están compuestos de aproximadamente 50% de arena. Los moldes producidos por este proceso no se encogen o contraen a diferencia de los producidos por otros procesos, más bien se expanden levemente (0,001 a 0,0025) mm/mm durante el proceso. Debido a su estructura porosa, estos moldes poseen baja resistencia en seco, por lo que generalmente se produce el rompimiento del molde mientras éste se enfría. Por último, en adición a su alto costo, la mayor desventaja de este proceso es el largo tiempo requerido para procesar o hacer un molde, lo cual utiliza equipo muy

costoso por mucho tiempo.

Todas las aleaciones de aluminio pueden ser coladas en moldes de yeso, así como las aleaciones en base de cobre y las aleaciones de bronce. El proceso antioch es pocas veces usado para aleaciones que deben ser coladas a temperatura mayores a 1900°F (1040 °F). Generalmente es posible colar piezas el proceso antioch por gravedad utilizando sistemas similares a los empleados en moldes de arena. Los moldes se encuentran usualmente a temperatura ambiente cuando comienza el colado.

Entre las aplicaciones de este proceso podemos nombrar volantes de compresores, impellers de bombas, componentes electrónicos, moldes para la fabricación de llantas, sistemas de bombeo aeroespaciales y sistemas intercambiadores de calor.

En la mayoría de los trabajos de fundición, se hace necesario el uso de los llamados "MACHOS" que complementan los moldes para lograr ciertos detalles en las piezas fundidas. Los machos son piezas de arena que han sido endurecidas para facilitar su manejo. Ellas son colocadas en los moldes con el fin de formar superficies internas o externas que no pudieron ser moldeadas junto con el molde original. Los machos pueden ser muy simples como el cilindro utilizado para hacer el agujero de un pasador, o

muy complicados como los machos de ensamblaje utilizados para hacer un husillo múltiple en una válvula hidráulica. El procedimiento más sencillo para producir un macho es el de comprimir arena que contenga un aglutinante en una caja de machos que presenta la forma del macho que se necesite. Para gran producción de machos existen máquinas llamadas "sopladores de machos, las cuales utilizan aire comprimido para llenar la caja de machos con la arena y compactarla. Las máquinas para hacer machos están diseñadas para utilizar un tipo particular de aglutinante. Existen varios sistemas de aglutinantes que se expondrán a continuación.

El Proceso de Arena con Aceite es el método tradicional para hacer machos, utiliza una mezcla de arena que contiene alrededor de 1% de aceite de linaza, harina de maíz y un poco de agua. Luego que el macho ha tomado su forma final, este es colocado en un horno de secado a 350°F donde es endurecido por cocido. Este tipo de machos se encuentran todavía en uso debido a la simplicidad del sistema y el bajo costo de sus materiales.

La construcción de machos a través del **Proceso de Moldeo en Cáscara** utiliza una caja de machos calentada a 400°F donde se deposita arena que ha sido bañada con una resina termo fraguable. Al entrar en contacto la mezcla de arena-resina con la caja de machos caliente se forma una cáscara o concha de arena endurecida, la cual después de

su curado (aproximadamente un minuto) está lista para desempeñar su función de macho.

El **proceso de caja caliente** para la construcción de machos utiliza una mezcla de arena con una resina aglutinante y un agente endurecedor, la cual es soplada con aire comprimido a una caja de machos precalentada. Al ponerse en contacto la mezcla de arena con la caja de machos caliente, el agente endurecedor produce un vapor que endurece la resina. El macho puede ser entonces retirado y utilizado de inmediato. Este proceso produce machos muy exactos rápidamente, pero requiere de equipo costoso.

El **proceso de caja fría** utiliza una mezcla de arena con una resina especial y un catalizador, la cual es soplada por aire comprimido a una caja de machos. Luego un gas reactivo es pasado a través de la mezcla de arena en la caja de machos y esto inmediatamente endurece la arena. Este proceso también es rápido y produce machos muy exactos y sólidos. Los ingredientes químicos y el equipo utilizado son costosos, pero la caja de machos al no contar con sistema de calentamiento hace al proceso más económico.

En el **proceso de CO₂** las cajas de machos son llenadas con una arena bañadas con silicato de sodio. El llenado de las cajas puede ser hecho a mano, mediante vibración o con aire comprimido. La arena es instantáneamente

endurecido al pasar a través de ella gas de dióxido de carbono. Este proceso es rápido y tanto el equipo como los materiales utilizados no son costosos, pero el material de cohesión de la arena es inorgánica, lo que implica que no es debilitado por el calor del metal fundido y presenta gran dificultad de remoción del macho.

El **proceso de auto-curado** para la producción de machos utiliza arena limpia mezclada con una resina aglutinante y un catalizador. La mezcla debe ser inmediatamente colocada en las cajas de machos pues la acción de endurecimiento que promueve el catalizador solo toma unos pocos minutos. Este proceso es muy versátil y especialmente aplicado a la construcción de grandes machos, siendo el tiempo de demora por endurecimiento de la arena uno de los principales limitantes para producción de machos en gran escala.

La mayoría de los procesos de fundición se ven en la necesidad, en algún instante, de la utilización de **modelos y cajas de moldeo**. Se emplea una gran variedad de materiales en la construcción del modelaje para estos procesos. Son materiales típicos, en primer lugar, la madera y los contrachapados impregnados de resinas; luego el aluminio, las resinas epoxi y de uretano, vidrio, cerámica, cera y combinaciones de aluminio-resina. Entre estas combinaciones podemos nombrar los modelos de resina

con esqueleto de aluminio, y las cajas de machos de aluminio con la huella revestida de resina, las cuales se encuentran muy difundidas debido a su bajo costo inicial, a la facilidad de su modificación y por lo económico de su reposición.

Un inconveniente del modelaje en resina es su sensibilidad a los disolventes orgánicos. El usuario de tomar muy en cuenta las recomendaciones que hacen los proveedores de las resinas en cuando el empleo de los disolventes para limpieza y desmoldantes. En ocasiones es recomendable el uso del granallado con arena fina o cáscaras de nuez, en lugar de los disolventes químicos.

Existen modelos de tipo fijo y de tipo suelto. Ambos sistemas proporcionan la forma y geometría de la pieza a fundir para realizar la construcción del molde. La diferencia radica, en que los modelos de tipo fijo o placas modelo, constan de una placa (generalmente de madera) con la forma de la pieza a fundir, además de la estructura de la mayor parte de los sistemas de alimentación del caldo. Este sistema de moldeo es muy beneficiado ya que permite un gran ahorro de tiempo y trabajo al no tener que construir los sistemas de alimentación de caldo. Además proporciona una mayor uniformidad dimensional en las piezas fundidas.

La pericia del obrero en realizar la colada de los moldes no garantiza la obtención de una pieza totalmente sana y en buenas condiciones. Muchas veces, el evitar que la escoria o aire se introduzca en la cavidad del molde depende principalmente de una técnica adecuada en la construcción de los **sistemas de alimentación de colada y bebederos** del molde.

Usualmente existen dos sistemas de alimentación de colada, el presurizado y el no-presurizado. Ambos sistemas prestan la misma función, diferenciándose principalmente en el tamaño y geometría del bebedero, cuello y conductos de colada.

De manera ilustrativa en la Figura 18, se muestra el flujo de operaciones al que es sometido una pieza fundida antes de salir al mercado. Esta secuencia de operaciones es utilizable cuando la pieza fundida es lo suficientemente pequeña (de 18 Kg a 40 Kg) para ser procesada semiautomáticamente.

1.5 CONTROL DE CALIDAD.

El costo de inspecciones durante el proceso, ya sea para fundiciones o para cualquier componente, deberá ser justificado por ahorros en operaciones subsecuentes de manufactura o por asegurar la calidad del producto. Tomando en cuenta una inspección o control de calidad involucra un gasto, el comprador debe especificar que tipo de inspecciones son requeridas y con que intensidad son justificadas. La inspección de las piezas fundidas antes de ser despachadas de la fundición, son de responsabilidad de la propia fundición. A menos que otros métodos de inspección sean especificados, comúnmente se acostumbra realizar una inspección visual de las fundiciones. Si procedimientos de inspección adicionales son requeridos, información detallada de estos requerimientos deberá ser oficialmente transmitida a fundición, porque usualmente los inspectores no se encuentran enterados de la aplicación final que tendrá la fundición y no estarán al tanto de lo que es crítico en dicha aplicación.

Si bien el comprador está principalmente interesado en la inspección final de su fundición, el éxito en este punto depende del control de todo el proceso de producción, empezando con los materiales crudos y pasando a través de toda la operación de fundido.

Las fundiciones que son producidas en pequeñas o moderadas cantidades son usualmente inspeccionadas por la fundición antes de

su embarque, pero un plan de muestreo en el cual una porción de las fundiciones son inspeccionadas puede ser ventajoso para la inspección de fundiciones producidas en gran escala. Planes de muestreo podrán ser exitosamente empleados tanto para inspecciones de embarque como de recepción, los cuales deberán ser diseñados matemáticamente de manera que el tamaño de la muestra y la frecuencia de muestreo provean el grado de confiabilidad requerido para cada aplicación. Concerniente a este tópico, la ASTM recomienda utilizar las normas A-122 y A-141 para la correcta realización de estos procedimientos.

El control de calidad puede involucrar dos aspectos: la calidad del producto y/o sus propiedades mecánicas. Tomando en cuenta la calidad del producto debemos considerar el acabado superficial, exactitud dimensional y defectos en el metal.

El **acabado superficial** en las fundiciones es influenciado por una serie de factores a lo largo del proceso, empezando por el tipo de molde utilizado extendiéndose hasta las condiciones bajo las cuales las fundiciones son transportadas. No existe una forma satisfactoria para evaluar la uniformidad o tersura de las superficies de piezas fundidas, excepto por comparación visual con otras superficies patrón. Los instrumentos para medición de aspereza superficial no han prestado gran ayuda en la determinación de la aspereza de piezas fundidas, por lo que la utilización de comparadores superficiales (serie de paneles con diferentes grados de aspereza) han sido utilizados para realizar comparaciones

visuales del acabado de una pieza fundida. La Tabla 25 muestra la rugosidad y calidad superficial obtenida por diferentes procedimientos de fabricación y las aplicaciones que generalmente le corresponden a estos acabados.

La exactitud dimensional. Las dimensiones básicas de una pieza fundida están dadas por el molde que se empleó para hacerla. Variaciones de estas dimensiones básicas pueden ser causadas por varios factores en el proceso de fundición. Una importante fuente de variación dimensional es la expansión de la cavidad del molde debida al calor y a la presión del metal fundido que se deposita en el mismo, y luego la contracción del metal a medida que se enfría luego de solidificarse. El tratamiento térmico posterior también produce cambios dimensionales en la pieza fundida. Por lo tanto para la construcción de los moldes se deben de tomar en cuenta todos estos factores, además de los correspondientes creces de mecanizado en caso de necesitar un subsiguiente trabajo de maquinado que envuelva extracción de material (torneado, fresado, rectificado, etc). En la Tabla 26 se dan las normas sobre creces de mecanizado para hierro fundido, acero moldeado, bronce y aleaciones no férreas, además de las tolerancias permitidas en la construcción de cilindros.

Defectos son ocasionalmente encontrados en fundiciones de hierro. A menudo una cavidad en una fundición será evidente a inspección visual debido a que se encuentra abierta a la superficie o por producirse una depresión en la superficie de la fundición.

Radiografía puede ser utilizada exitosamente para detectar fallas o discontinuidades internas en fundiciones, además de exploración ultrasónica que puede ser de mucha ayuda en todos los tipos de hierro.

Por otro lado el control de calidad agrupa una serie de pruebas y exámenes las cuales determinan si las propiedades y características de un metal o fundición cumplen con las normas y requerimientos establecidos. Estas pruebas pueden ser destructivas o no destructivas, dependiendo de la naturaleza de la prueba y de la manera en que éstas son aplicadas. A continuación se realizará una breve descripción de las pruebas comúnmente aplicadas a los metales fundidos.

El ensayo de dureza es la prueba más comúnmente efectuada en los metales debido a que es fácil de realizar, directamente proporciona un valor numérico característico del metal ensayado y generalmente es una prueba no-destructiva. La dureza está íntimamente relacionada con varias propiedades del metal como su maquinabilidad, resistencia al desgaste así como de su ductilidad. El ensayo de dureza Brinell (ASTM E-10) usando una bola indentadora de carbono de diez milímetros de diámetro con 3000 kilogramos de carga, es la única prueba reconocida en los estándares para fundiciones. La razón para esto, es que las fundiciones son aleaciones heterogéneas que contienen varios microconstituyentes, cada uno con diferentes valores de dureza, por lo que la impresión que efectúa el ensayo Brinell es suficientemente grande en área,

para proporcionar una dureza promedio confiable.

A través del **ensayo de tensión** obtenemos las propiedades tensilas del material, entre estas, la resistencia a la tracción, el límite de fluencia y el punto de ruptura. Para cumplir con especificaciones estándar, ésta prueba debe llevarse a cabo en la máquina de ensayo de tracción con barras coladas con el mismo material que la fundición que representan. Sin embargo, a veces es necesario establecer las propiedades del metal en una sección específica de la fundición, por lo que barras de prueba deberán ser extraídas de la misma. La sección a ensayar deberá ser suficientemente grande para maquinarse dicha barra de prueba, de lo contrario barras de prueba miniatura (más pequeñas que las estandarizadas) deberán ser extraídas de la fundición. Estas barras de prueba miniatura no entregan resultados totalmente confiables, debido a la pequeña área de prueba que es utilizada en el ensayo, pero si nos da una idea muy aproximada de las propiedades del material.

El **análisis químico** de metales es principalmente usado como proceso de control en la fundición. Es realizado en una muestra de metal fundido, vaciado en un molde especial para este propósito. Existen varios métodos por lo que los metales pueden ser analizados. El análisis termal arroja los contenidos de carbón y silicio. El espectrográfico y el de rayos - X fluorescentes permite el análisis de varios elementos directamente desde un terminal de computadora. Sin embargo los métodos químicos son los más

comúnmente usados y son la base para la calibración de otros métodos. El análisis químico de metales fundidos (norma ASTM E 351-77) se realiza con hojuelas maquinadas de la fundición a analizar. El análisis del carbono en la fundición se debe realizar de un corte sólido y limpio del metal debido a que el carbono en los metales generalmente se encuentra en forma de grafito, el cual se pierde al maquinar las hojuelas.

El ensayo de microestructura establece el tipo de metal analizados además del rango de sus propiedades mecánicas. Usualmente una pequeña probeta es cortada de la sección de la pieza de fundición que se desea analizar, luego es pulida y observada en un microscopio metalográfico para identificar los constituyentes de su microestructura. Sin embargo, es posible estudiar la microestructura de un metal sin necesidad de extraer una probeta de la fundición a analizar, pero el procedimiento envuelve una técnica complicada. Generalmente se acostumbra acondicionar los moldes para colado con cavidades destinadas a la obtención de probetas de ensayo, como se muestra en la Figura 19.

El análisis sónico utiliza la velocidad del sonido para establecer el módulo de elasticidad del hierro. El módulo de elasticidad es influenciado por la forma de grafito, una relación empírica puede ser establecida entre el módulo y la dureza de la fundición para proveer una buena indicación de sus otras propiedades. El análisis sónico es realizado con un instrumento electrónico que crea y mide una vibración, y un transductor que

acopla el instrumento a la pieza fundida. De ésta forma, utilizando la frecuencia de resonancia de la fundición se determina su módulo. Por otro lado, frecuencias ultrasónicas pueden ser usadas para determinar la velocidad del sonido en el hierro, y el módulo de elasticidad puede ser calculado con ésta velocidad. Por último, la atenuación de ondas de sonido, que es el resultado de la capacidad de amortiguación del hierro, puede ser medida electrónicamente, la cual está relacionada con la cantidad y forma del grafito presente en el hierro y de éste modo nos indica otras propiedades.

Las pruebas con corrientes de Eddy utilizan un campo magnético para medir una combinación de inductancia magnética y resistencia eléctrica del metal. Los resultados de la prueba pueden ser correlacionados con la microestructura de la fundición. Esta prueba es particularmente útil para determinar la cantidad de ferrita y perlita en la matriz, por lo tanto una indicación de la dureza. El equipo consiste de un instrumento eléctrico que mide y proporciona una corriente alternativa a una espiral colocada alrededor de la pieza de fundición a ensayar. La respuesta de la prueba puede estar en forma de onda en un tubo de rayos catódicos o instrumentada a un grupo de luces del tipo prende/apaga. La mayoría de las pruebas con corrientes de Eddy son del tipo comparativo, debido a que la señal-respuesta obtenida de la prueba es comparada con valores empíricos establecidos en otras fundiciones de características conocidas.

Las **pruebas con carga de servicio** son realizadas sobre toda la fundición para evaluar sus propiedades. Fundiciones que en servicio serán sometidas a cargas estructurales, pueden ser sometidas a cargas en un banco de pruebas para determinar su deflexión ante la acción de dichas cargas. Partes o recipientes sometidos a alta presión pueden ser probados hidráulicamente a una prueba de carga o hasta su destrucción. Por último partes rotativas pueden ser ensayadas en el banco de giro para comprobar su normal funcionamiento.

Las pruebas y análisis discutidos hasta el momento involucraban principalmente el control de calidad de las propiedades y microestructuras presentes en los metales. A continuación presentaremos los métodos de prueba e inspección más comúnmente usados en la determinación de defectos y discontinuidades de las piezas fundidas.

La **radiografía industrial** es empleada para obtener un record bidimensional de las variaciones en densidad del metal, a través de la utilización de radiación con rayos X o gamma. La radiografía industrial de fundiciones utiliza el mismo principio que las radiografías para aplicaciones médicas, excepto que la intensidad de radiación utilizada es muchas veces mayor. Algunas de las nuevas técnicas desarrolladas para usos médicos han sido aplicadas a la inspección de piezas fundidas, entre ellas la utilización de un sistema electrónico de aumento de imagen que proporciona una imagen real instantánea a medida que la fundición pasa a través de un haz

de rayos - X, permitiéndonos la búsqueda de posibles imperfecciones y defectos. Este sistema es aplicable efectivamente a rutinas de inspección en fundiciones con espesores menores a una pulgada. Para fundiciones con secciones más gruesas o si la inspección requiere de un record es indispensable la utilización del método de radiografía en películas. La correcta interpretación de las radiografías requiere considerable destreza e involucra el uso de radiografías estándar de referencia. La ASTM ha publicado los siguientes grupos de radiografías para referencia:

Fundiciones de acero hasta de 2" de espesor	Norma E446-75
Fundiciones de acero de 2" a 4 1/2" de espesor	Norma E186-75
Fundiciones de acero de 4 1/2" a 12" de espesor	Norma E230-75
Fundiciones de acero para aplicaciones aeroespaciales	Norma E275
Fundiciones de hierro dúctil	Norma E689-79

Ultrasonidos son exitosamente usados en la detección de fallas y/o discontinuidades en las fundiciones, además de la comprobación de espesores. Un instrumento electrónico proporciona un pulso eléctrico a frecuencias ultrasónicas, el cual es convertido en una vibración mecánica y aplicado a la pieza de fundición a través de un transductor localizado sobre la superficie de la pieza analizada. El pulso generado por el transductor se refleja en la superficie opuesta de la pieza o en cualquier discontinuidad que éste encuentre en su camino, produciéndose un eco que es captado por el mismo transductor y reconvertido nuevamente en una señal eléctrica que es mostrada generalmente en la pantalla de un

osciloscopio. De ésta manera el instrumento mide el retraso de tiempo generado entre el pulso original y el eco reflejado, pudiéndose entonces a través de una calibración empírica, determinar la posición relativa de cualquier discontinuidad en el metal o el espesor del mismo. Este método de inspección es extremadamente sensitivo y puede indicar hasta las más pequeñas inclusiones no-metálicas.

La **inspección con partículas magnéticas** es principalmente utilizadas para la detección de discontinuidades lineales superficiales en metales magnéticos. Las fundiciones pueden ser magnetizadas pasando corriente a través de ellas, lo que se logra induciendo magnetismo con un inductor en forma de espiral colocado alrededor de la pieza o con la aplicación de un fuerte imán permanente a la superficie de la fundición. Una vez magnetizada la fundición, cualquier discontinuidad en la superficie que interrumpa las líneas magnéticas causará una distorsión de las líneas y una exposición del campo magnético, por lo que al aplicar las partículas magnéticas a la superficie (en forma de polvos o aceite) éstas se van a adherir a la superficie de la discontinuidad donde el campo magnético se encuentra expuesto. Con el fin de facilitar la observación de las discontinuidades generalmente se utilizan partículas magnéticas fluorescentes, las cuales toman un color amarillo brillante al ser observadas bajo luz ultravioleta (luz negra). Los estándares ASTM para inspecciones con partículas magnéticas se enumeran a continuación:

Inspección con partículas magnéticas húmedasNorma ASTM E138-63

Inspección con partículas magnéticas secas/polvo. Norma ASTM E10963

La prueba con líquido penetrante para determinar imperfecciones superficiales es muy antigua. En la prueba original se esparcía un aceite muy fino sobre la superficie a analizar previamente calentada. Luego de un intervalo de tiempo el exceso de aceite era retirado y la superficie era espolvoreada con tiza. La tiza absorbería el aceite que hubiese permanecido en alguna grieta o porosidad, localizando la imperfección. Existen en la actualidad algunas versiones modernas de esta prueba que son más convenientes y mucho más sensitivas. El equipo de prueba está compuesto por el líquido penetrante, un solvente limpiador y un revelador, las cuales para mayor facilidad se encuentran en aerosoles. Este método de detección de discontinuidades superficiales no es tan eficaz como el de partículas magnéticas, pero tiene la ventaja de poder ser utilizado en una gran variedad de materiales.

La prueba de fugas es comúnmente aplicada a fundiciones cuya finalidad sea la de servir como recipiente para gases y líquidos bajo presión. El procedimiento más frecuentemente utilizado consiste en presurizar el recipiente con aire y luego sumergirlo en un tanque con agua. La presión de aire deberá estar de acuerdo con la presión de trabajo del recipiente o un poco superior, pero nunca a tal grado que pueda causar la fractura de la fundición. De esta manera las burbujas de aire (si se observasen en el tanque) indicarían la fuga.

Las pruebas de fugas a alta presión son realizadas con el recipiente a analizar totalmente lleno de agua o de algún fluido incomprensible, luego de cierto tiempo la fuga puede constataarse ya sea visualmente o debido a la caída de presión en el recipiente. Las fundiciones que se encuentren con fuga pueden ser selladas a través de diferentes procedimientos, dependiendo del tipo de aplicación de la fundición y de la severidad de la fuga. El procedimiento para prueba de fugas se encuentra estandarizado en la norma ASTM E 515-74.



CAPITULO II

DESARROLLO DE TECNOLOGIA APROPIADA

2.1 METODOLOGIA A USAR.

En el capitulo anterior de este documento se observo que existen tres aspectos importantes que deben ser tomados en cuenta para que un componente actue satisfactoriamente, los cuales son: la forma estructural del elemento o componente, el material del mismo y el proceso de manufactura a seguir para su construccion.

Como el objetivo principal de esta tesis no se centra en el diseno de camisas para motores de combustion interna sino mas bien en incentivar la desagregacion tecnologica en cuanto a la fabricacion de dichas camisas, la **forma estructural** de nuestro elemento en cuestion se ha escogido principalmente en base a la demanda en nuestros mercados de cierto tipo de motores y por lo tanto de sus camisas. La camisa escogida se la muestra en las Figuras 20, 21, 22, 23, 24 y 25, la cual es utilizada en los motores diesel FARYMAN enfriados por aire del tipo A12, A22, A32, A42. Se debe puntualizar que aunque este trabajo investigativo

no realiza calculos en cuanto a la forma estructural de la camisa y su resistencia bajo condiciones de trabajo, su forma y diseno fueron analizados y comparados con formas estructurales estandarizadas utilizadas frecuentemente alrededor del mundo, por lo que estamos seguros que la forma y diseno de la camisa motivo de esta tesis cumple con todos los requerimientos impuestos en el momento de su trabajo.

Los varios tipos de metales existentes proporcionan una amplia variedad de propiedades utilizables. La aplicacion especifica de cierto material, relacionada con las condiciones y requerimientos de trabajo a las que sera sometido el mismo, establece una base para la **seleccion del material** a ser utilizado que cumpla con dichos requerimientos. Entre todos los posibles materiales utilizables para la construccion de camisas hemos seleccionado un composite con matriz metalica que corresponde a una aleacion de aluminio con grafito, su composicion quimica aproximada es mostrada a continuacion:

Al + 4.5% Cu + Grafito

La seleccion de este material se debio principalmente a sus excelentes propiedades antifriccionantes, su elevada resistencia al calor y su rapidez para disciparlo, su facilidad de produccion en molde metalico y su bajo costo.

Ahora debemos tomar el tema correspondiente al **proceso necesario para la construcción de camisas para motores de combustión interna**, que es el objetivo principal de este trabajo. Seleccionar el mejor proceso para producir una fundición en particular depende de muchos factores, entre ellos el tamaño y forma de la pieza, la cantidad de piezas a producir, además del aspecto económico que juega un papel muy importante en esta selección.

Para nuestro caso en particular, es decir la construcción de camisas para motores de combustión interna en nuestro país, en donde la industria metalúrgica es incipiente y además no cuenta con el capital necesario para una producción tecnificada en gran escala, el proceso de fabricación seleccionado se ajusta a estas limitaciones tratando en lo posible de satisfacer los requerimientos principales necesarios para la construcción de camisas. El proceso de fundición seleccionado se lo conoce como **Moldeo en Verde** y se detalla a continuación:

- 1.- Se maquina en el torno, partiendo de un cilindro de madera (Figura 26), un modelo que corresponda a las medidas de los diámetros exteriores de la camisa, ver Figura 27.

- 2.- Con este modelo de madera se procede a moldear en

arena dos medias cavidades que seran luego coladas o llenadas con aluminio fundido.

- 3.- Una vez coladas y solidificadas las dos medias cavidades que mas adelante constituiran el material para la construccion del modelo definitivo de la camisa, ver Figura 28, se procede a rectificar las caras planas de ambas mitades para facilitar su ensamblaje, ver Figura 29.
- 4.- Con ayuda de los equipos existentes en el taller se procede ahora a la union o sujecion de ambas mitades por medio de dos pernos Allen de 1/2", ver Figuras 30, 31 y 32.
- 5.- Habiendo unido ambas mitades se procede a montar en el torno el conjunto completo, donde se maquinara la forma estructural del elemento o forma de la camisa a las dimensiones definitivas establecidas en los planos. De esta manera se obtiene el modelo final de la camisa a ser utilizada en el proceso de construccion de los moldes de arena para la fundicion de las mismas, ver Figura 33.
- 6.- Una vez obtenido el modelo definitivo de la camisa, se procede a la extraccion de los pernos de sujecion, por lo tanto a la separacion de las dos mitades del

modelo. Posteriormente (con la ayuda de sus mismos pernos de sujeccion) se procede al montaje de ambas mitades en la placa porta modelos que generalmente es construida de madera.

7.- En este momento procedemos a la colocacion de la placa porta modelos en la mitad inferior de la caja de moldeo (que generalmente es de hierro) para su correspondiente atacado con arena. El mismo procedimiento debe ser realizado con la mitad superior de la caja de moldeo, ademas de la construccion de los sistemas de alimentacion de colada y bebederos del molde. Se debe puntualizar que para la fundicion de este tipo de camisas se utilizara el sistema denominado de **Moldeo en Verde**, en el cual la mezcla de arena utilizada esta constituida por arena natural de Posorja enriquecida con bentonita y 0,5% en peso de diesel con relacion al peso de arena en seco.

8.- En este instante se procede a pintar tanto la mitad superior como la inferior del molde con una pintura en base de grafito a fin de evitar el efecto de "lavado" que produce el caldo al momento de ingresar al molde en el colado del material, entre otros.

- 9.- Una vez terminadas la mitad superior e inferior del molde de la camisa en sus correspondientes cajas de moldeo con sus respectivos sistemas de alimentacion de colada y bebederos, se procede al ensamblaje, union y sellado de las cajas con el fin de constituir el molde completo y terminado de la camisa.

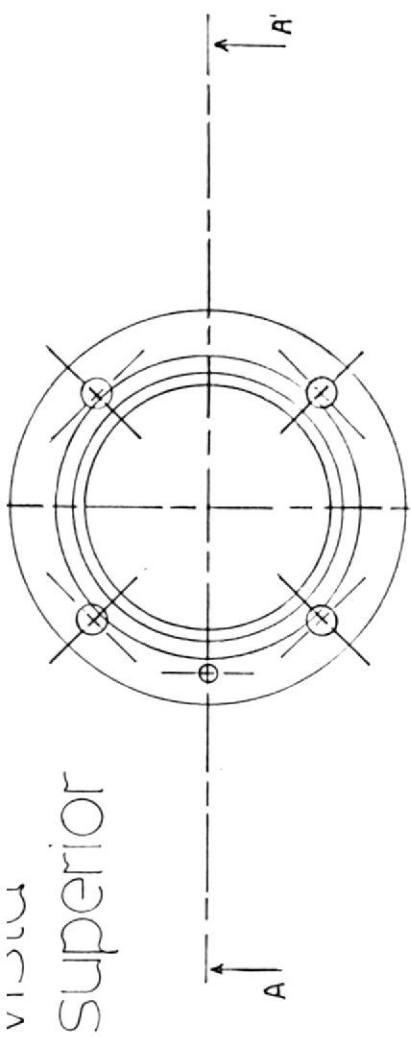
- 10.- En este instante realizamos el proceso de fundicion del metal (Al-Cu-Grafito) que llenara el molde antes preparado.

- 11.- Una vez que el metal se encuentra fundido a la temperatura requerida, realizamos el colado o llenado del molde con la colada.

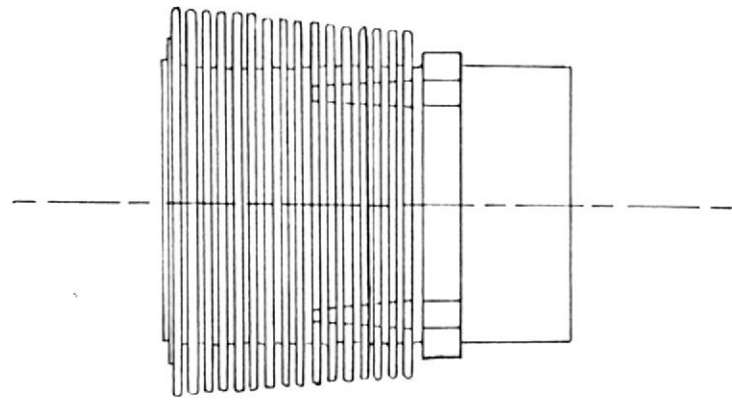
- 12.- Luego que el metal en el molde se ha enfriado lo suficiente, el molde es sacudido o roto y la pieza solidificada es removida.

- 13.- Una pieza removida del molde necesita operaciones de limpieza y cepillado, lo que involucra la remocion de los sistemas de alimentacion, bebederos, arena, rebabas y la capa de oxido que se encuentran adheridos a la superficie del metal.

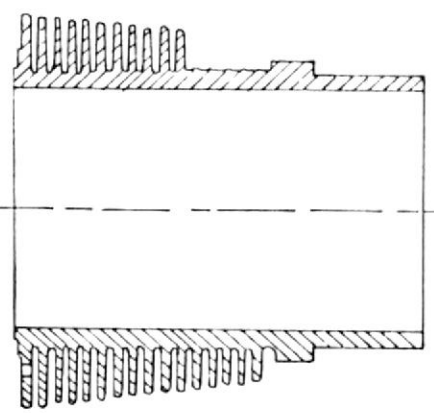
- 14.- Por ultimo la pieza fundida es montada en el torno y se realiza el cilindrado interior de la camisa.



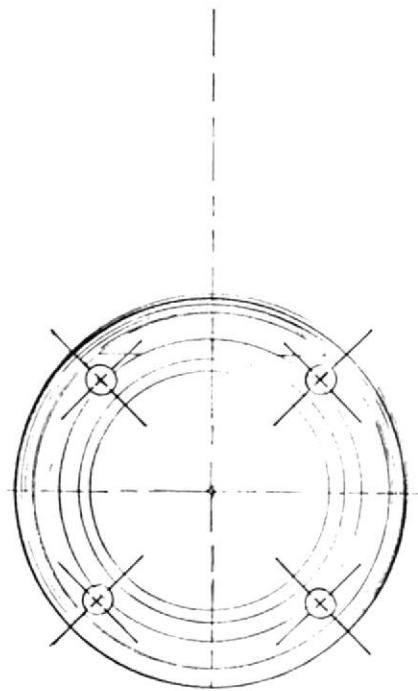
vista superior



vista lateral derecha



vista frontal



vista inferior

97

	C.I.T.D.	ESPOL	
	conjunto		

FIGURA 20

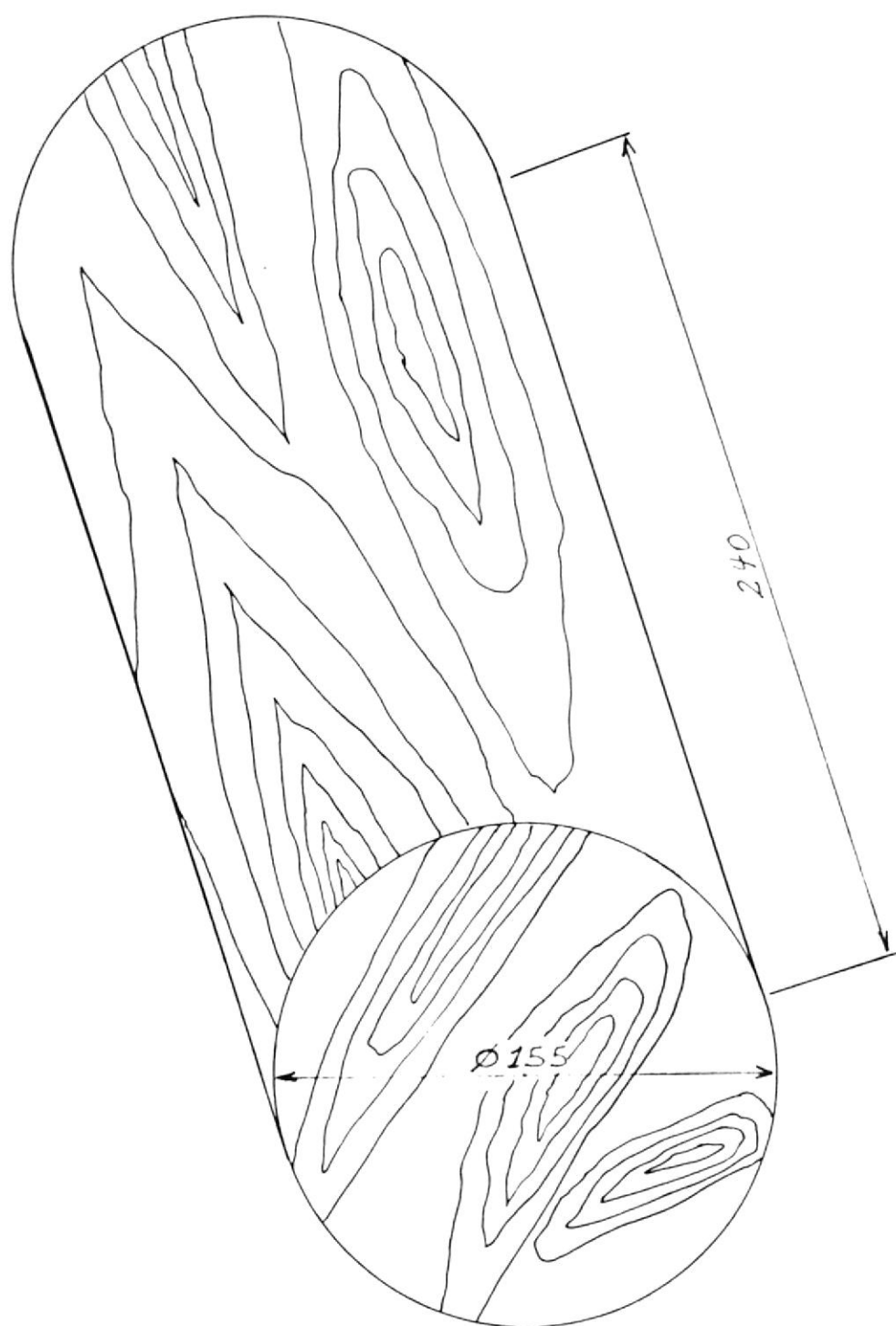


FIGURA 26

cilindro de madera

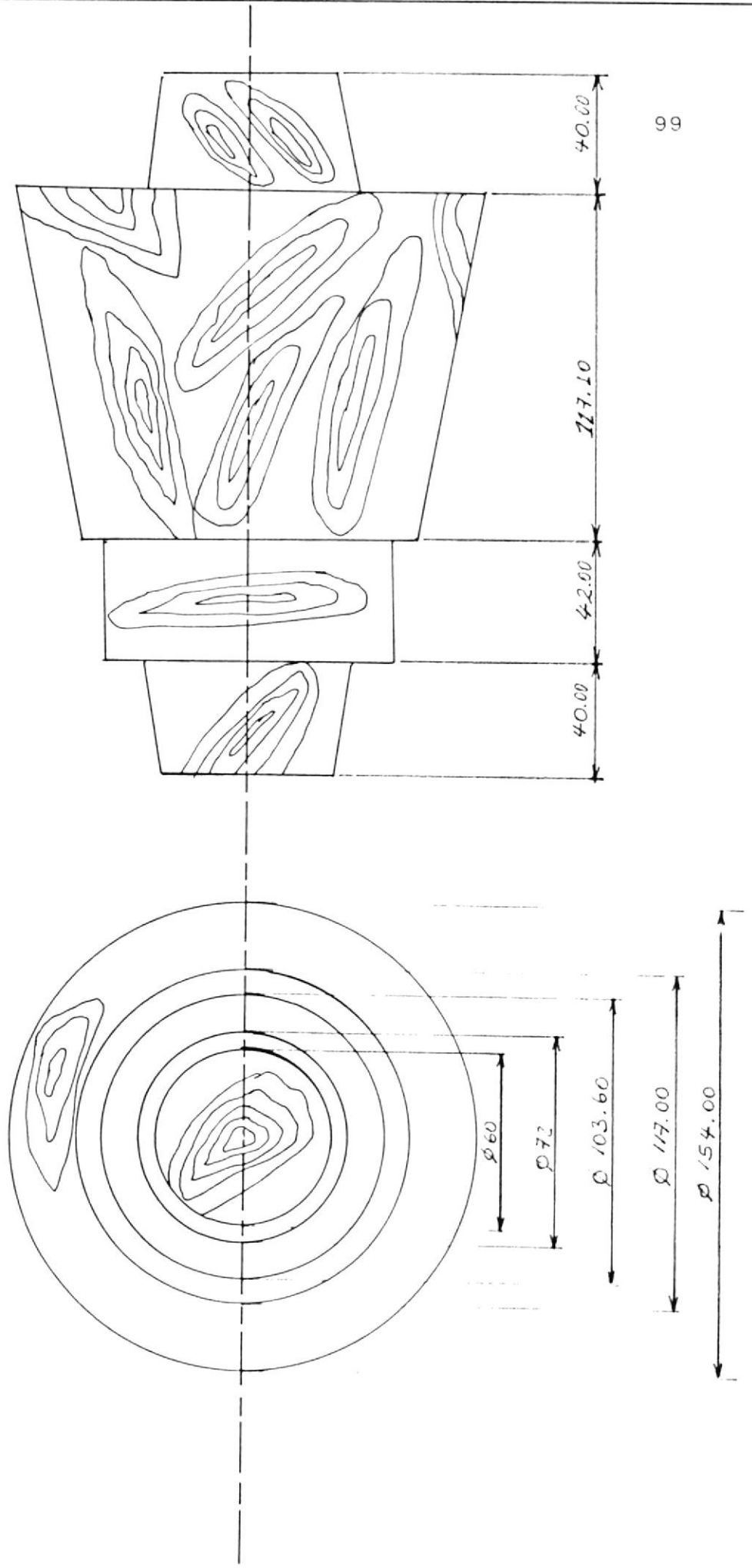


FIGURA 27

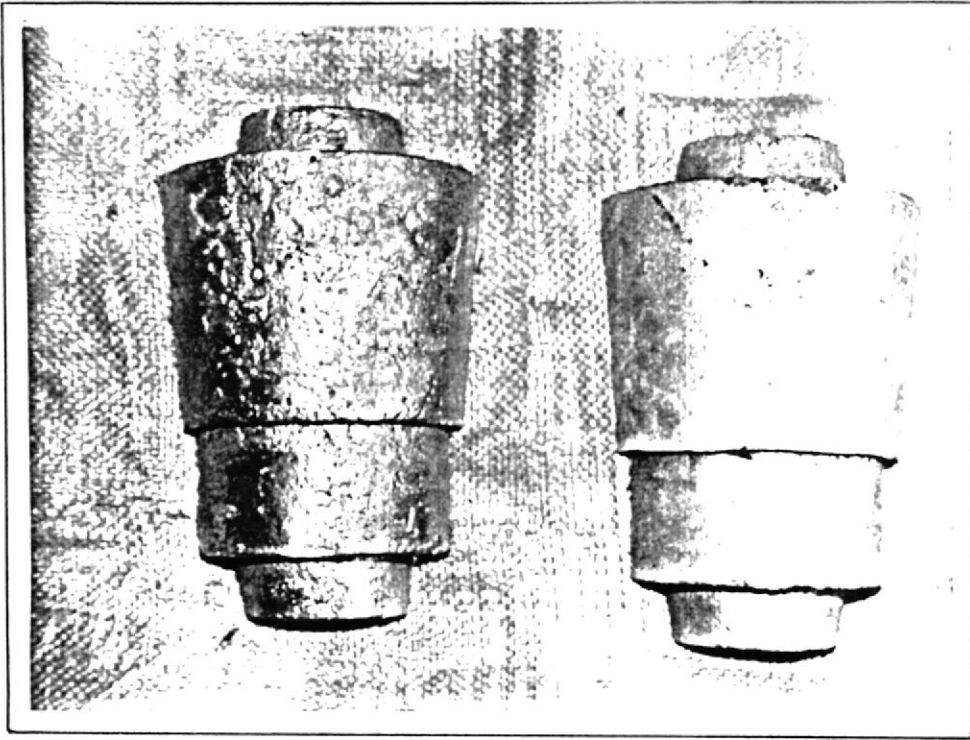


FIGURA 28 .. Material utilizado en la construcción de la camisa, (modelo).

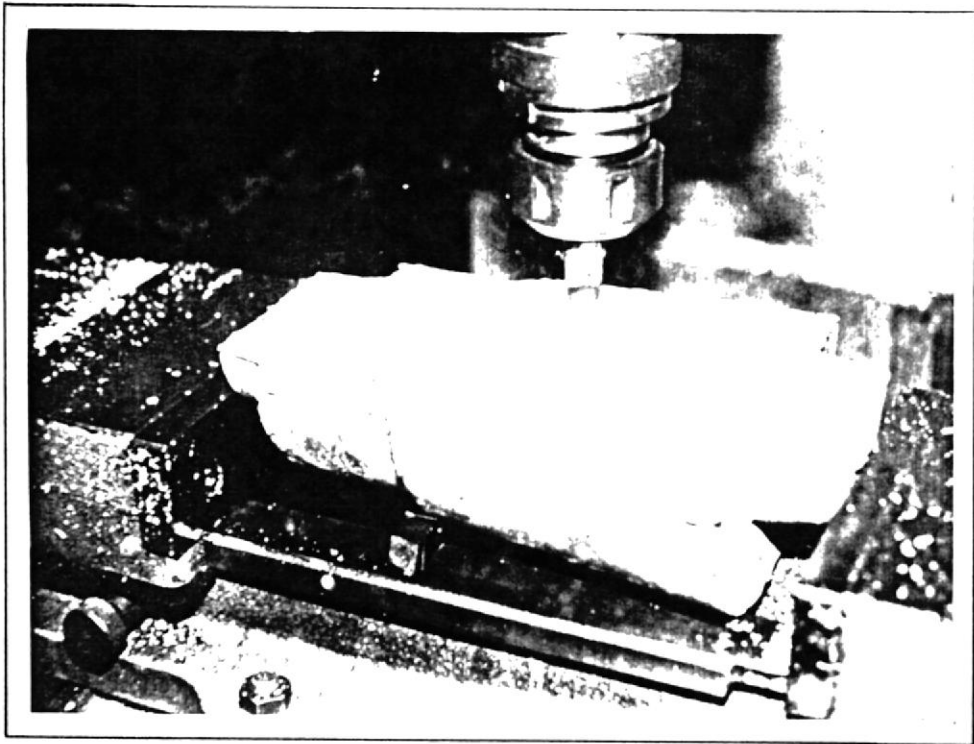


FIGURA 29 .. Rectificado de ambas mitades para facilitar ensamblaje.

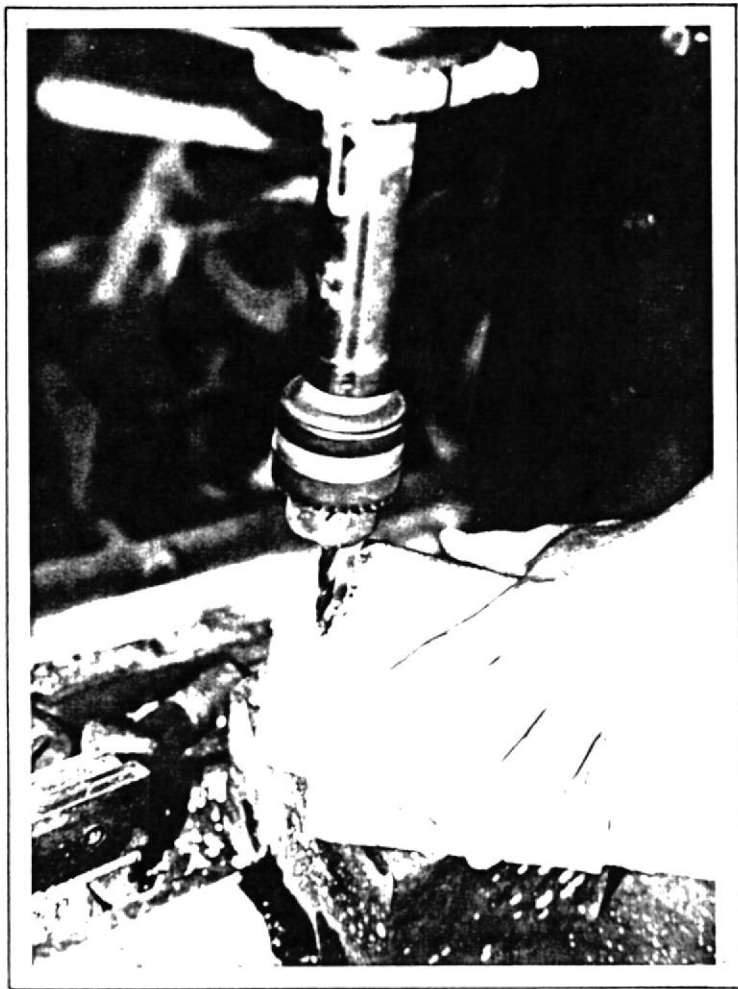


FIGURA 30 _ Taladrado de agujeros.

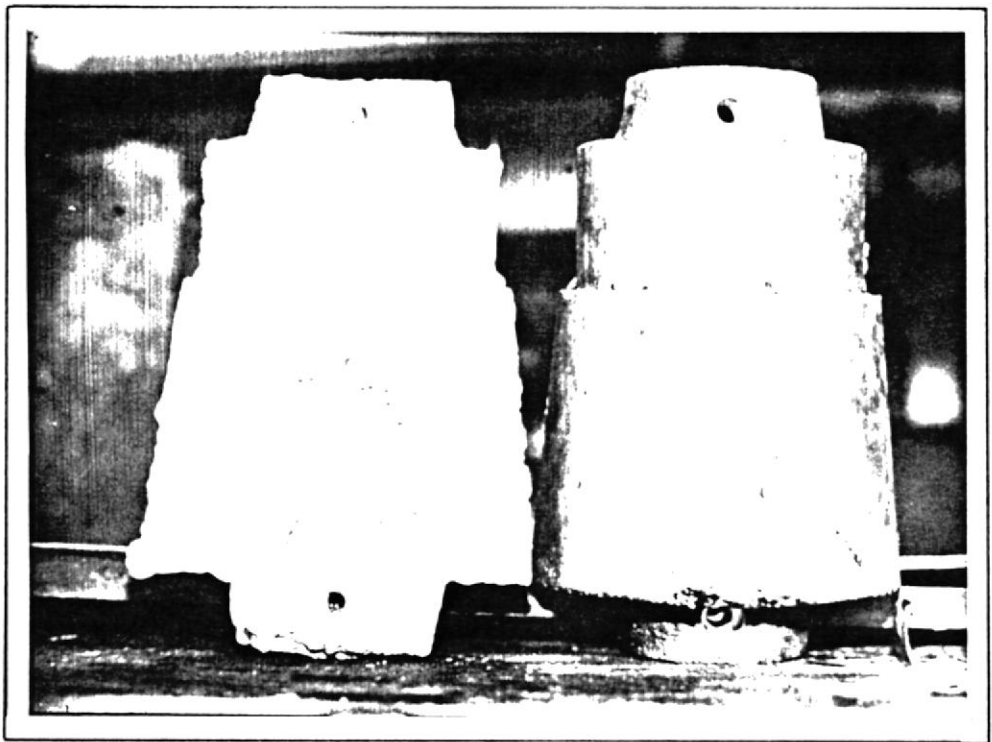


FIGURA 31 _ Agujeros y roscas terminados.

FIGURA 32 - Unión de las dos mitades.

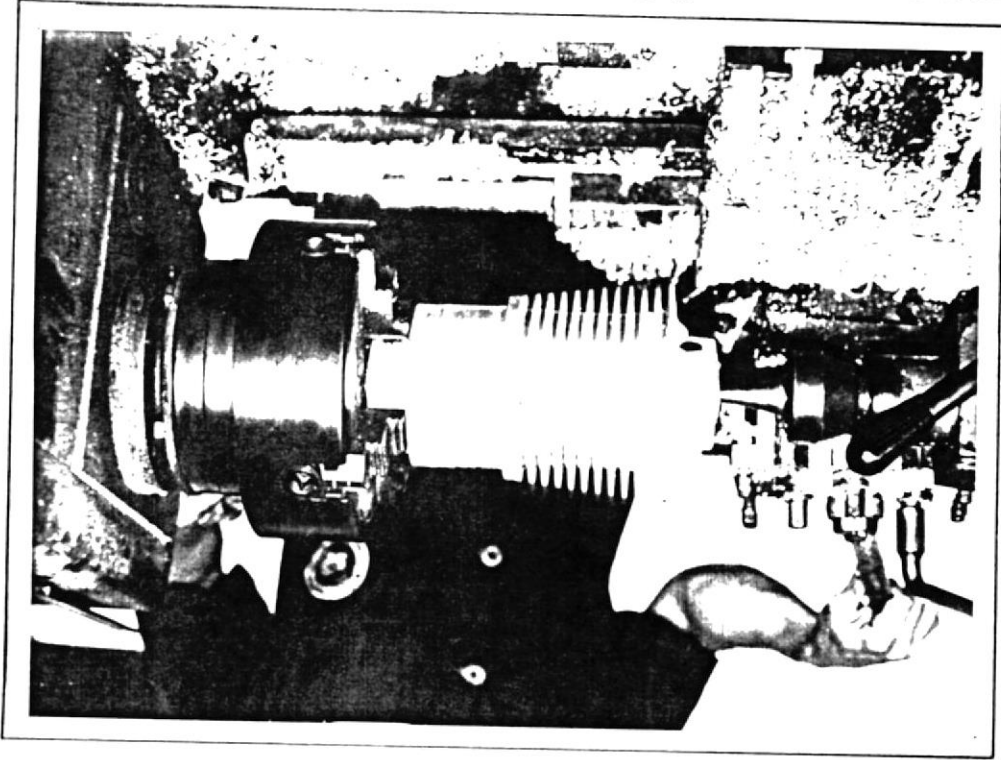
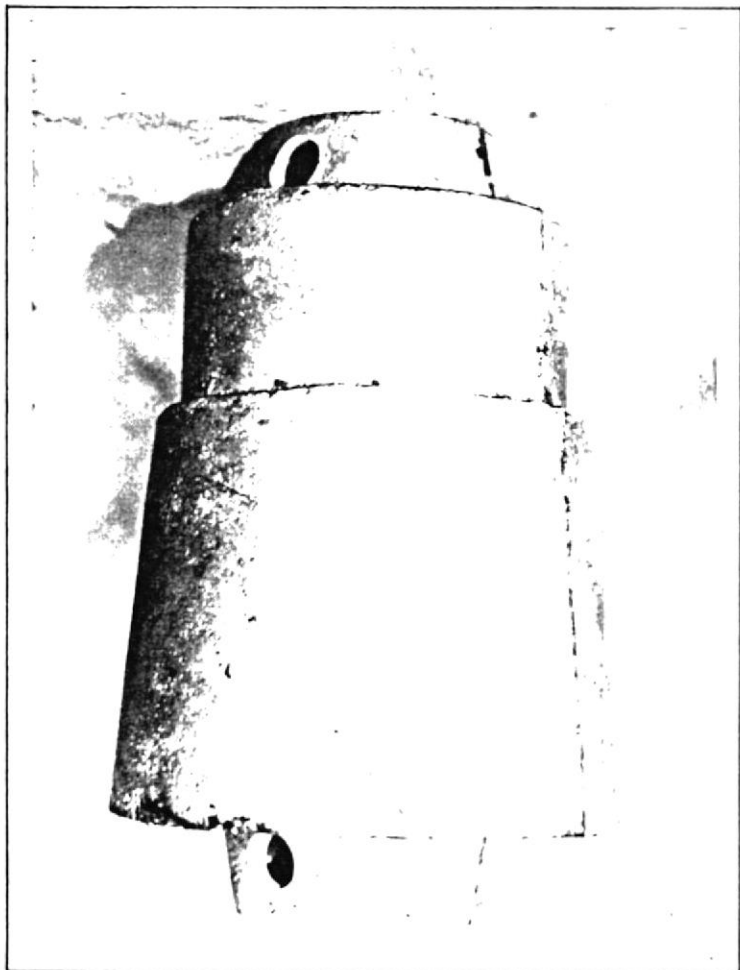


FIGURA 33 - Torneado del modelo a dimensiones definitivas.

2.2 Desarrollo de equipo experimental.

Cuando se trata de producir camisas en hierro gris el aparato de fusion mas adecuado es el horno electrico de induccion, ya que permite realizar un control estrecho y ajustado de las composiciones de salida, especialmente en lo que concierne a elementos contaminantes como el azufre. Sin embargo existen fabricantes que producen camisas de buena calidad a partir de caldo fundido en cubilotes y reverberos.

En primera estancia se penso en producir camisas en hierro gris, pero debido a las limitaciones existentes en nuestro medio y principalmente por no poder contar con un horno de induccion para realizar las practicas de fusion, nos hemos visto en la necesidad de desarrollar un equipo experimental que poseyera cualidades para realizar el mismo trabajo que el horno de induccion. La principal preocupacion ha sido la temperatura final del caldo. La conquista de altas temperaturas en hornos de fusion a combustible tiene asidero a traves de dos caminos; a saber: usando combustible con aire precalentado, y empleando un quemador que utilice oxigeno puro. Se selecciono la segunda opcion debido a que ofrecia mejores ventajas en cuanto a la conversion inicial. Este horno se describe a continuacion: El equipo experimental de fusion puede ser definido como un horno de reverbero gas-gas. La

denominacion gas-gas proviene de la utilizacion del gas comercial propano-butano como combustible y el oxigeno puro como agente comburente. La utilizacion del oxigeno puro como agente de combustion trae consigo algunas ventajas, entre ellas una menor contaminacion del medio ambiente y el poder lograr temperaturas de llama mucho mas altas (2.200 °C), lo cual nos permite trabajar con metales y aleaciones especiales con elevados puntos de fusion.

Este equipo gas-gas esta siendo usado en la actualidad en muchos paises, donde se ha podido demostrar a traves de los resultados obtenidos, que su construccion y utilizacion es muy ventajosa. El equipo experimental se muestra en la Figura 34, y consta de los siguientes elementos:

- Botella de gas Propano-Butano y su manometro regulador.
- Botella de Oxigeno y su manometro regulador.
- Lineas o mangueras para la alimentacion de ambos gases.
- Quemador del tipo OXI-GAS.
- Horno del tipo reverbero.

Como parte del equipo se utilizaran botellas de gas propano-butano y de oxigeno del tipo comercial, y su consumo dependera exclusivamente de las aplicaciones especificas del taller de fundicion. Mas adelante en el

subcapitulo concerniente a las pruebas de fusion se retomara el tema del consumo de gas y oxigeno de una manera mas detallada. Las lineas de alimentacion de estos gases estaran constituidas por mangueras de caucho para alta presion.

El quemador de tipo OXI-GAS esta formado por dos tubos concentricos de acero inoxidable que conducen el oxigeno y el gas respectivamente (Figuras 35 y 36) y de una cabeza mezcladora de los mismos. La cabeza del quemador ha sido fabricada de un material especial que soporta altas temperaturas y esta constituida por tres partes: el distribuidor de flujo, el mezclador de los gases y la tuerca que asegura ambas partes al conjunto del quemador, ver Figuras 37 y 38.

El horno de tipo reverbero u horno, como lo llamaremos de aqui en adelante, tiene forma cilindrica y esta construido con varios materiales como piedra pomez, arena de silicato, concreto refractario, entre otros. Todos los materiales han sido alojados en el interior de una estructura cilindrica constituida por plancha de hierro negro, como se muestran en la Figura 39. El proceso llevado a cabo para la construcción de las paredes para aislamiento del horno se muestra en las Figuras 40, 41, 42, 43, 44 y 45. Detalles de los canales para admision de la carga a fundir y para la salida del material fundido o

caldo se muestran en las Figuras 46, 47 y 48, 49 respectivamente. Para facilitar su limpieza, el horno ha sido provisto de una tapa lateral desmontable, la cual puede ser observada en la Figura 50, y su proceso de fabricacion en las Figuras 51, 52, 53 y 54.

La capacidad de este horno es de 40 kilos de material fundido, lo cual es un limitante en lo que se refiere a la realizacion de grandes coladas, sin embargo el trabajar con pequenas cantidades de material nos facilita el manejo y el control de la composicion de la colada. Por otro lado para nuestra aplicacion especifica, es decir la construccion de camisas para motores de combustion interna, la capacidad del horno es la adecuada. Las Figuras 55 y 56 dan una vista completa del horno en su posicion de funcionamiento.

EQUIPO DE FUSION

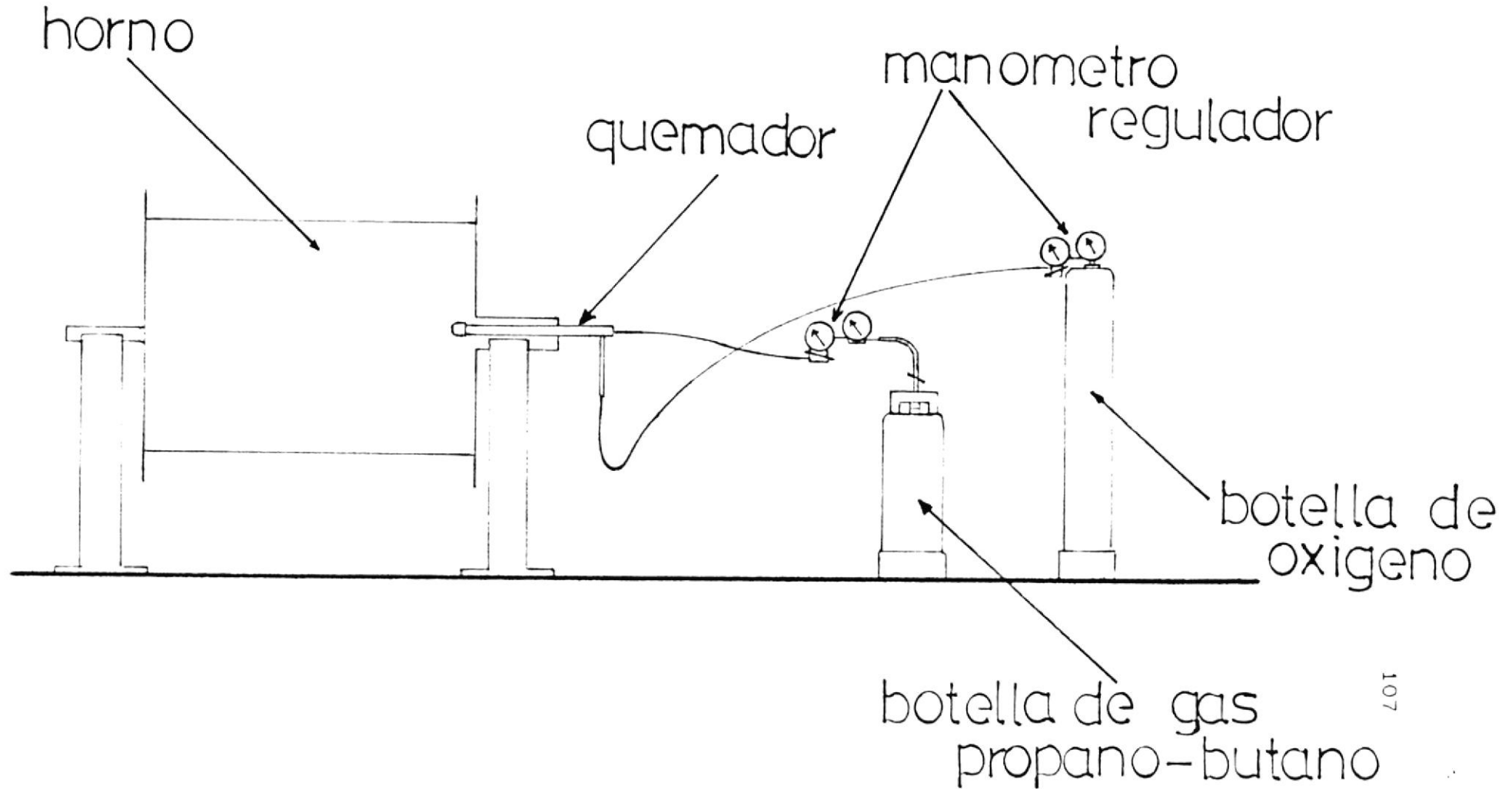
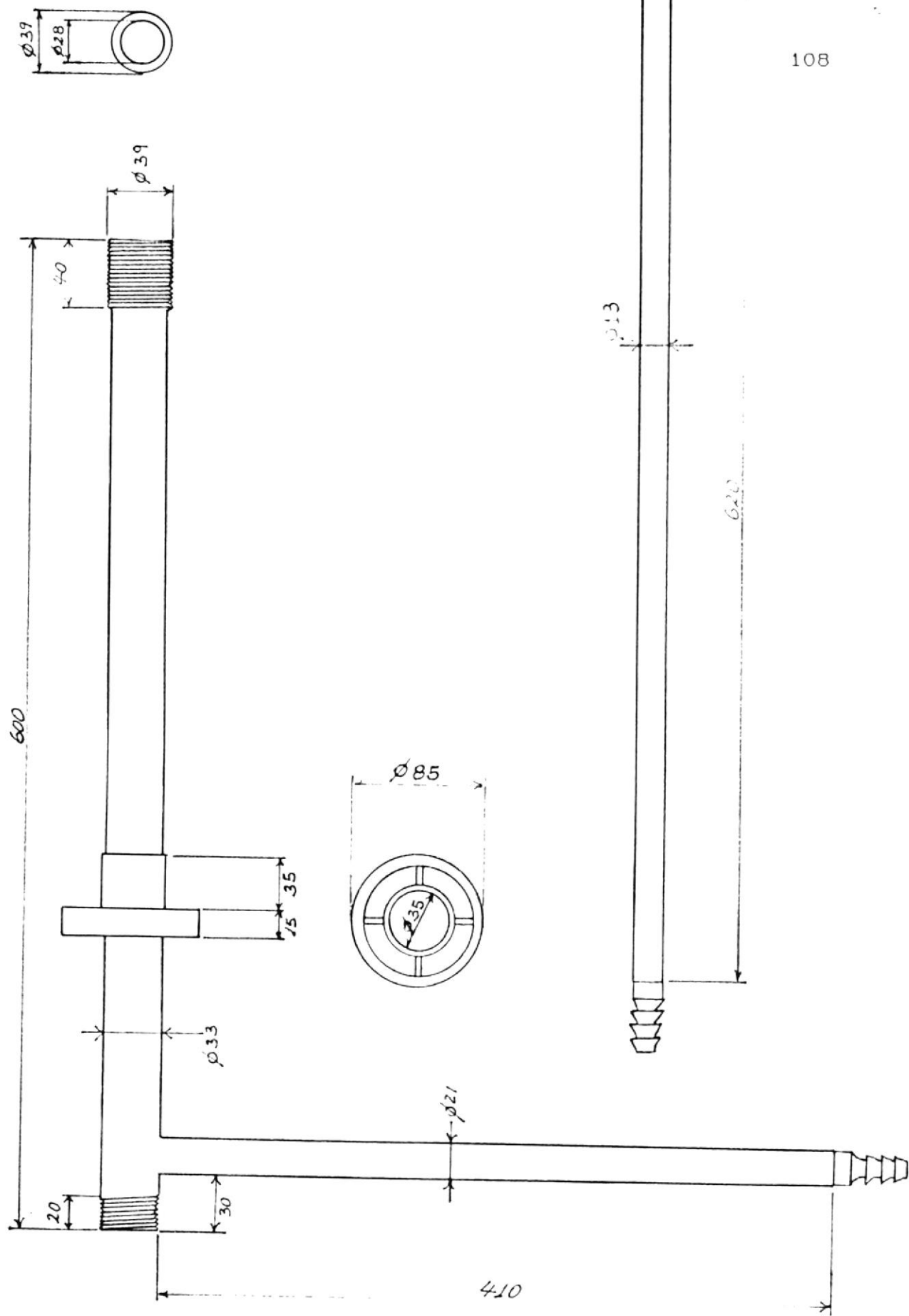


FIGURA 34

cuerpo del quemador



108

FIGURA 35

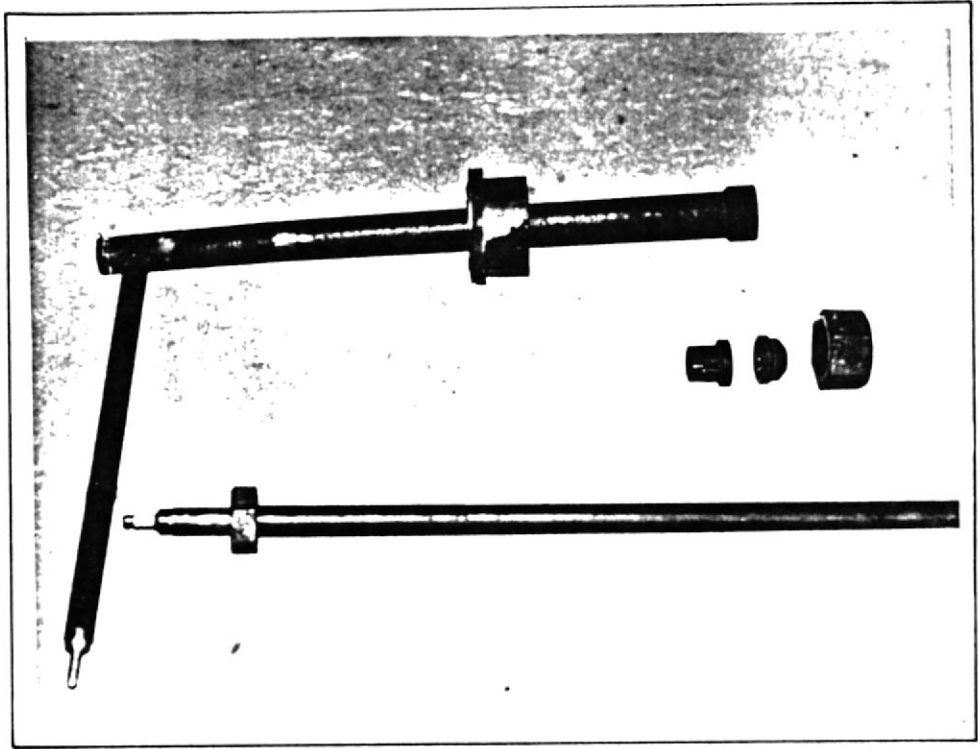


FIGURA 36 _ Quemador tipo oxi-gas.

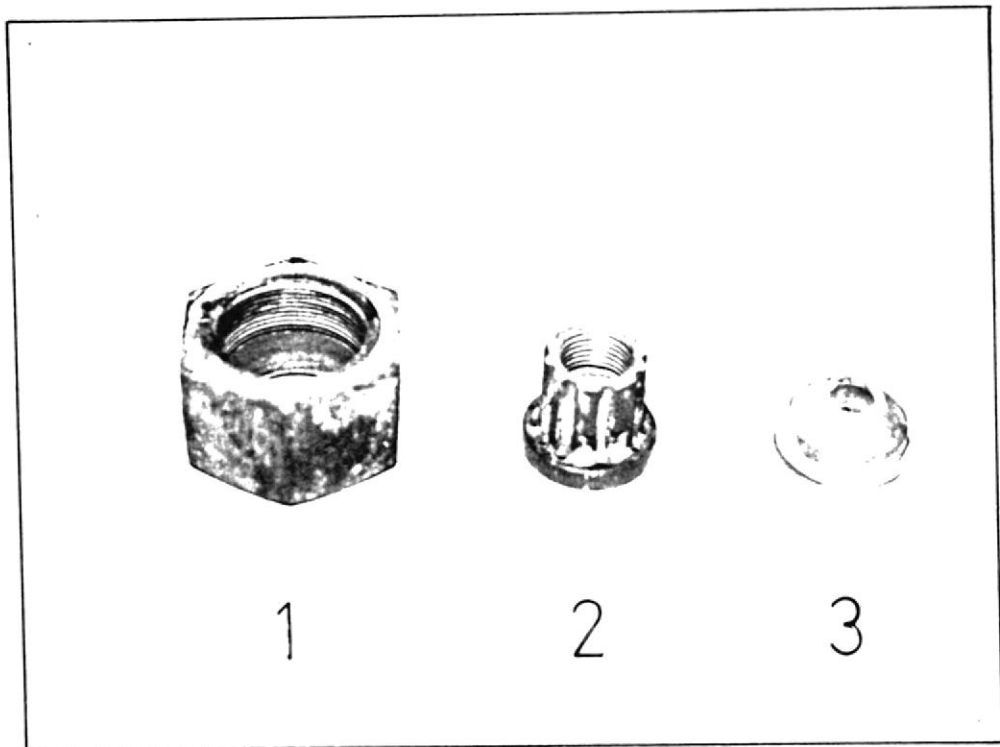


FIGURA 37 _ Distribuidor de flujo(2), mezclador de gases(3), tuerca aseguradora(1).

tuerca aseguradora de la
cabeza del quemador

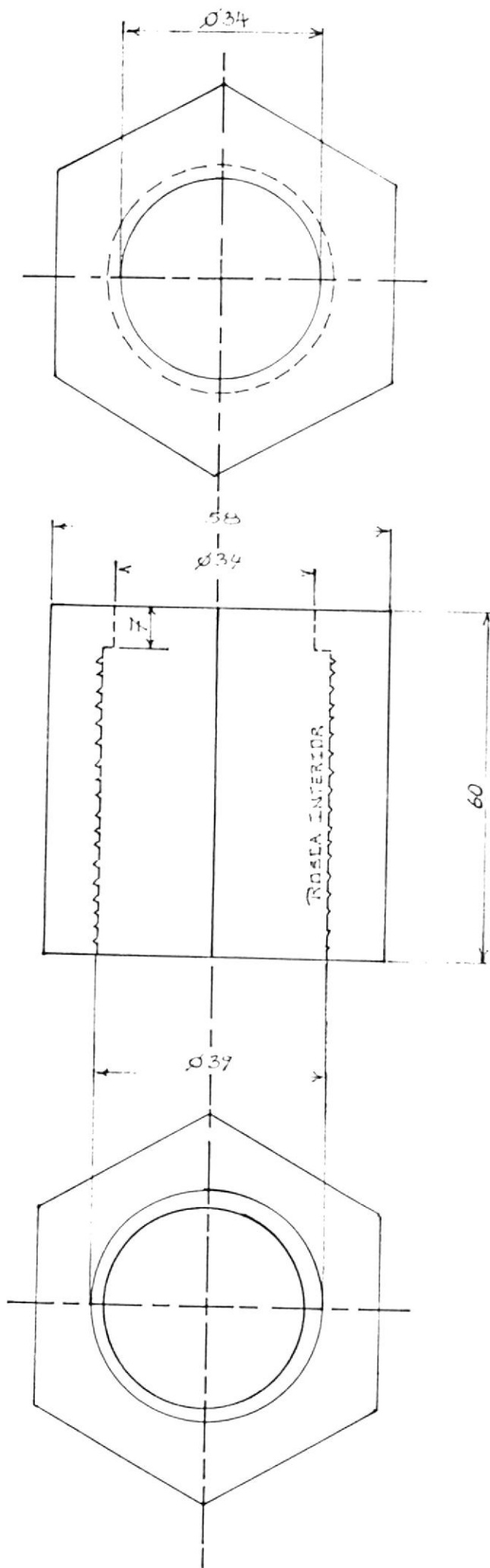
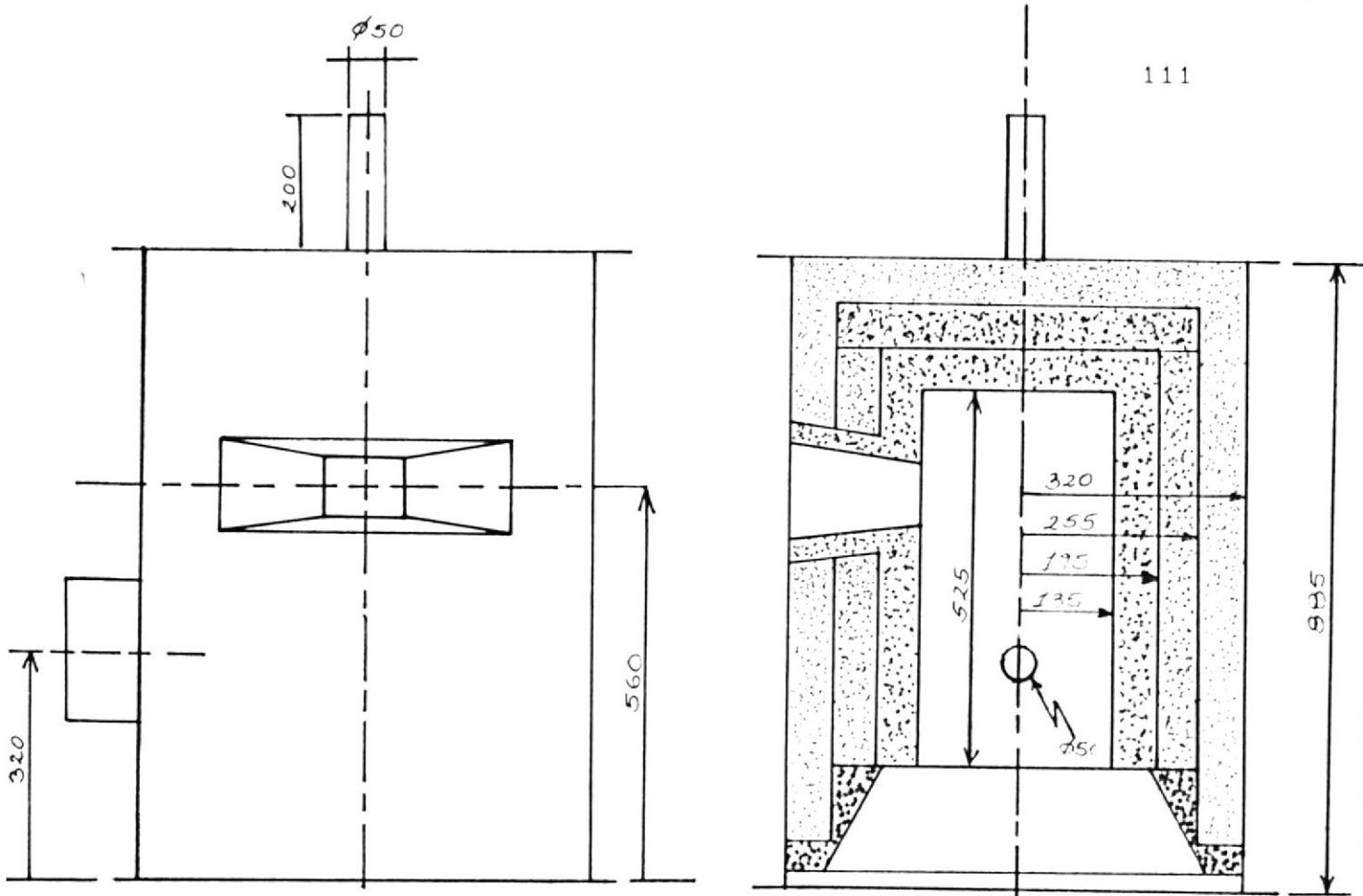


FIGURA 38

horno de fusion



ARENA DE SILICATO CON ACIDO DORICO.	
CONCRETO DE ALTA ALUMINA MIZZOU 1.650 °C.	
ARENA DE SILICATO CON CARBON NATURAL.	
PIEDRA POMEZ	
CEMENTO REFRACTARIO K.O. LITE	

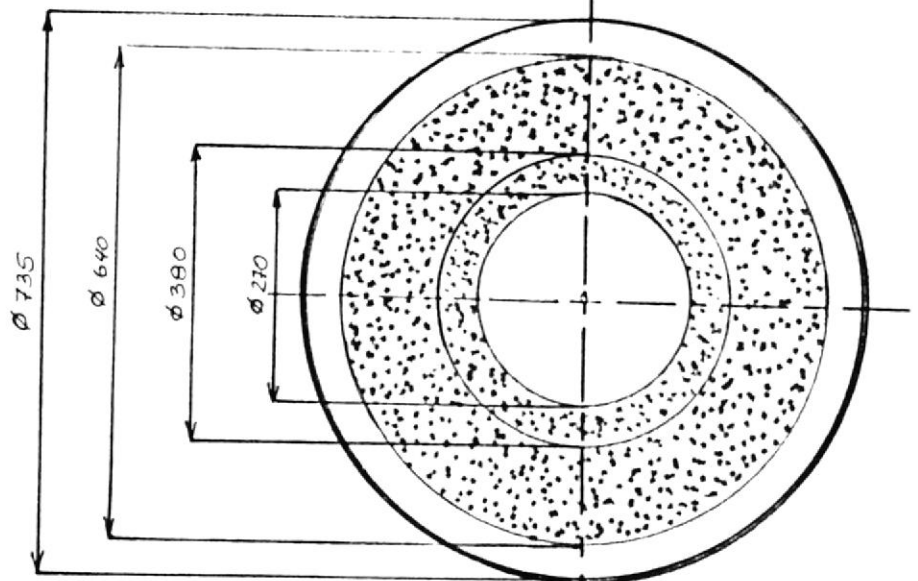
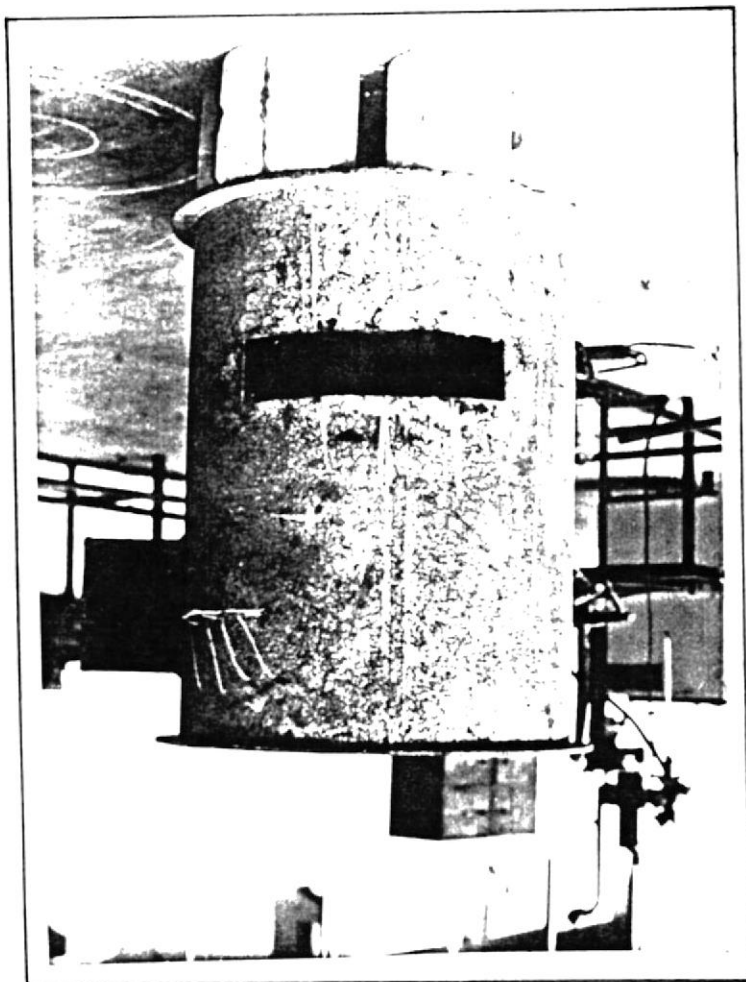


FIGURA 39

FIGURA 41 - Pared de piedra pomez.



FIGURA 40 - Pared exterior del horno (plancha de hierro).



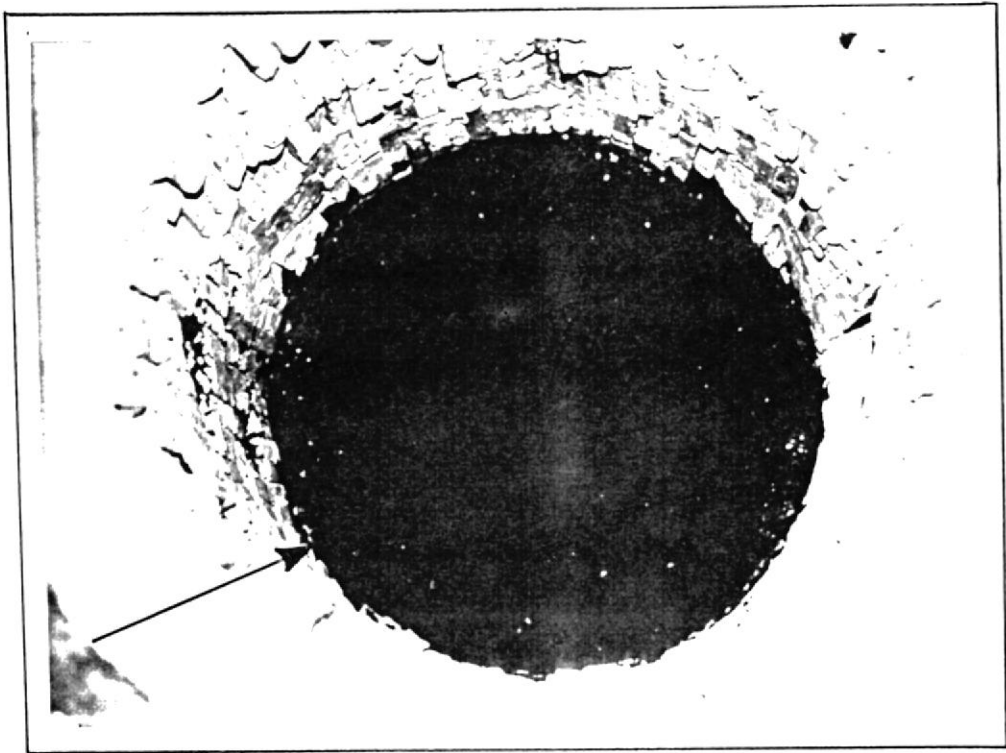


FIGURA 42 _ Fondo del horno,
arena de silicato con carbon natural.

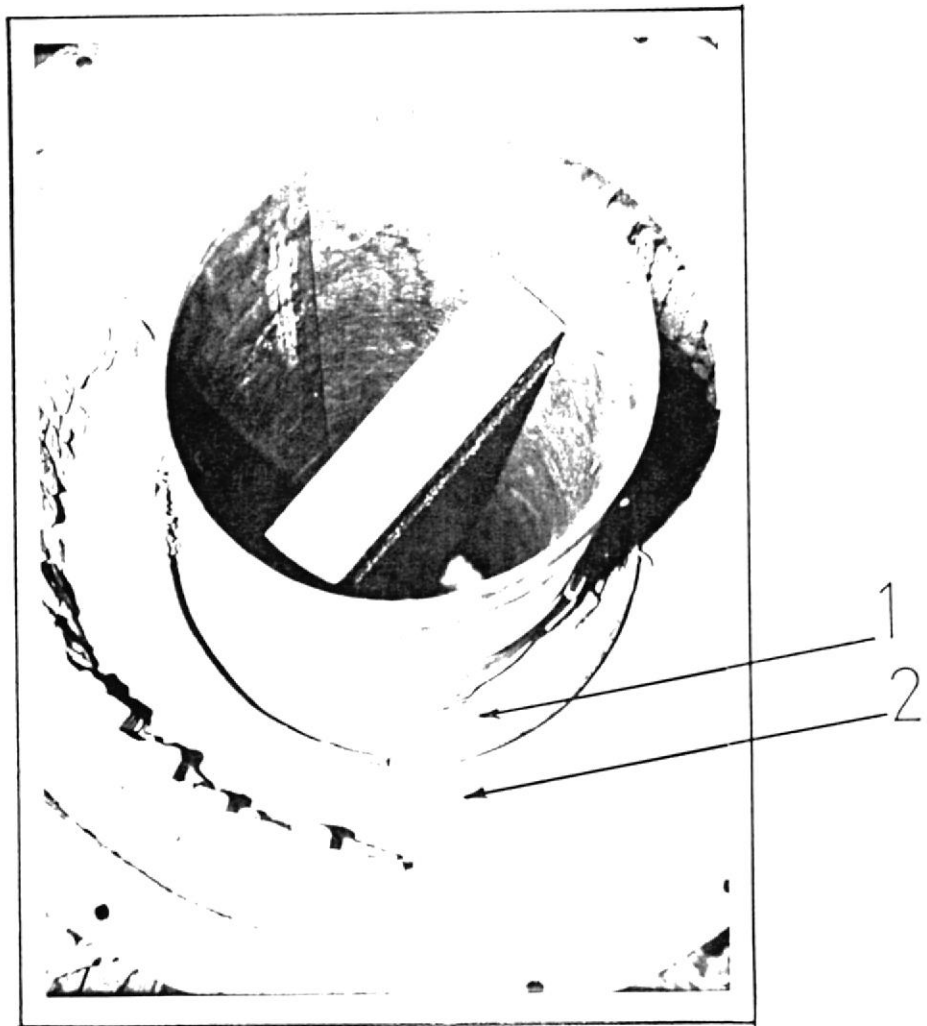
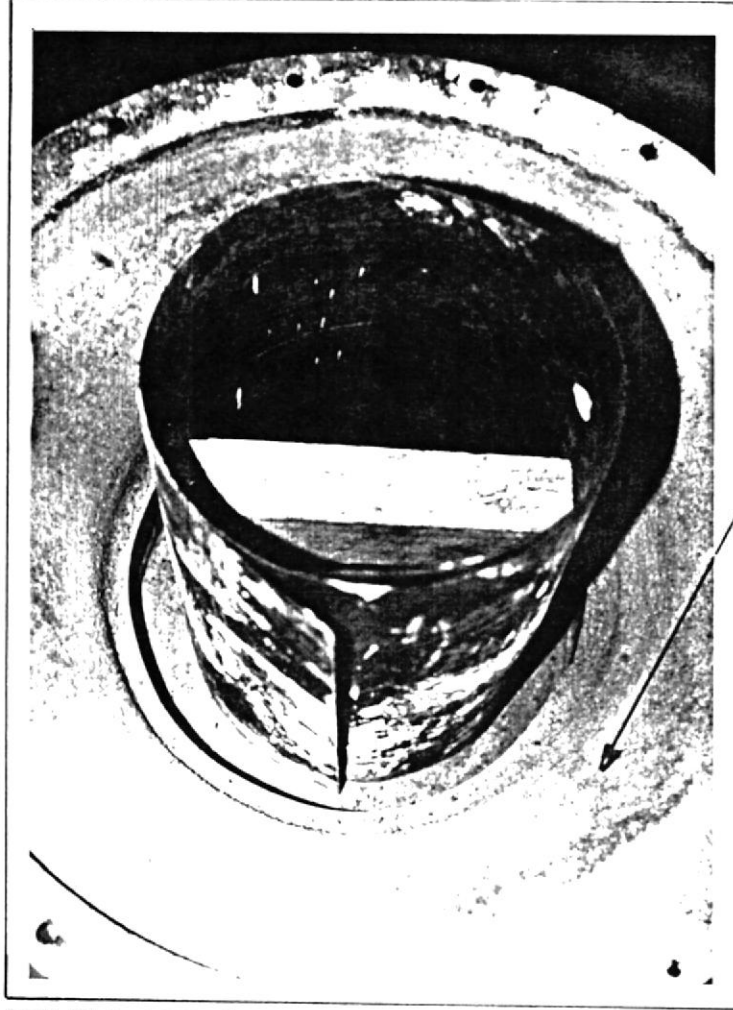
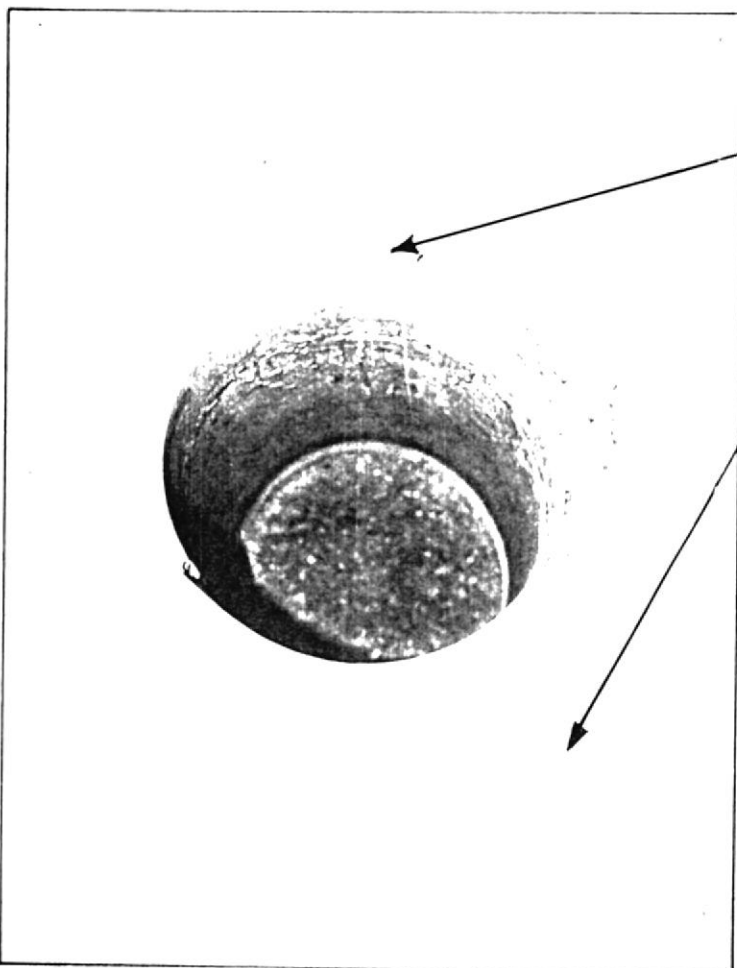


FIGURA 43 _ Paredes de:
concreto de alta alumina (1),
arena de silicato con acido borico (2).



Cemento
refractario.

FIGURA 44 .- Sello superior



Concreto de
alta alumina.

Cemento
refractario.

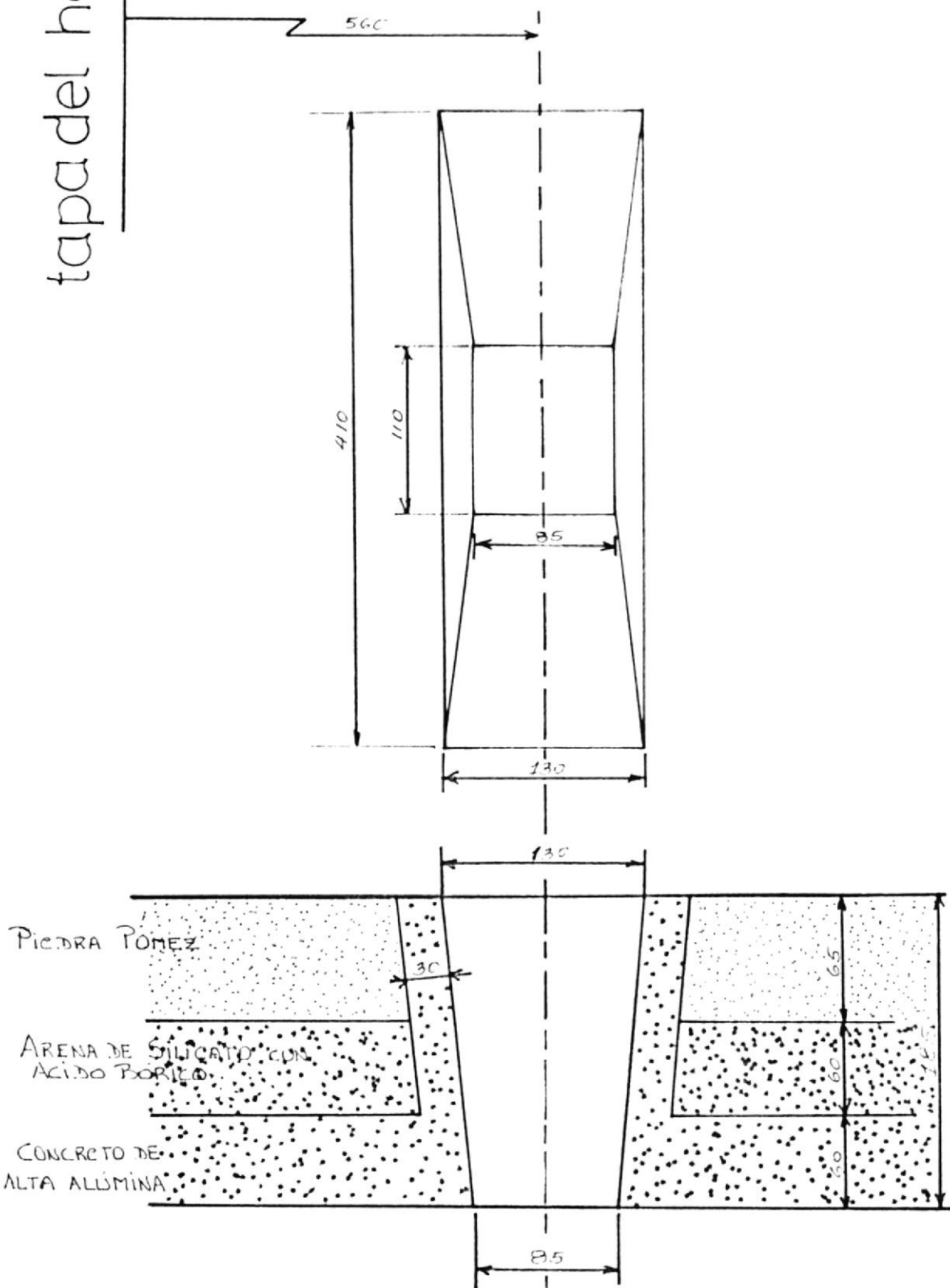
FIGURA 45 .- Hogar del horno.

entrada de la carga

vista superior

115

tapa del horno



vista frontal

FIGURA 46

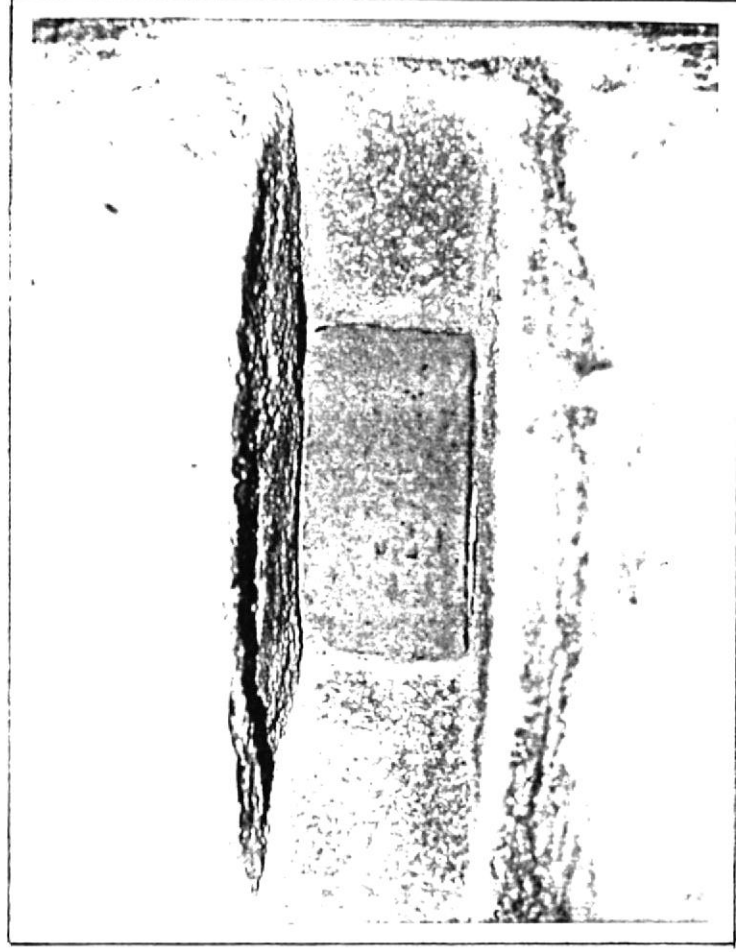


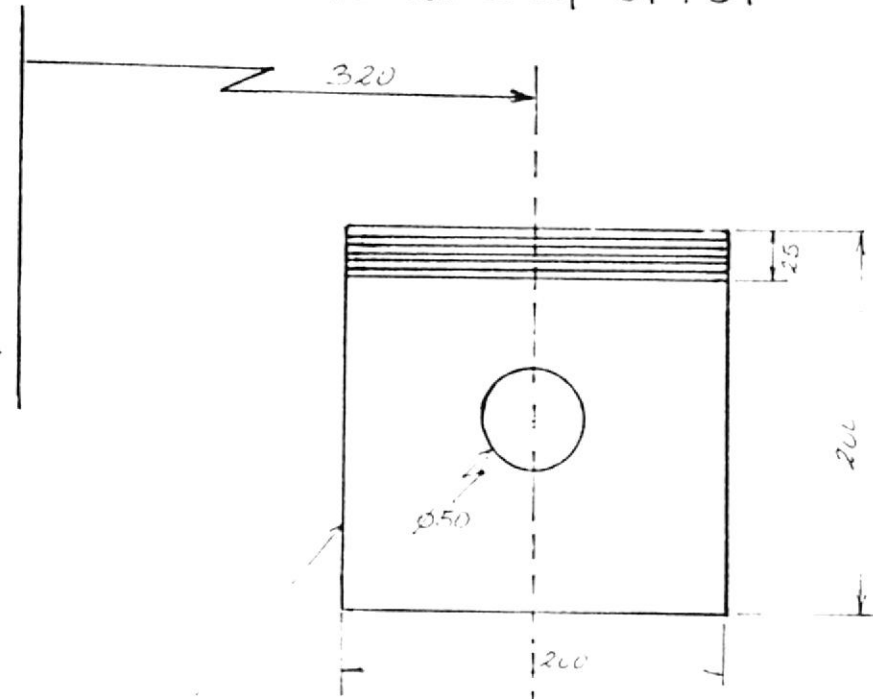
FIGURA 47 - Canal de admisión o alimentación de carga.



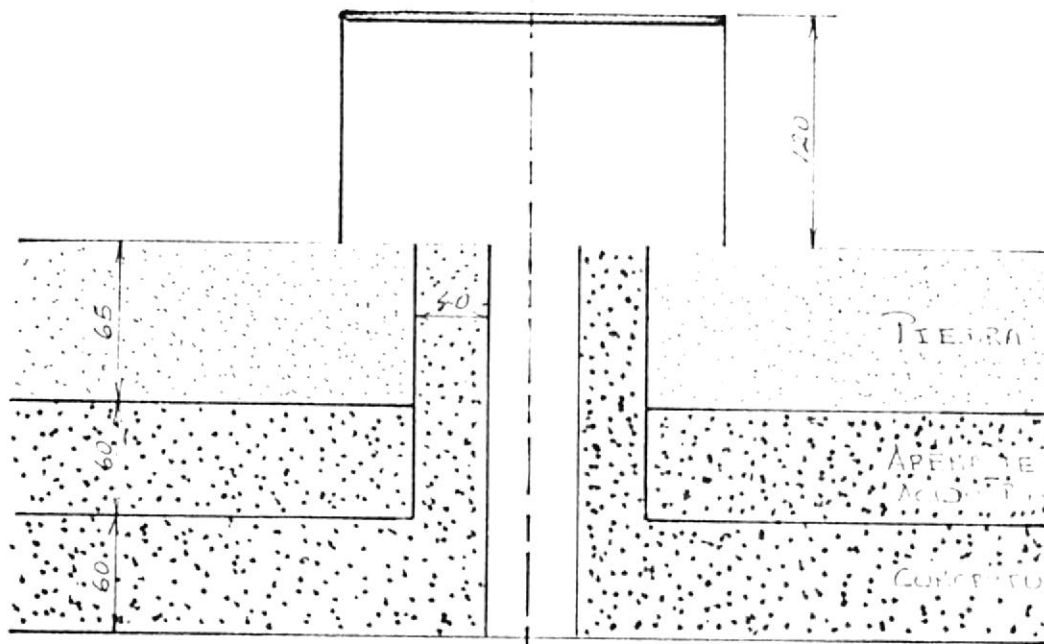
FIGURA 48 - Canal para salida de la colada.

salida de la colada
vista superior

tapa del horno



PLANCHA DE HIERRO NEGRO

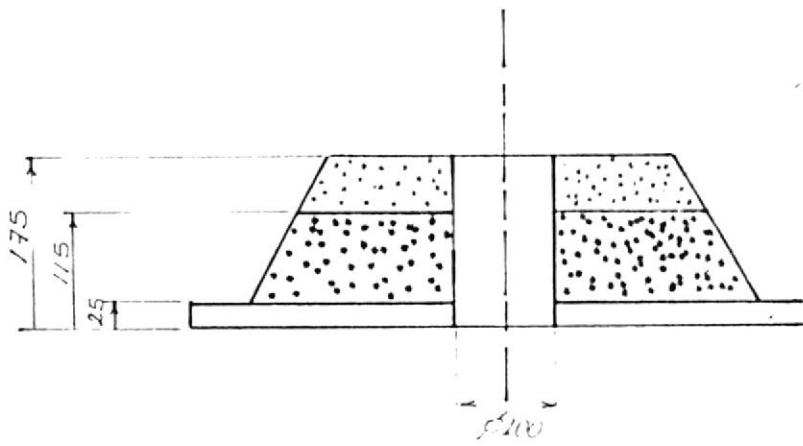


vista frontal

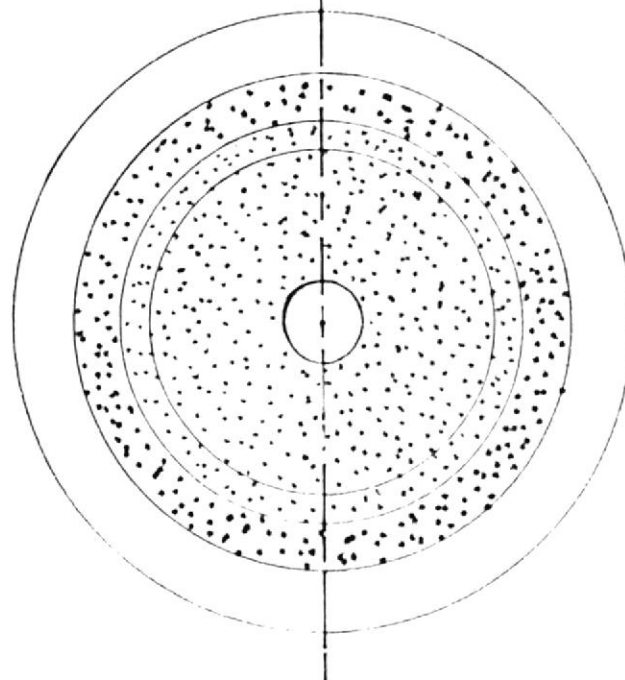
FIGURA 49

tapa lateral del horno

vista frontal



- 1. CEMENTO PÓLVO DE PIEDRA ALTA (MORTAR DE CEMENTO Y ARENA)
- 2. CEMENTO PÓLVO DE PIEDRA ALTA (MORTAR DE CEMENTO Y ARENA)
- 3. CEMENTO PÓLVO



vista lateral derecha

FIGURA 50

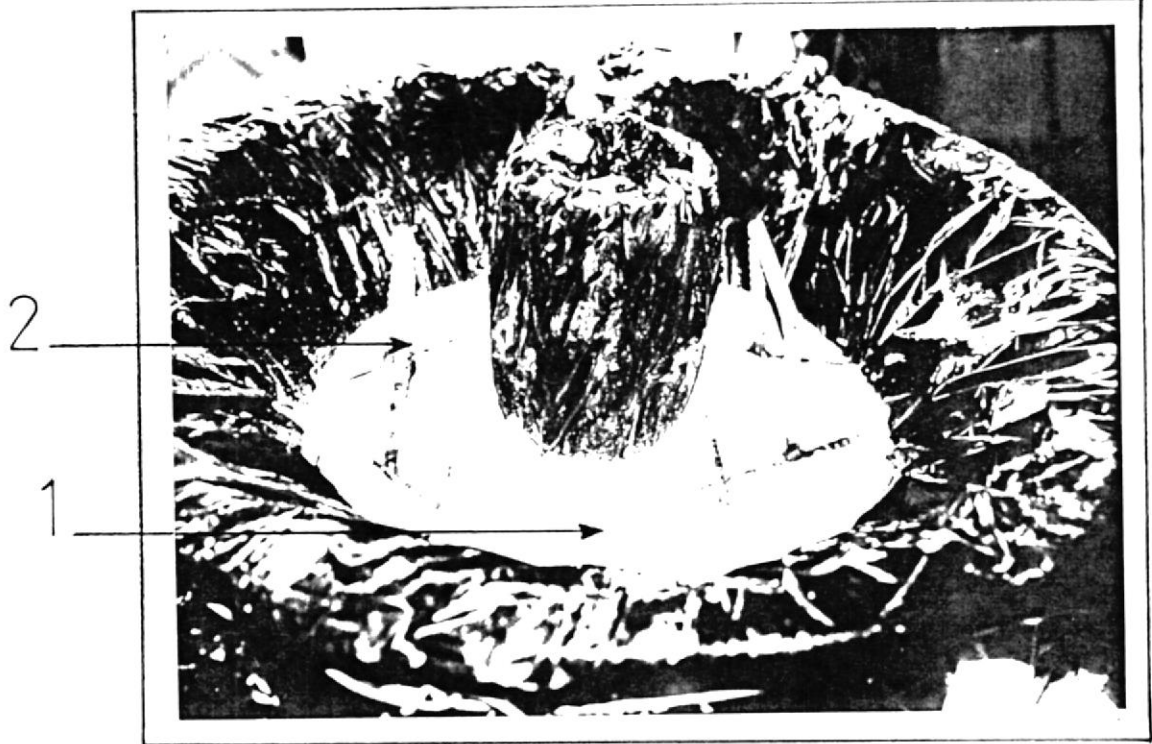


FIGURA 51 _ Colocación de concreto de alta alumina(1), y agarraderas(2) en la tapa.

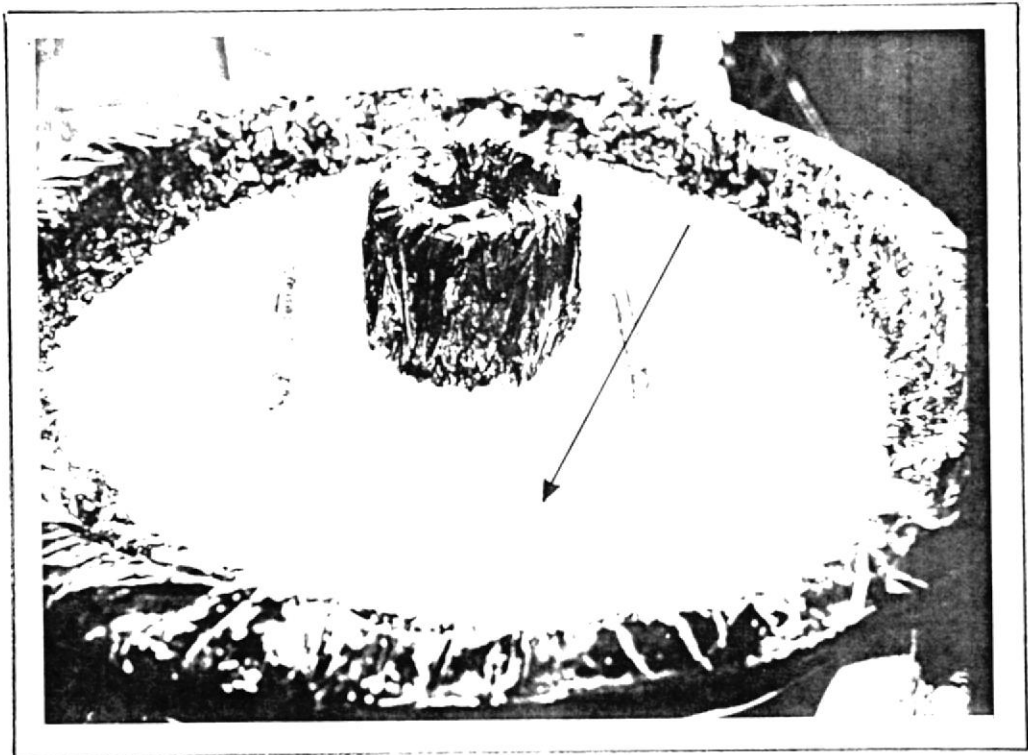


FIGURA 52 _ Colocación de cemento refractario en la tapa.

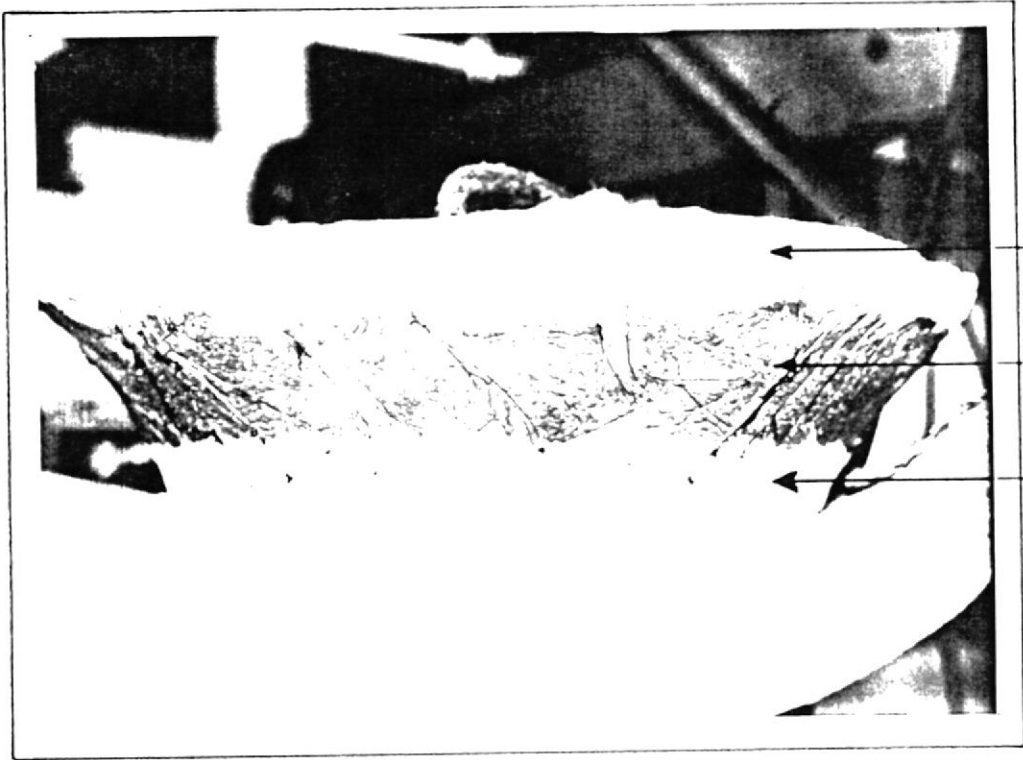


FIGURA 53 _Vista lateral de la tapa, cemento blanco(1), cemento refractario(2), concreto de alta alumina(3).

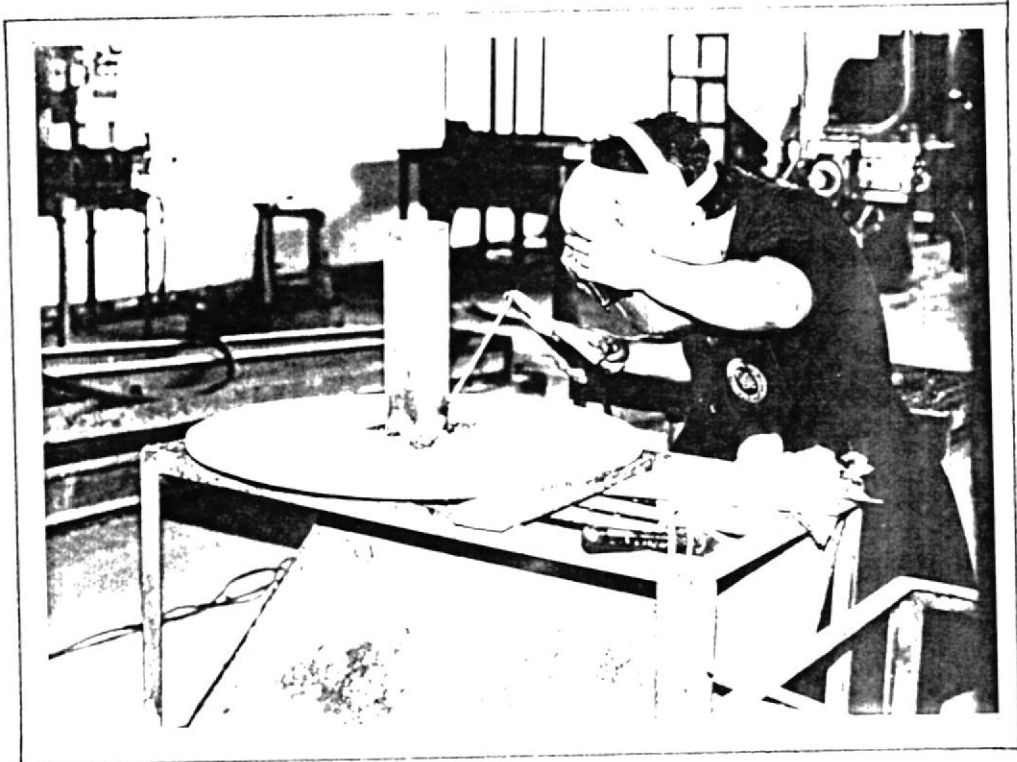


FIGURA 54 _Tapa lateral y soporte desmontable del horno.

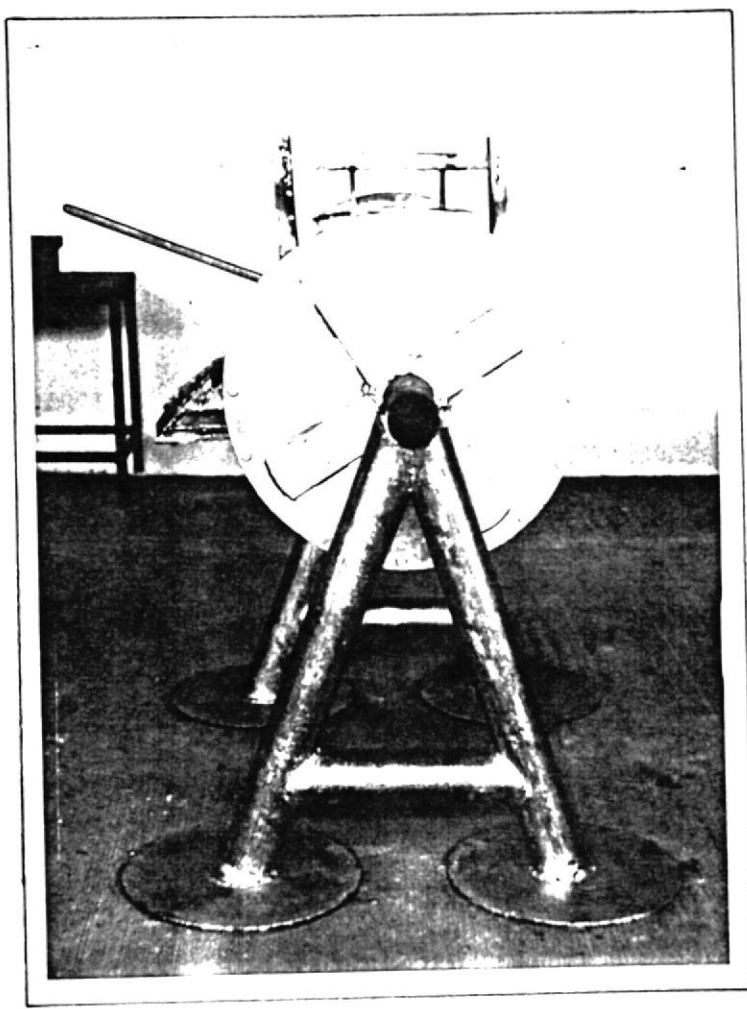


FIGURA 55 _ Horno de fusión.

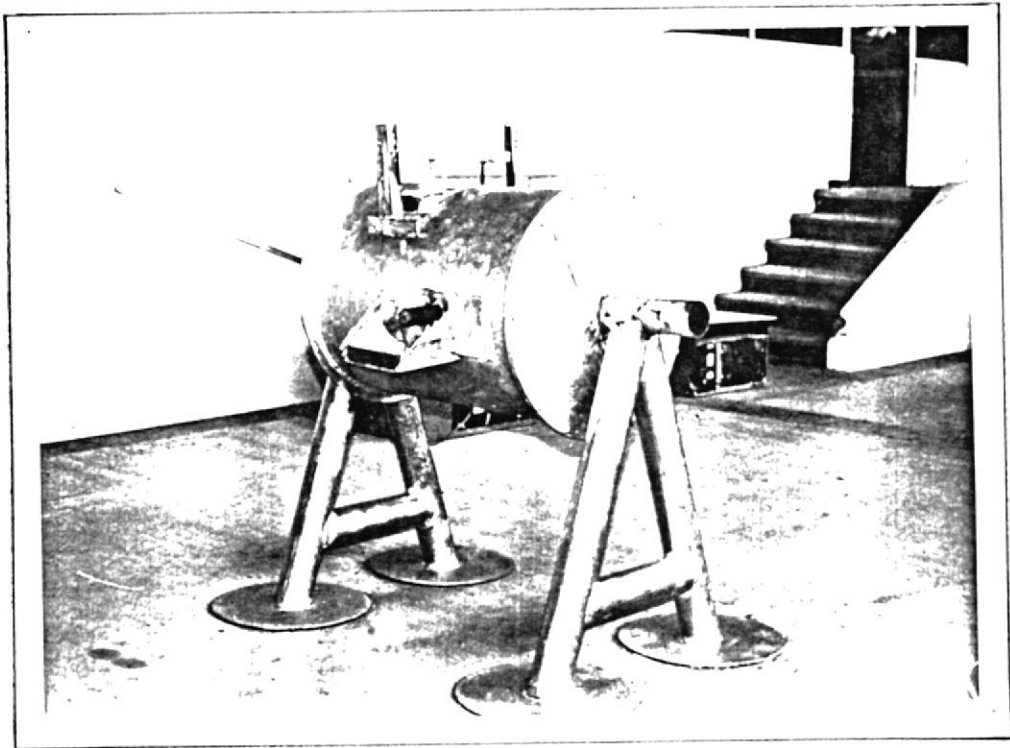


FIGURA 56 _ Horno de fusión.

2.3 PRUEBAS DE FUSION.

El ultimo paso en la construccion de un horno lo constituye la realizacion de las pruebas de funcionamiento o pruebas de fusión de materiales en el horno.

En primer lugar tuvo que procederse al secado ó curado de los materiales que constituyen el horno, debido a que éstos son termofraguables. El procedimiento de curado establece que se debe calentar el horno desde temperatura ambiente hasta los 540°C en intervalos de 40 grados, manteniendose en cada intervalo por un periodo de 30 minutos. Debe tenerse mucho cuidado al llevar a cabo éste procedimiento de curado, pues de él dependerá el posterior buen funcionamiento del horno.

Una vez curado el horno, estamos yá en capacidad de realizar sus pruebas de funcionamiento. La primera prueba del horno fué realizada a hogar vacío, es decir sin carga. La finalidad de ésta prueba fué la de comprobar el correcto funcionamiento del quemador y del aislamiento del horno, ademas de determinar experimentalmente el consumo de oxígeno-combustible.

Los resultados obtenidos en ésta prueba fueron muy alentadores, se llegaron a temperaturas en el hogar del horno de hasta 1450°C, manteniendose la superficie exterior

del aislamiento del horno a temperatura ambiente. Además de las altas temperaturas alcanzables con éste equipo, lo que consideramos que constituyó el resultado más atractivo fué el bajo consumo oxígeno-combustible. Una estimación experimental que confirma lo calculado teóricamente establece que éste equipo consume una mezcla de 18 Kg de oxígeno con 7 Kg de gas comercial Propano-Butano por cada hora de trabajo del horno, lo cual implica que se pueden obtener temperaturas de 1450°C y más, con un costo relativamente bajo.

La segunda prueba de funcionamiento constituyó específicamente la fundición de la aleación Aluminio-Cobre a utilizar en la construcción de la camisa para motores de combustión interna, motivo de ésta tesis.

Esta prueba comenzó con el precalentamiento del horno hasta llegar a la temperatura necesaria para la fusión y colado de la aleación, la cual es de aproximadamente 850°C. Se debe tomar en cuenta que la temperatura necesaria para la fusión de ésta aleación es un poco inferior a los 800°C, pero tomando en cuenta las pérdidas de calor que se producen en el colado de los moldes y principalmente debido al proceso de batido de la colada con el grafito en polvo que se debe realizar para obtener el composite con matriz metálica escogido para la construcción de la camisa, la colada debe ser calentada unos 50°C sobre la temperatura

de fusión de la aleación para compensar las pérdidas de calor producidas en éste proceso. Una vez alcanzada la temperatura de colado (determinada por medio de una termocupla), se realiza el proceso de batido de la aleación descrito, luego de lo cual se procede al llenado de los moldes fabricados con anterioridad.

Los resultados obtenidos en ésta prueba cumplieron con nuestras aspiraciones y expectativas, dichos resultados se discutirán más adelante en las conclusiones de ésta tesis.

2.4 CONTROL DE CALIDAD.

Luego que la pieza fundida ha enfriado, ha sido extraída del molde y se han realizado en ella las operaciones de limpieza y acabado, ésta se somete a un estricto control de calidad, en donde se verifica si las dimensiones obtenidas son las adecuadas, si las tolerancias de acabado se encuentran dentro de rangos aceptables, y por último, si la microestructura de la pieza fundida y su dureza cumplen con las exigencias de trabajo impuestas a las camisas para motores de combustión interna.

Antes de realizar cualquier prueba, ya sea a la forma o a la estructura del material, primeramente se procede a la realización de una observación visual ó examen visual de la pieza fundida. La finalidad de éste examen es la de determinar algún tipo de falla ó defecto que pudiese haber ocurrido a través del proceso de fundición. En caso de no encontrarse algún defecto observable a simple vista, se procede entonces a continuar con las pruebas que involucra el control de calidad.

Con la ayuda de un calibrador Vernier, se comprobó que las dimensiones de la pieza obtenida a través del proceso de fundición eran las adecuadas. Ésto se pudo constatar realizando una simple comparación entre las dimensiones

reales de la pieza fundida y aquellas que constan en los planos de la misma.

A continuación se procedió a realizar un examen metalográfico al material de la pieza, pudiéndose comprobar la existencia de una matriz metálica de aluminio, además de granulos de grafito agrupados en los bordes de grano, ver Figura 57. Tal microestructura corresponde claramente a un composite con matriz metálica, lo cual cumple con el objetivo planteado, es decir la construcción de una camisa para motores de combustión interna con un composite de matriz metálica.

Por último, sin dejar de ser menos importante, con la ayuda de un equipo BRINELL determinador de dureza, se procedió a examinar el material fundido, encontrándose una dureza al rededor de los 64 BHN, la cual cumple de manera formidable las exigencias y requerimientos en cuanto a dureza de las camisas para motores de combustión interna.

CAPITULO III

3.1 DISCUSION DE RESULTADOS.

Existen tres aspectos que fueron tomados en cuenta para que la camisa opere satisfactoriamente, estos son: su forma estructural, el material utilizado en su construcción y el proceso seleccionado para su fabricación.

La forma estructural de la camisa y el material utilizado para su construcción dependen exclusivamente de las condiciones y requerimientos de trabajo de la misma, por lo tanto, se toman en cuenta factores como las fuerzas que serán aplicadas a esta, la temperatura de trabajo y las condiciones de oxidación, corrosión y desgaste a las que se verá sometida.

Se debe puntualizar que aunque ésta tesis no realiza calculos en cuanto a la forma estructural de la camisa ni de su resistencia bajo condiciones de trabajo, su forma y diseño fueron analizados y comparados con camisas utilizadas por los principales fabricantes de motores al rededor del mundo, por lo que estamos seguros que la forma y diseño de la camisa motivo de ésta tesis cumple con todos los requerimientos impuestos al momento de su trabajo. Además como el objetivo de ésta tesis no se centra en el diseño de camisas, si no más bien en la desagregación de tecnología para la construcción de las mismas en nuestro medio, hemos seleccionado una camisa utilizada en los motores **Diesel Faryman enfriados por aire**, motores cuya demanda es considerable dentro de nuestro país, ver Figura 20.

Los varios tipos de materiales existentes en nuestro medio como el aluminio, hierro y acero proporcionan una amplia gama de propiedades utilizables. Las propiedades de éstos materiales fueron revisadas para determinar no solo que materiales proporcionaban las características requeridas en la camisa, si no además, cuales materiales poseían características deseables adicionales como una mejor maquinabilidad o un menor costo. El resultado de ésta investigación lo constituyen unos modernos compuestos denominados MMCS (Compuestos de Matriz Metálica), los cuales se encuentran robustecidos con fibras, hebras o

partículas y además poseen gran variedad de aplicaciones, entre ellas la fabricación de camisas para motores de combustión interna debido a sus características propias y al bajo costo de su fabricación.

Los materiales convencionales tienen limitaciones en cuanto a combinaciones alcanzables de resistencia, rigidez y densidad, mientras tanto los compuestos MMCS resultan de una combinación de muy alta resistencia a la temperatura y a la fatiga, buenas propiedades de amortiguamiento y conductividad térmica, son más livianos y económicos, poseen buena dureza y resistencia a la abrasión, además de excelentes propiedades lubricantes reduciendo así el desgaste y mejorando la eficiencia. En el Gran Prix N°42 de Brazil en 1975, un automóvil equipado con cilindros de un compuesto MMCS Aluminio/Grafito ganó la carrera aún cuando 27 vueltas antes de la finalización de la misma el radiador se encontraba roto y había perdido todo el fluido refrigerante, esto debido a las excelentes propiedades antifricción y de conductividad térmica de este material. Tomando en cuenta todos estos antecedentes escogimos como material para la construcción de la camisa un **Compuesto MMCS con matriz de Aluminio y grafito como fase de refuerzo.**

Luego de haber seleccionado el diseño y material a utilizar en la construcción de la camisa se continuó con

el siguiente paso en la desagregación tecnológica, es decir, el desarrollo de un proceso de manufactura de camisas aplicado a nuestro medio y a la construcción misma de la pieza. En nuestro país, en donde la industria metalúrgica es incipiente y además no se cuenta con el capital para una producción tecnificada en gran escala, nos vimos en la necesidad de seleccionar un proceso de fabricación que se ajuste a estas limitaciones y que cumpla de la mejor manera los principales requerimientos que exige la construcción de camisas, entre estos, una buena exactitud dimensional y homogeneidad del material fundido además de una relativamente aceptable condición superficial, procurando en lo posible el uso de materiales y maquinaria existentes en nuestro medio. Basandonos en estas consideraciones el proceso que mejor se ajusta a dichos requerimientos es el denominado **Moldeo en Verde**, que no es más que la fabricación de moldes para el colado de las camisas con una mezcla de arena natural de Posorja enriquecida con bentonita además de la adición de 0,5% de en peso de diesel con relación al peso de la arena en seco.

Cabe destacar que aunque existen ciertas limitaciones en cuanto a la forma de las piezas que se pueden moldear a travez de éste proceso, y ciertos problemas intrinsicos en el mismo, como por ejemplo cierta porosidad en las piezas fundidas, éste procedimiento de moldeo se presenta como uno de los más sencillos en llevar a cabo debido a la

facilidad con que se construyen éstos moldes y principalmente por el bajo costo y la existencia en nuestro medio de todos los materiales utilizados en dicho proceso.

A manera de complemento de ésta tesis se desarrolló un equipo experimental para la fusión de metales, el cual está compuesto por un horno de tipo reverbero y un quemador de tipo oxígeno-gas. Los resultados obtenidos a travez de la utilización de éste equipo fueron muy alentadores, se lograron temperaturas de llama de 2.200°C y temperaturas en el hogar del horno de hasta 1.450°C . Además lo que constituyó el resultado más atractivo de las pruebas de fusión fué el bajo consumo de combustible del equipo, así tenemos que en una hora de trabajo del horno se lograron fundir 40 Kg de material consumiendose una mezcla de 18 Kg de oxígeno con 7 Kg de gas comercial Propano-Butano, lo cual establece un ahorro muy significativo en consumo de combustible para la producción de piezas fundidas.

Por último y lo que constituye el objetivo principal de ésta tesis, se lograron colar camisas con éste compuesto de matriz metálica (Aluminio/grafito), obteniendose una clara distribución del grafito en los bordes de grano al rededor de la matriz metálica de Aluminio, ver Figura 57. La dureza alcanzada con éste compuesto fué de 64 Brinell, lo cual cumple en gran forma con los requerimientos y exigencias en cuanto a dureza, de las camisas para motores

de combustión interna. En lo concerniente a las tolerancias dimensionales de la camisa fundida, podemos apreciar que estas se encuentran dentro de los estándares establecidos por el Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas de la Universidad de Barcelona en España para cilindros fundidos (Tabla 26), y además que el acabado superficial de la camisa fundida cumple con las exigencias impuestas para éste tipo de piezas, las cuales se encuentran detalladas en la norma UNE 1037 y DIN 4763/64.

A N E X O S

REQUERIMIENTOS COMUNES EN LAS PIEZAS O COMPONENTES Y LAS PROPIEDADES DEL METAL RELACIONADAS CON CADA REQUERIMIENTO	
CARACTERISTICA DESEADA EN EL COMPONE	PROPIEDAD DEL MATERIAL RELACION
RESISTENCIA A CARGAS ESTATICAS	LIMITE A LA FLUENCIA
RESISTENCIA A CARGAS DINAMICAS	LIMITE A LA FATIGA
SOBRECARGAS	ENERGIA DE PROPAGACION DE LAS FRACTURAS A TEMPERATURA DE SERVICIO
MAQUINABILIDAD	MICROESTRUCTURA Y DUREZA
RESISTENCIA AL DESGASTE	DUREZA Y MICROESTRUCTURA
PESO	DENSIDAD
AMORTIGUACION DE VIBRACIONES	CAPACIDAD DE AMORTIGUAMIENTO ESPECIFICA
RESISTENCIA A LA CORROSION	CONTENIDO DE ELEMENTOS ALEANTES O RECUBRIMIENTOS
RESISTENCIA A LA OXIDACION	CONTENIDO DE ELEMENTOS ALEANTES
RESISTENCIA A CHOQUES TERMICOS	FATIGA TERMAL (RELACIONADA CON LA CONDUCTIVIDAD TERMICA DIVIDA PARA EL MODULO DE ELASTICIDAD)
DUCTILIDAD - BAJA CARGA - BAJA TEMPERATURA	MODULO DE ELASTICIDAD COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA

CAPACIDAD DE AMORTIGUAMIENTO		
TIPO DE METAL	CAPACIDAD RELATIVA DE AMORTIGUAMIENTO X 10	DISMINUCION RELATIVA EN AMPLITUD POR CICLO DE VIBRACION
ERRO BLANCO	2 - 4	
ERRO MALEABLE	0 - 15	3.3 - 6.3
ERRO DUCTIL	5 - 20	3.0 - 9.4
ERRO GRIS CON OJUELAS DELGADAS	20 - 100	
ERRO GRIS CON OJUELAS GRUESAS	100 - 500	
ERRO EUTECTOIDE	4	
ALUMINIO	0.4	
ERRO AL CARBONO		1.0 - 2.0
ERRO GRIS CLASE 50		4.0 - 9.0
ERRO GRIS CLASE 40		8.5 - 12.0
ERRO GRIS CLASE 30		20 - 60
ERRO GRIS HIPOEUTECTICO		40
ERRO GRIS EUTECTICO		105
ERRO GRIS HIPEREUTECTICO		126

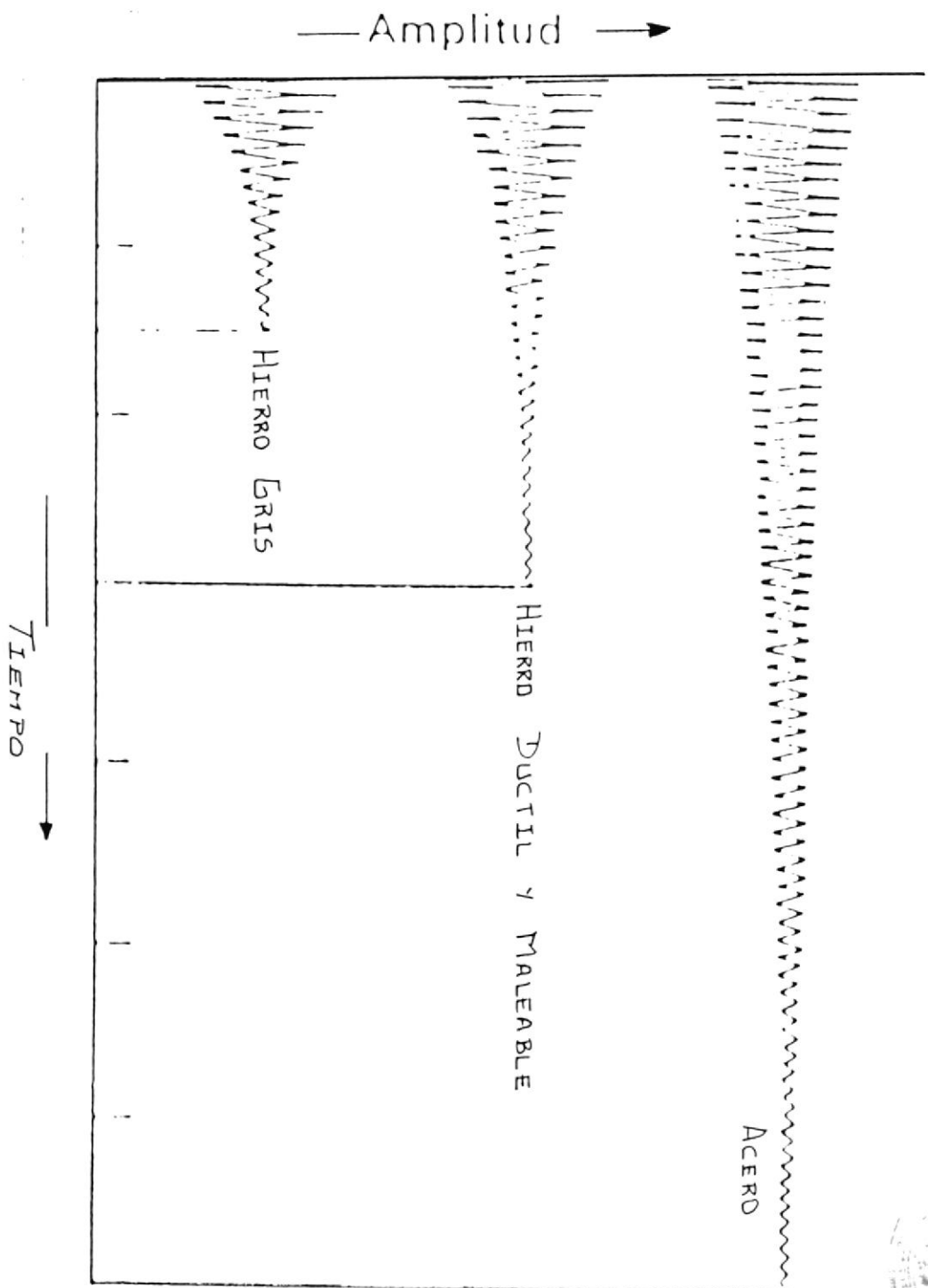


FIGURA 1

Capacidades de amortiguamiento
relativas

FACTOR DE SEGURIDAD	
ESPECIFICACION	EXPRESION
CAUALQUIER CICLO	$n_{\sigma} = \frac{\sigma_r}{\sigma_{MAX}}$
CICLO SIMETRICO	$n_{\sigma} = \frac{\sigma_r}{\sigma_{MAX}} = \frac{\sigma_i}{\sigma_a}$
CICLO ASIMETRICO, SEGUN EL LIMITE DE RESISTENCIA A LA FATIGA	$n_{\sigma} = \frac{\sigma_i}{(\sigma_a + \Psi_{\sigma} \cdot \sigma_m)}$
CICLO ASIMETRICO, SEGUN EL LIMITE A LA FLUENCIA	$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{FL}}{\sigma_a + \sigma_m}$
COEFICIENTE QUE CONSIDERA LA ASIMETRIA	$\Psi_{\sigma} = (2 \cdot \sigma_i - \sigma_a)$

COEFICIENTE QUE CONSIDERA LA ASIMETRIA						
TRES		35 - 55	55 - 75	75 - 100	100 - 120	120 - 140
		350 - 550	550 - 750	750 - 1000	1000 - 1200	1200 - 1400
LEXION Y TRACCION		0,00	0,05	0,10	0,20	0,25
ORSION		0,00	0,00	0,05	0,10	0,15

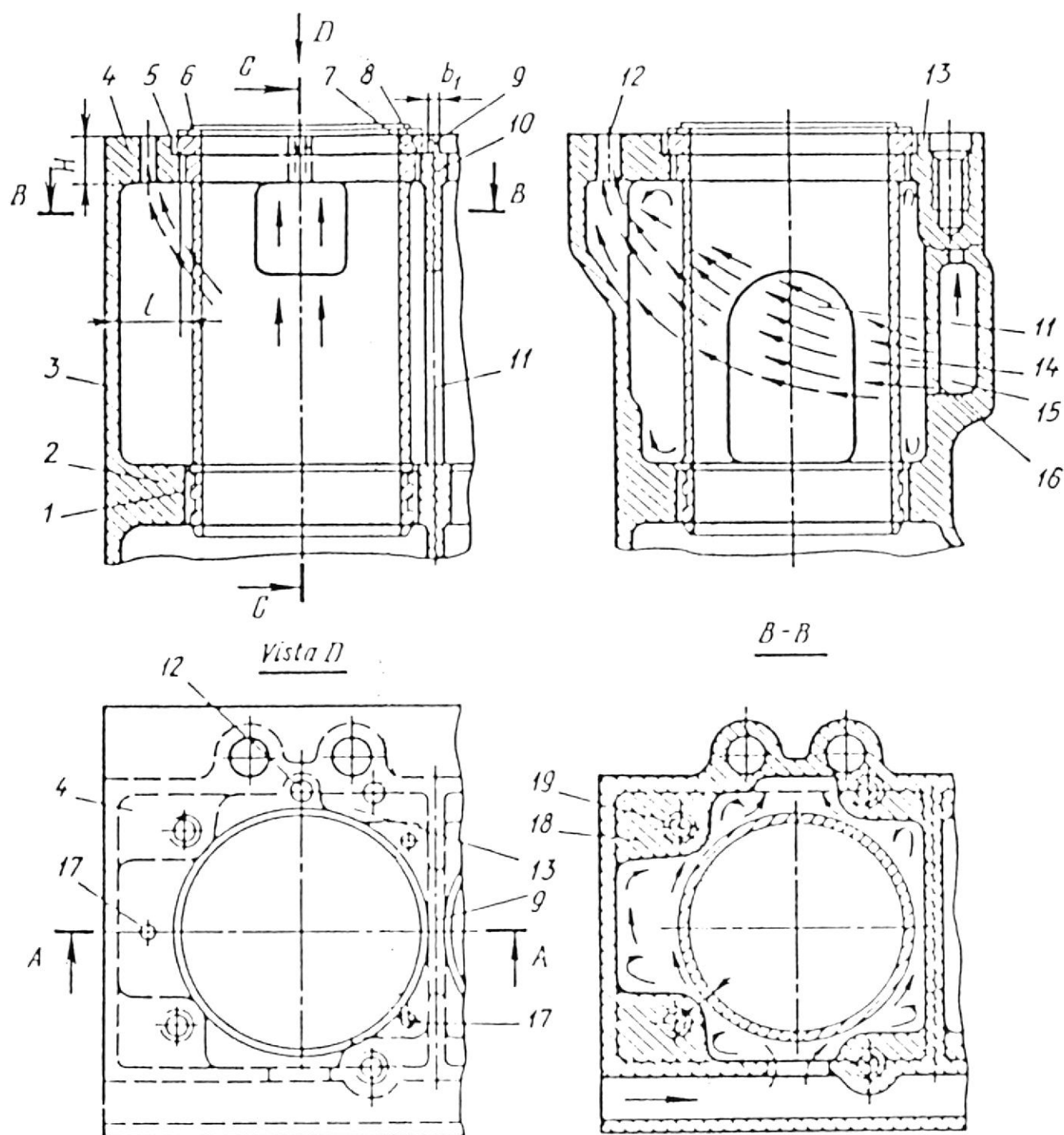


FIGURA 3

Camisa de cilindro para monobloque

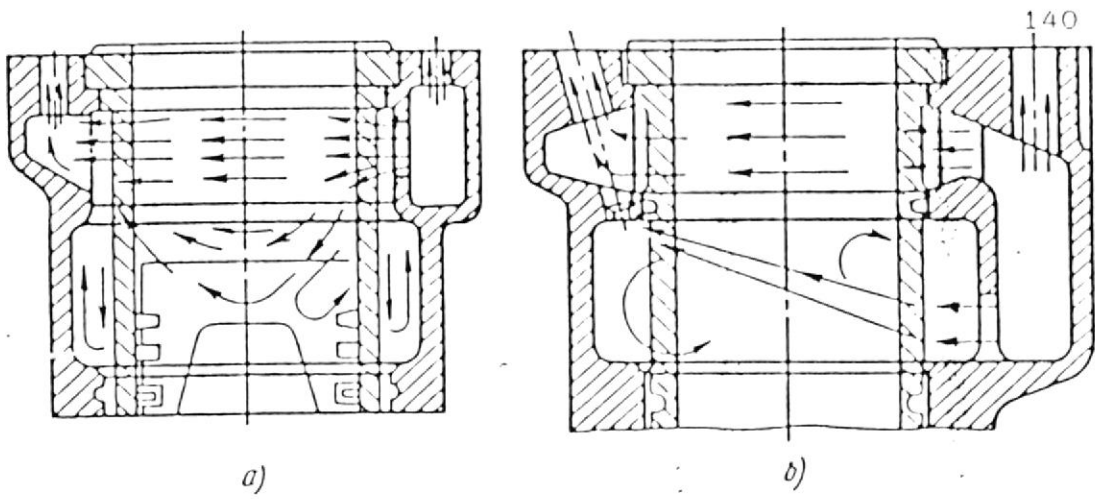


FIGURA 4

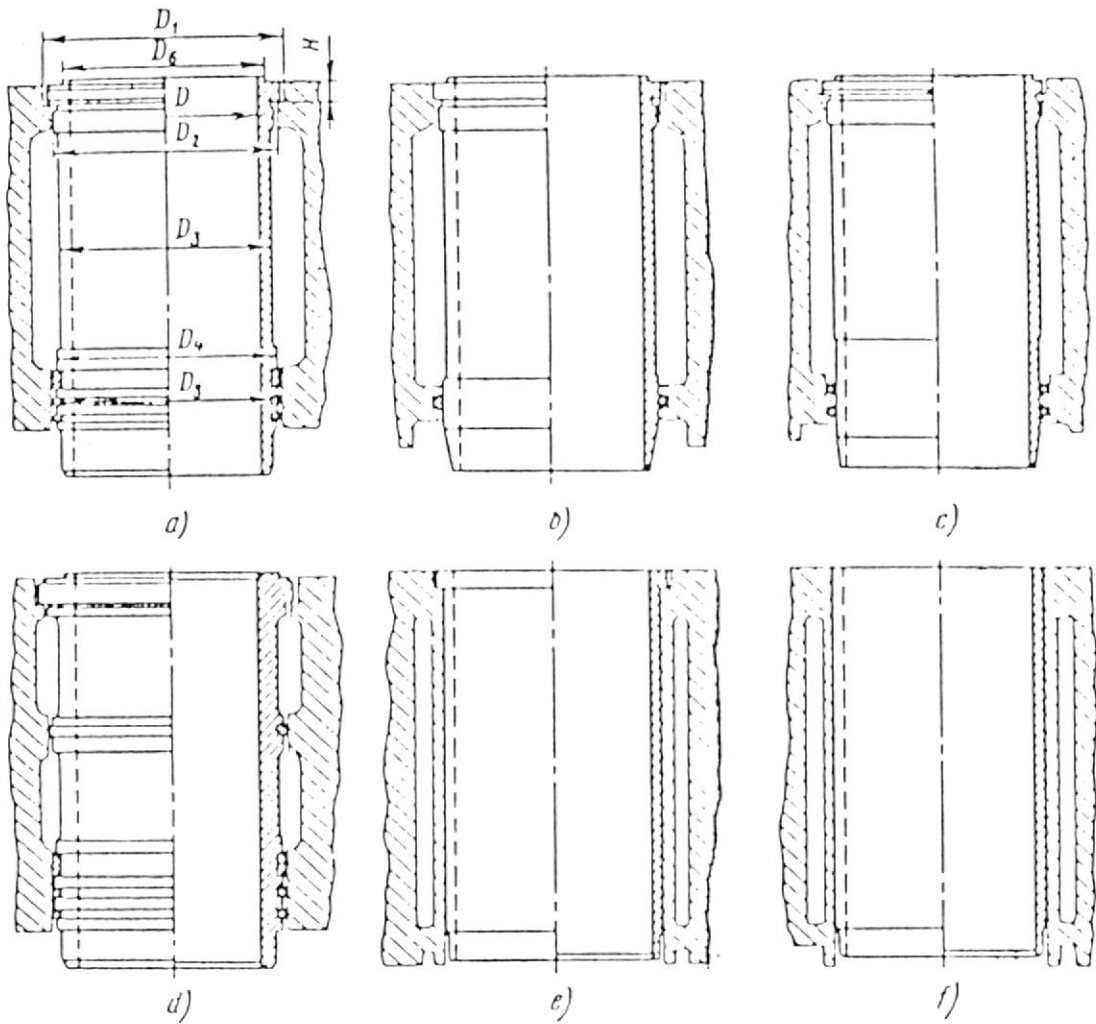


FIGURA 5

Camisas de cilindro para monobloques

TABLA 5

141

PARAMETROS ESTRUCTURALES DE LAS CAMISAS DE TIPO HUMEDO																
TIPO DE MOTOR (DESIGNACION)	D-240 D-260T	D-65N	UDT- 429	UDT- 573	555	V6-200	A-504- BDT	SMD- 14/18 20/22	SMD- 60	238- NB. 240 V.	A-41 A-01	A-85 90T	D-160	D-353	BS-3526- 1962 (G-B)	
TIPO DE CAMISA (SEGUN FIG.14)	B	B	D	D	A	A	A	C	A	A	A	D	A	A	A	C
DIAMETRO DEL RIBERE DE APOYO D1	115	115	115	115	112	113	111,4	113	120	118	118	122	119	116	120	118
ALTURA DEL RIBETE DE APOYO H	8,2	8,2	7,9	7,9	6,6	6,4	6	8,5	9,3	9,3	9,3	12,2	9,1	8,2	10,2	10,2
DIAMETRO DEL CINTU- RON SUPERIOR DE AJUSTE D2	115	115	115	115	112	113	111,4	113	120	118	118	122	119	116	120	118
DIAMETRO DE LA SUPERIFICE EXTERIOR D3	112	112	114... 110	114... 110	112	112	114... 110	112	115	115	115	114	115	123	115	114
DIAMETRO DEL CINTU- RON INFERIOR DE AJUSTE D4	114	114	113	113	110	109	110	111	116	116	116	116	116	114	118	111
DIAMETRO DE LA RANURA PARA EL ARO DE EMPAQUETADURA Dar	-	-	110	110	105	106... 105	107	-	111	113	113	112	110	109	112	-
OBSERVACION: LAS DIMENSIONES LINEALES ESTAN REFERIDAS AL DIAMETRO DE LA SUPERFICIE DE TRABAJO Y MULTIPLICADAS POR																

TABLA 6

RANGO DE COMPOSICIONES TIPICAS PARA HIERROS FUNDIDOS					
TIPO DE HIERRO	CARBONO	SILICIO	MANGANESO	AZUFRE	FOSFORO
BLANCO	1.80 - 3.60	0.50 - 1.90	0.25 - 0.80	0.06 - 0.20	0.06 - 0.20
MALEABLE	2.20 - 2.90	0.90 - 1.90	1.15 - 1.20	0.02 - 0.20	0.02 - 0.20
GRIS	2.50 - 4.00	1.00 - 3.00	0.20 - 1.00	0.02 - 0.25	0.02 - 1.00
DUCTIL	3.00 - 4.00	1.80 - 2.80	0.10 - 1.00	0.01 - 0.03	0.01 - 0.10
GRAFITO COMPACTADO	2.50 - 4.00	1.00 - 3.00	0.20 - 1.00	0.01 - 0.03	0.01 - 0.10

TABLA 7

CLASIFICACION ASTM E ISO DE LOS TIPOS DE GRAFITO		
ASTM (NORMA A247)	ISO ¹ NORMA ISO/R 945-1969	DESCRIPCION
I	VI	GRAFITO NODULAR (ESFEROIDAL)
II	VI	GRAFITO NODULAR (ESFEROIDAL) FORMADO IMPERFECTAMENTE
III	IV	AGREGADO, O CARBONO TEMPLADO
IV	III	CUASIOJUELA DE GRAFITO
V	II	GRAFITO EN FORMA DE CANGREJO
VI	V	NODULOS TIPO IRREGULAR O ABIERTO
VII	I	OJUELAS DE GRAFITO

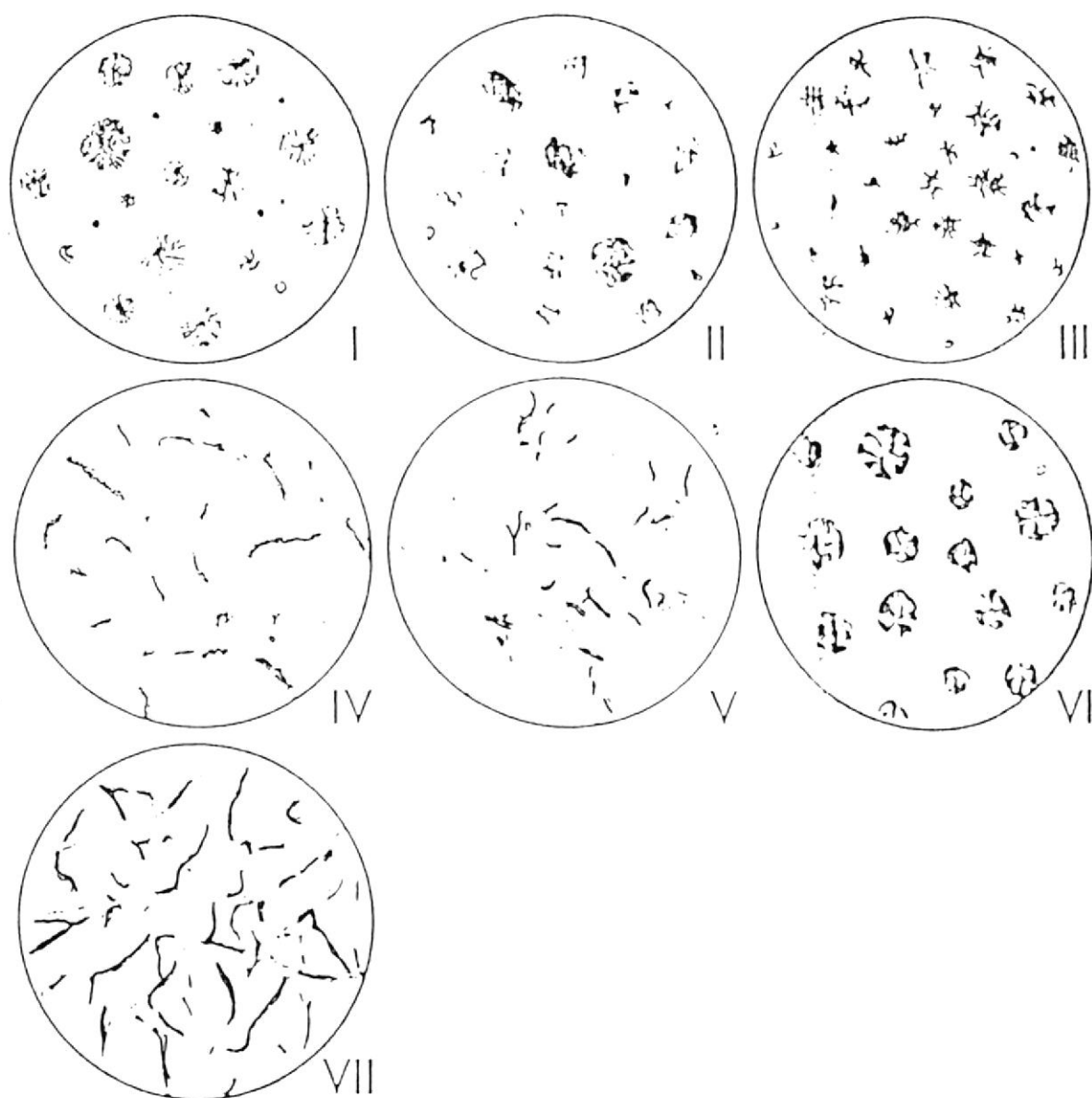


FIGURA 11

Las siete formas básicas que se presenta el grafito en los hierros fundidos.

SUBCLASIFICACION DEL GRAFITO EN FORMA DE OJUELAS TIPO VII	
CLASE	PROPIEDAD/APLICACION
A	ES PREFERIDO PARA LA MAYORIA DE APLICACIONES. ESTE TIPO EN TAMANO INTERMEDIO DE OJUELAS ES SUPERIOR A OTROS TIPOS EN CIERTAS APLICACIONES CON RESISTENCIA AL DESGASTE COMO EN LOS CILINDROS DE MOTORES DE COMBUSTION INTERNA.
B	ESTE TIPO ES TIPICO EN SECCIONES FINAS (< 3/8") DONDE EL ENFRIAMIENTO DEL METAL SE REALIZA RAPIDAMENTE.
C	LAS OJUELAS GRANDEZA DE TIPO C SON TIPICAS DE LOS HIERROS HIPEREUTECTOIDES. EL GRAN TAMANO DE OJUELAS HACE A ESTOS HIERROS RESISTENTES A GOLPES TERMICOS DEBIDO AL AUMENTO DE SU CONDUCTIVIDAD TERMICA Y AL DECRECIMIENTO DE SU MODULO DE ELASTICIDAD.
D	ESTE TIPO DE GRAFITO SE FORMA CERCA DE SUPERFISICA DE RAPIDO ENFRIAMIENTO. PROPORCIONA UN BUEN ACABADO DE MAQUILLADO
E	ESTE TIPO ES UNA FORMA INTERDENDRITICA. ESTA ASOCIADO CON UNA MATRIZ DE PERLITA PRODUCIENDO UNA FUNDICION CON BUENAS PROPIEDADES ANTE EL DESGASTE

Subclasificación del grafito en hojuelas tipo VII

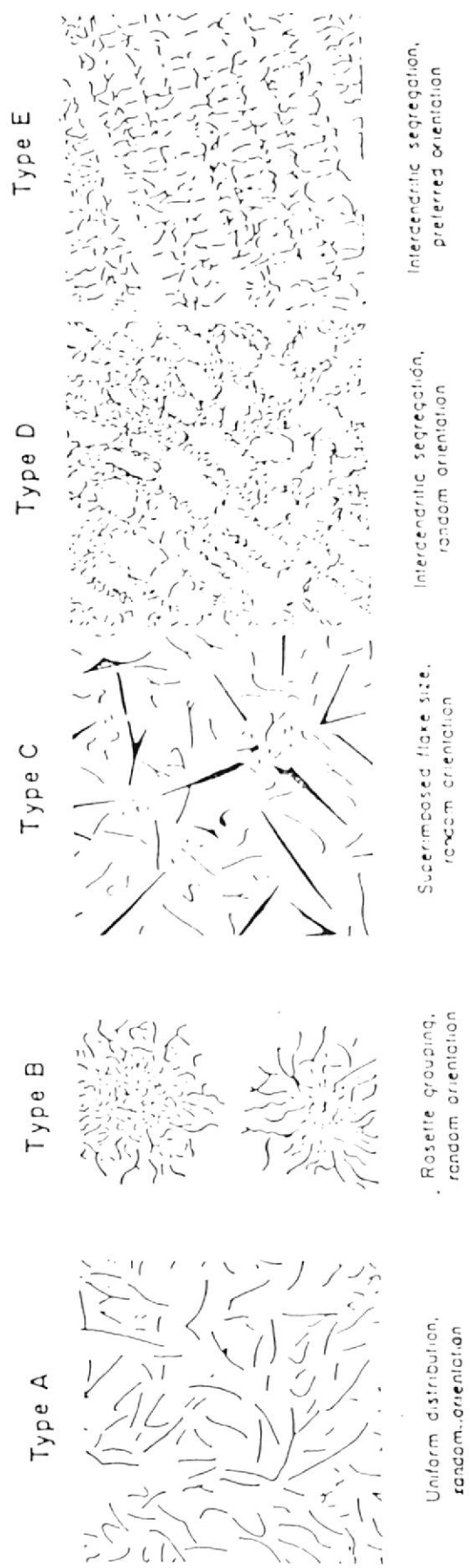


FIGURA 12

TABLA 9

<i>DESIGNACION</i>	<i>HIERRO DUCTIL</i>
SIGNO ABREVIADO	GGG
DENSIDAD	(7,1 A 7,3) Kg/dm ³
PUNTO DE FUSION	1400 ° C.
RESISTENCIA A LA TRACCION	(400 A 800) N/mm ²
ALARGAMIENTO	(15 A 2)%
CONTRACCION	(0 A 1)%
NORMA DIN	1693

TABLA 10

<i>DESIGNACION</i>	<i>HIERRO GRIS</i>
SIGNO ABREVIADO	GG
DENSIDAD	7,25 KG/dm ³
PUNTO DE FUSION	(1150 A 1250)°C
TEMPERATURA DE COLADA	APROXIMADAMENTE 1350°C
RESISTENCIA A LA TRACCION	APROXIMADAMENTE 1350°C
ALARGAMIENTO	(100 A 400)N/mm ²
CONTRACCION	CASI NULO
NORMA DIN	1692

TABLA 11









VARIAS PROPIEDADES DE LOS HIERROS Y LAS CLASES EN LAS CUALES ESTAS AUMENTAN					
CLASE	20	30	40	50	60
					TODAS LAS RESISTENCIAS 
					MEJOR ACABADO A TRAVEZ DE MAQUINADO 
					RESISTENCIA A CHOQUES DE CALOR
					RESISTENCIA A ELEVADAS TEMPERATURAS 
					CAPACIDAD DE AMORTIGUAMIENTO
					MODULO DE ELASTICIDAD 
					POSIBILIDAD DE SECCIONES DELGADAS
					RESISTENCIA AL DESGASTE 

TABLA 12

DESIGNACION	HIERRO CON GRAFITO COMPACTADO
SINO ABREVIADO	CG
RESISTENCIA A LA TRACCION	40 - 85.000 PSI
RESISTENCIA A LA FLUENCIA	30 - 60.000 PSI
CONTENIDO DE GRAFITO	(1 A 5)%



EFECTOS ESTRUCTURALES E INFLUENCIA DE LAS ADICIONES DE CIERTOS ELEMENTOS EN LOS MATERIALES FERREOS				
ELEMENTO DE ADICION	ELEVAN	REBAJAN	EFEECTO DURANTE SOLIDIFICACION	EFEECTO DURANTE
ARBONO	RESISTENCIA, DUREZA, TEMPLABILIDAD EN EL ACERO. COLABILIDAD EN EL HIERRO FUNDIDO Y LA FUNDICION DE ACERO.	PUNTO DE FUSION TENACIDAD, ALARGAMIENTO, SOLDABILIDAD Y FORJABILIDAD EN EL ACERO. RESISTENCIA EN EL HIERRO FUNDIDO		
ALUMINIO	ELASTICIDAD, RESISTENCIA, DUREZA EN CALIENTE, TEMPLABILIDAD A FONDO. RESISTENCIA A LA CORROSION EN EL ACERO. SEGREGACION DE GRAFITO Y RESISTENCIA A LA CORROSION EN EL HIERRO EN EL HIERRO FUNDIDO.	SOLDABILIDAD	FUERTE GRAFITIZADOR	PROMUEVE LA FORMACION DE FERRITA Y GRAFITO
BOFORO	RESISTENCIA EN CALIENTE EN EL ACERO. FRAGILIDAD AL AGUA EN LA FORJA DEL ACERO. FLUIDEZ PARA EL MOLDEO.	ALARGAMIENTO, TENACIDAD		
CROMO	FRAGILIDAD DE VIRUTAS, FRAGILIDAD EN CALIENTE AL FORJAR EL ACERO. VISCOCIDAD Y CONSISTENCIA EN EL HIERRO FUNDIDO	ALARGAMIENTO TERMICO (ACERO INVAR)		
CUIVRO	TENACIDAD, RESISTENCIA, RESISTENCIA AL CALOR, A LA CORROSION Y ELECTRICA, TEMPLABILIDAD A FONDO EN EL ACERO. RESISTENCIA EN EL HIERRO FUNDIDO.	FORJABILIDAD EN EL ACERO	GRAFITIZADOR.	BAJO PROMOTOR DE PERLITA.
COBALTO			FUERTE GRAFITIZADOR.	PROMUEVE LA FORMACION DE FERRITA Y GRAFITO.
COPRO			PROMOTOR MAS NO FORMADOR DE CARBUROS.	MUY DUCTIL ESTABILIZADOR DE PERLITA.
CROMO			GRAN FORMADOR DE CARBUROS.	GRAN FORMADOR DE PERLITA.
COBRE			SUAVE GRAFITIZADOR.	PROMUEVE LA FORMACION DE PERLITA.
COBALTO			SUAVE FORMADOR DE CARBUROS.	FORMADOR DE PERLITA
COBALTO			POCO EFECTO EN LAS CANTIDADES USADAS.	FUERTE ESTABILIZADOR DE PERLITA.
COBALTO			SUAVE FORMADOR DE CARBUROS.	GRAN FORMADOR DE PERLITA.
COBALTO			MUY FUERTE PROMOTOR DE CARBUROS, PERO NO ES UN ESTABILIZADOR.	MUY SUAVE ESTABILIZADOR DE PERLITA.
COBALTO			FUERTE FORMADOR DE CARBUROS	FUERTE FORMADOR DE PERLITA

Propiedades de los compuestos con matriz metálica.

TABLA 14

MATERIAL	CANTIDAD DE FIBRA DE REFUERZO EN %VOL	RESISTENCIA ESPECIFICA en Nm/kg	MODULO ESPECIFICO en Nm/kg
Al-Li	60	20000	$7.59 \cdot 10^{-7}$
Ti-6Al	35	45337	$7.77 \cdot 10^{-7}$
Mg/carbon	38	28336	
Al/carbon	30	28163	$6.53 \cdot 10^{-7}$
Si C	100	78431	$1.57 \cdot 10^{-8}$
Al2 O3	100	50000	$1.175 \cdot 10^{-8}$
Al/boron	50	56604	$7.92 \cdot 10^{-7}$
Al/Si C	50	8803	$1.092 \cdot 10^{-8}$

Diversas combinaciones matriz-dispersoide en los compuestos con matriz metálica.

TABLA 15

MATRIZ	DISPERSOIDE	TAMAÑO EN μm	CANTIDAD EN %
Aluminio	Ojeas de Grafito	20-60	0.9-0.815
Aluminio	Granulos de Grafito	15-100	1-8
Aluminio	Micro bolitas de carbon	40	***
Aluminio	Particulas de Alumina	3-200	3-30
Aluminio	Carburo de Silicio	16-120	3-20
Aluminio	Mica	40-180	3-10
Aluminio	Silica	5-53	5
Aluminio	Zirconio	40	0-30
Aluminio	Particulas de vidrio	100-150	8
Aluminio	Arena	75-120	36% Vol.
Cobre	Grafito	***	***
Acer o	Micro bolitas de grafito	***	***
Acer o	Dióxido de Cerio	10	***

Aplicaciones y características de los compuestos con matriz metálica.

TABLA 16

COMPUESTO	APLICACIONES	CARACTERISTICAS
Aluminio/Grafito	Engranajes	Más económico, más liviano propiedades lubricantes
Aluminio/Grafito/Si C	Pistones y Cilindros de automotores	Reduce el desgaste y mejora la eficiencia
Cobre/Grafito	Contactos Electricos	Excelente conductividad
Aluminio/Si C	Impeller para turbocargadores	Uso a elevada temperatura
Magnesio/Fibra de Carbon	Estructuras espaciales	Resistencia a elevadas temperaturas
Aluminio/Zircon	Herramientas de corte	Dureza, resistencia a la abrasión

TABLA 18

 COMPONENTES ↓ HIERRO	PORCENTAJES					
	CT CARBONO TOTAL	C CARBONO	Mn MANGA- NESO	Si SILICO	P FOSFORO	S AZUFRE
HIERRO BLANCO		1.8 - 3.6	0.25 - 0.8	0.5 - 1.9	0.06 - 0.2	0.06 - 0.2
HIERRO MALEABLE		2.2 - 2.9	0.15 - 1.2	0.9 - 1.9	0.02 - 0.2	0.02 - 0.2
HIERRO GRIS		2.5 - 4.0	0.2 - 1.0	1.0 - 3.0	0.02 - 1.0	0.02 - 0.25
HIERRO DUCTIL		3.0 - 4.0	0.1 - 1.0	1.8 - 2.8	0.01 - 0.1	0.01 - 0.03
HIERRO CON GRAFITO COMPACTADO		2.5 - 4.0	0.2 - 1.0	1.0 - 3.0	0.01 - 0.1	0.01 - 0.03
SAE G1800 (ESTRUCTURA FERRITICO-PERLITICO)	3.40 - 3.70		0.50 - 0.80	2.80 - 2.30	0.15	0.15
SAE G2500 (ESTRUCTURA FERRITICO-PERLITICO)	3.20 - 3.50		0.60 - 0.90	2.40 - 2.00	0.12	0.15
SAE G3000 (ESTRUCTURA PERLITICA)	3.10 - 3.40		0.60 - 0.90	2.30 - 1.90	0.10	0.15
SAE G3500 (ESTRUCTURA PERLITICA)	3.00 - 3.30		0.60 - 0.90	2.20 - 1.80	0.08	0.15
SAE G4000 (ESTRUCTURA PERLITICA)	3.00 - 3.30		0.70 - 1.80	2.10 - 1.80	0.07	0.15
SAE G2500 a (ESTRUCTURA PERLITA LAMINAR CON < 15% DE FERRITA LIBRE, GRAFITO TIPO A TAMAÑO 2-4).	3.40 MIN		0.60 - 0.90	1.60 - 2.10	0.12	0.12
SAE G3500 b (ESTRUCTURA PERLITA LAMINAR CON < 5% DE FERRITA LIBRE b, GRAFITO TIPO A TAMAÑO 3-5).	3.40 MIN		0.60 - 0.90	1.30 - 1.80	0.08	0.12
SAE G3500 c (ESTRUCTURA PERLITA LAMINAR CON < 5% DE FERRITA LIBRE b, GRAFITO TIPO A TAMAÑO 3-5).	3.40 MIN		0.60 - 0.90	1.30 - 1.80	0.08	0.12
SAE G3500 c (ALEACION DE HIERRO GRIS ESTRUCTURA DE CARBUROS 3N MATRIZ DE PERLITA FINA. GRAFITO TIPO A ó E TAMAÑO 4-7)	3.10 - 3.60		0.60 - 0.90	1.95 - 2.40	0.07	0.12
CLASE 20	3.40 - 3.60			2.30 - 2.50		
CLASE 30	3.10 - 3.30			2.10 - 2.30		
CLASE 40	2.95 - 3.15			1.70 - 2.00		
CLASE 50	2.70 - 3.00			1.70 - 2.00		
CLASE 60	2.50 - 2.85			1.90 - 2.10		

ABLA 19

AMISAS	ELEMENTOS EN PORCENTAJES							
	CARBONO CT	SILICIO C	MANGANESO Mn	AZUFRE S	FOSFORO P	CROMO Cr	TITANIO Ti	VANADIO V
# 1	2.95	1.86	0.56	< 0.07	< 0.10			
# 2	2.65	1.23	0.64	< 0.10	< 0.10			
# 3	2.75	1.31	0.80	< 0.03	< 0.13			
# 4	3.11	1.51	0.60	< 0.06	< 0.05			
# 5	3.00	1.77	0.77	< 0.03	< 0.10			
# 6	3.40	1.90	0.60	< 0.12	< 0.20	0.20	0.10	0.25
# 7	3.20	1.70	0.80	< 0.12	< 0.20	0.20	0.10	0.25
# 8	3.10	1.50	1.00	< 0.12	< 0.20	0.20	0.10	0.25
# 9	3.20	1.30	0.90	< 0.10	< 0.30	0.20	0.10	0.25
# 10	3.10	1.30	0.80	< 0.11	< 0.40			
# 11	3.10	1.30	0.80	< 0.11	< 0.40			
# 12	3.10	0.90	0.80	< 0.11	< 0.40			
# 13	3.10	0.85	0.80	< 0.11	< 0.40			
# 14	3.30	0.85	0.80	< 0.12	< 0.10		0.05	0.20

FACTORES QUE INFLUENCIAN EN LA SELECCION ADECUADA DE LA ALEACION DE ALUMINIO

FACTORES	PROPIEDAD/CARACTERISTICA
CARACTERISTICAS DE LA ALEACION NECESARIAS PARA EL PROCESO SELECCIONADO	<ul style="list-style-type: none"> a) FLUIDEZ b) RESISTENCIA AL GOTEO EN CALIENTE c) RANGO DE SOLIDIFICACION
CONSIDERACION DE DISEÑO DE LA FUNDICION	<ul style="list-style-type: none"> a) RANGO DE SOLIDIFICACION b) RESISTENCIA DE GOTEO EN CALIENTE c) FLUIDEZ d) SOLDADURA AL TROQUEL
REQUERIMIENTOS EN CUANTO A PROPIEDADES MECANICAS	<ul style="list-style-type: none"> a) RESISTENCIA Y DUCTILIDAD b) TRATAMIENTO TERMICO c) DUREZA
REQUERIMIENTOS DE SERVICIO	<ul style="list-style-type: none"> a) CARACTERISTICAS DE SELLADO ANTE PRESION b) RESISTENCIA A LA CORROSION c) TRATAMIENTOS SUPERFICIALES d) ESTABILIDAD DIMENSIONAL e) ESTABILIDAD TERMICA
CONSIDERACIONES ECONOMICAS	<ul style="list-style-type: none"> a) MAQUINIBILIDAD b) SOLDABILIDAD c) COSTO DE FUSION d) TRATAMIENTO TERMICO

NORMALIZACION DE LAS PRINCIPALES FUNDICIONES DE ACERO

ESPECIFICACION	CLASE ó GRADO	RESISTENCIA A LA TENSION [KPSI]	LIMITE ELASTICO [KPSI]	ELONGACION %	REDUCCION EN AREA [MINIMO %]	DUREZA Bhn	RESTRICCION QUIMICA PORCENTAJE BASICO	
							C	Mn
ESPECIFICACION FEDERAL QQ-5-681	2	65	35	20	30	...	0.35	0.70
	3	80	40	17	25	...	0.50	...
	4A1	75	40	24	35	...	...	...
	4A2	85	53	22	35	...	...	...
	4B1	85	55	22	40	...	...	...
	4B2	90	60	22	45	...	...	...
	4B3	100	65	17	30	...	...	...
	4C1	90	65	20	45	...	...	...
	4C2	105	85	15	30	...	...	...
	4C3	120	100	12	30	...	...	...
4C4	150	125	10	25	...	...	...
ASTM A27-58	N-1	...	...	...	...	...	0.25	0.75
	N-2	...	...	...	...	...	0.35	0.60
	N-3	...	...	...	...	...	...	1.00
	U-60-30	60	30	22	30	...	0.25	0.75
	60-30	60	30	24	35	...	0.30	0.60
	65-30	65	30	20	30	...	...	...
	65-35	65	35	24	35	...	0.30	0.70
	70-36	70	36	22	30	...	0.35	0.70
	70-40	70	40	22	30	...	0.25	1.20
ASTM A148-58	80-40	80	40	18	30	...	...	...
	80-50	80	50	22	35	...	...	...
	90-60	90	60	20	40	...	...	...
	105-85	105	85	17	35	...	...	...
	120-95	120	95	14	30	...	...	...
	150-125	150	125	9	22	...	...	...
	175-145	175	145	6	12	...	...	...
SAE	0022	...	...	...	...	...	0.12 a 0.22	0.50 a 0.90
	0030	65	35	24	35	131	0.30	0.70
	0050	80	45	16	24	170	0.40 a 0.50	0.50 a 0.90
	0050	100	70	10	15	207	0.40 a 0.50	0.50 a 0.90
	080	80	40	18	30	163	...	...
	090	90	60	20	40	187	...	...
	0105	105	85	17	35	217	...	...
	0120	120	100	14	30	248	...	...
	0150	150	125	9	22	311	...	...
	0175	175	145	6	12	363	...	...
	HA	...	...	...	...	...	0.25 a 0.34	...
	HB	...	...	...	...	...	0.25 a 0.34	...
	HC	...	...	...	...	...	0.25 a 0.34	...

SUMARIO DE LAS ESPECIFICACIONES Y REQUERIMIENTOS DE LAS FUNDICIONES DE ACERO

GRUPO	CLASE ó GRADO	TRATAMIENTO TERMICO	RESISTENCIA A LA TENSION [KPSI]	LIMITE ELASTICO [KPSI]	REDUCCION EN AREA [MINIMO %]	ELONGACION %	DUREZA Bhn
ACEROS AL CARBONO	60	R	63	35	54	30	131
	65	N	68	38	48	28	131
	70	N	75	42	45	27	143
	80	NT	82	48	40	23	163
	85	NT	90	55	38	20	179
	100	QT	205	75	41	19	212
ACEROS DE BAJA ALEACION	65	NT	68	38	55	32	137
	70	NT	74	44	50	28	143
	80	NT	86	54	46	24	170
	90	NT	95	65	44	20	192
	105	NT	110	91	48	21	217
	120	QT	128	112	38	16	262
	150	QT	158	142	30	13	311
	175	QT	179	160	25	11	352
ACEROS ALEADOS RESISTENTES A LA CORROSION	CA 15	AC, T	115	100	55	22	225
	CA 40	AC, T	150	125	30	10	310
	CB 30	AC	95	60	...	15	195
	CC 50	AC	97	65	...	18	210
	CE 30	WQ	97	63	...	18	190
	CF 3	WQ	77	36	...	60	140
	CF 8A	WQ	85	45	...	50	156
	CF 20	WQ	77	36	...	50	163
	CF 3M	WQ	80	38	...	55	150
	CF 8C	WQ	77	38	...	39	149
	CG 8M	WQ	82	44	...	45	176
	CF 8C	WQ	77	38	...	39	149
	CF 16F	WQ	77	40	...	52	150
	CG 8M	WQ	82	44	...	45	176
	CH 20	WQ	88	50	...	38	190
	CK 20	WQ	76	38	...	37	144
	CN 7M	AC, T	69	31	...	48	130
	CA 6NM	WQ	120	100	60	24	269
	CF 3A	WQ	87	42	...	50	160
	CF 3MA	WQ	90	45	...	45	170
CB 7 Cu	OQ, A	190	170	54	14	400	

TABLA 25

157

CUALIDADES SUPERFICIALES						ACABADOS Y APLICACION DE ESTADOS SUPERFICIALES																					
SIGNO	ESTADO O CALIDAD SUPERFICIAL		UNIFORMIDAD	AISLADO	TOLERANCIA FUNDAMENTAL	EXIGENCIAS DE LA CALIDAD SUPERFICIAL	POSIBLE EJECUCION POR													APLICACIONES							
	RUGOSIDAD	CALIDAD					SUPER-CABADO	LAPEADO		RECTIFICADO		BROCHADO		MANDRINADO	TALADRADO	FRESADO		CEPILLADO			TORNEADO						
	hm	H					FINO	FINO NORMAL	ACABA-DO	DESBAS-TADO	FINO NORMAL	FINO NORMAL	MEDIO	BASTO	ACABA-DO	DESBAS-TADO	ACABA-DO	DESBAS-TADO	FINISI-MO	NORMAL	DESBAS-TADO	A UTILIZAR PARA					
WWW	0.04		MUY BUENA	MUY BUENO	A FIJAR SEGUN LOS CASOS	FINES ESPECIALES	||	||															SUPERFICIE DE MEDICION DE LOS CALIBRES DE DESLIZAMIENTO ALTAMENTE FATIGADOS AJUSTES DE PRESION NO DESMONTABLES				
	0.06						||	||																			
	0.1						||	||																			
	0.15						||	||																			
VV	0.25	1.5 A 10	MUY BUENA	BUENO	IT-5	ALTA EXIGENCIA			||	||													SUPERFICIES DE DESLIZAMIENTO MUY FATIGADAS AJUSTES DE PRESION DESMONTABLES				
	0.4																										
	0.6							IT-7	EXIGENCIA MEDIA					||	||										PIEZAS FATIGADAS POR FLEXION Y TORSION AJUSTES DE DESLIZAMIENTO Y PRESION		
	1																										
1.6																											
V	2.5	15 A 60	BUENA	BUENO	IT-8	POCA EXIGENCIA																	AJUSTES DE REPOSO EN TRANSMISION DE FUERZA AJUSTES LIGEROS DE PRESION DE ACERO SUPERFICIES DE DESLIZAMIENTO POCO FATIGADAS SUPERFICIES SIN MECANIZAR DE PIEZAS PRENSADAS DE PRESION				
	4																										
	6							IT-9																			
	10																										
V	25	<150	BUENA	DEFICIENTE	IT-10	SIN EXIGENCIA PARTICULAR																SUPERFICIES DESBASTADAS SUPERFICIES SIN MECANIZAR DE PIEZAS PRENSADAS Y FORJA DE PRESION FUNDICION A PRESION					
-	63	<375	DEFICIENTE	DEFICIENTE	--	EN BRUTO ESMERADA																CASCARA DE FUNDICION COLADA EN ARENA PIEZAS ESTAMPADAS Y DE FORJA LIBRE					
	---	375 A 600	DEFICIENTE	MUY DEFICIENTE	--	EN BRUTO																PIEZAS FUNDIDAS O FORJADAS					

CONCUERDA CON LA NORMA UNE 1037 Y CON EL PROYECTO DIN 4763/64

TABLA 26

NORMAS SOBRE CRECES DE MECANIZADO											
PESO DE LA PIEZA [KG]	HIERRO FUNDIDO				ACERO MOLDEADO				BRONCE Y ALEACIONES NO FERREAS		
	100	100 A 1000	> 1000	> 10000	50	50 A 500	> 500	> 2000	10	10 A 50	> 50
PARTE ALTA [mm]	8	10	15	20	8	12	16	18	6	8	10
PAREDES VERTICALES [mm]	5	6	8-10	16	6	8	12	12	4	5	6
PARTE ALTA [mm]	4	5	8	12	6	8	10	10	3	5	6

TOLERANCIAS DIMENSIONALES PARA CILINDROS FUNDIDOS

DIMENSION MAXIMA DEL CILINDRO [PULG]	TOLERANCIA DEL CILINDRO EXTRAIDO POR MOLDE [PULG]	DIAMETRO INTERIOR DEL CILINDRO [PULG]	TOLERANCIA DE MAQUINADO [PULG]	DIAMETRO INTERIOR DEL CILINDRO [PULG]	TOLERANCIAS DEL CILINDRO ACABADO [PULG]
8	$\pm 1/32$	4	0.12 a 0.20	12	1/64 a 1/32
14	$\pm 3/64$	4 hasta 8	0.12 a 0.24	24	1/32 a 1/16
18	$\pm 1/16$	8 hasta 12	0.20 a 0.32	48	1/16 a 1/8
24	$\pm 5/64$	12 hasta 20	0.25 a 0.40	96	1/8 a 3/16
30	$\pm 3/32$				
36	$\pm 1/8$				

Colocacion de
probetas para
ensayos
metalograficos.

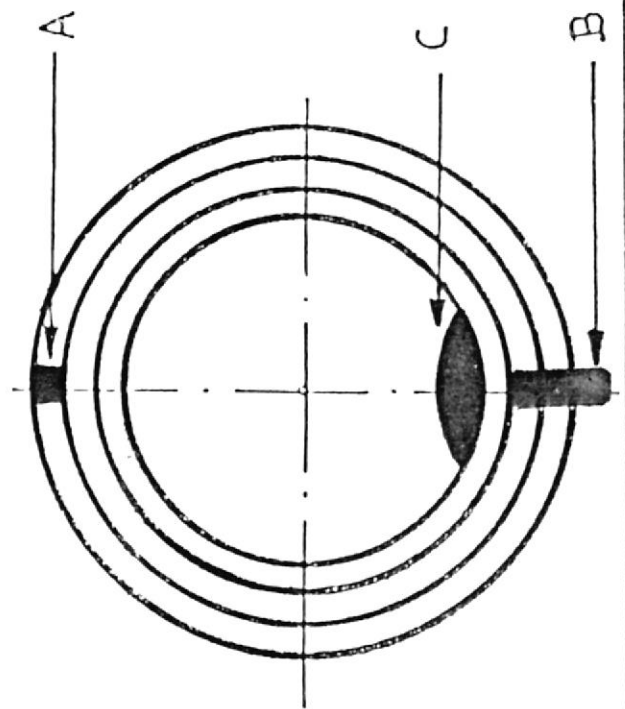
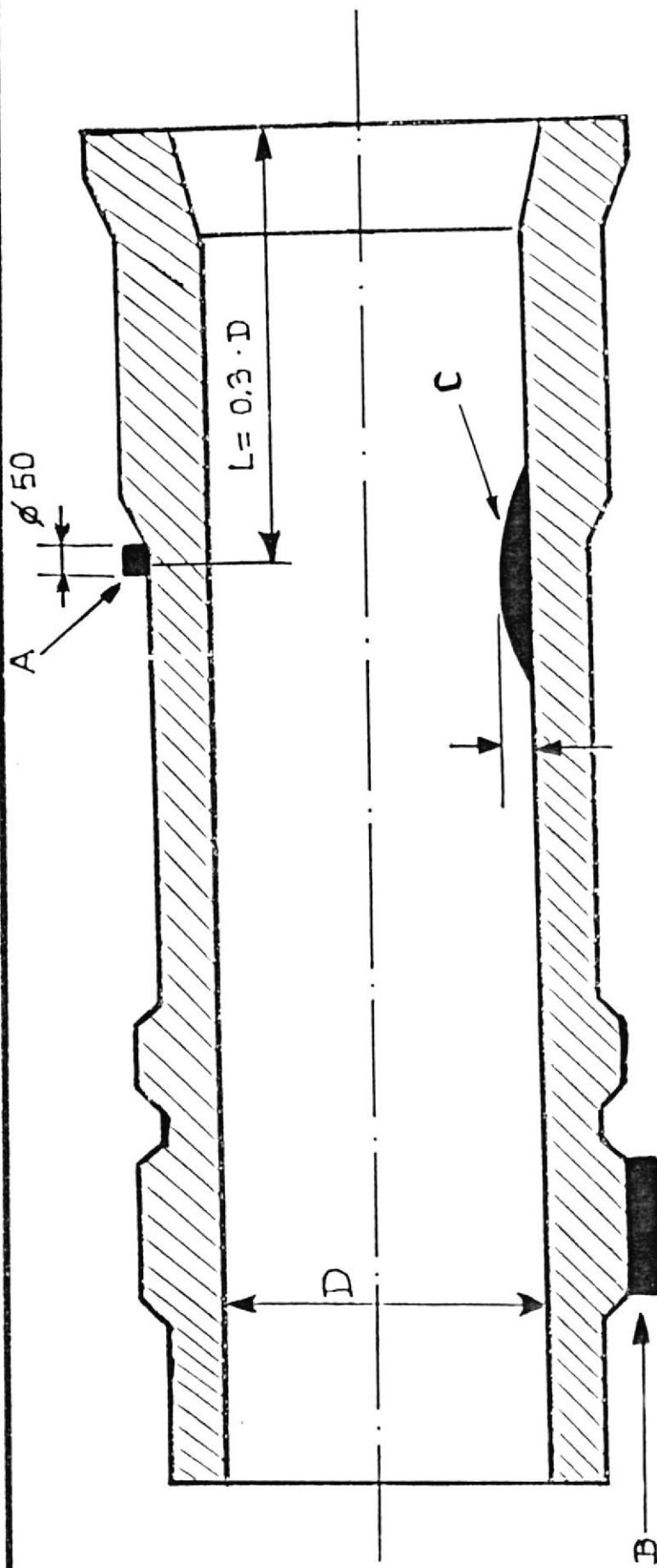
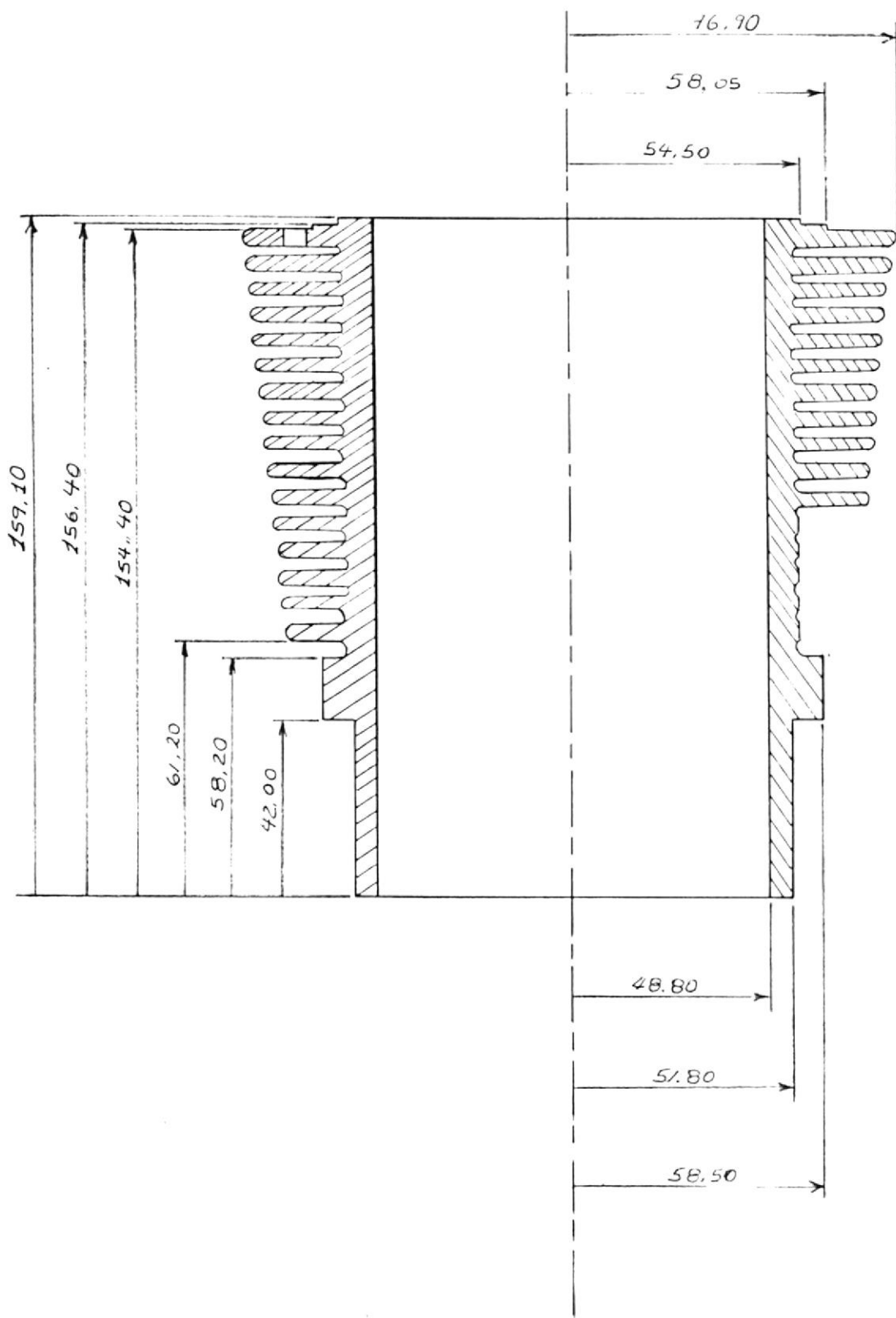


FIGURA 19

CORTE AA'

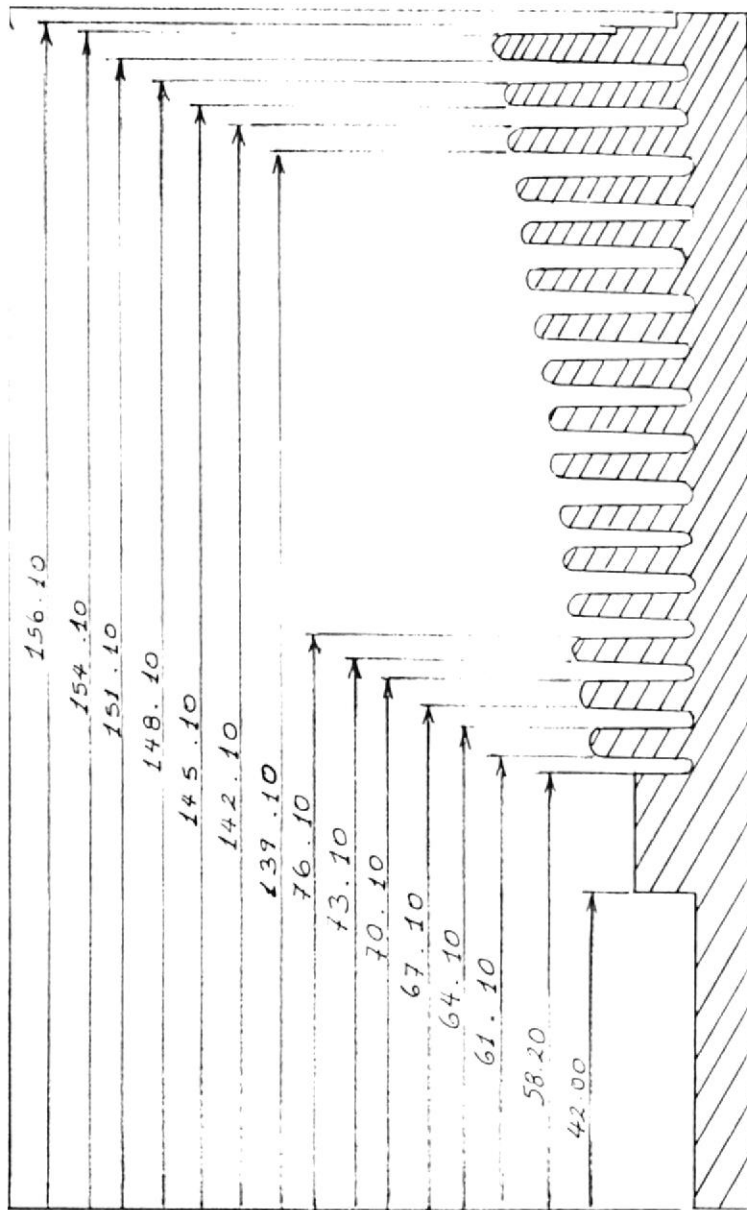
160



C.I.T.D. ESPOL

VISTA FRONTAL

FIGURA 21



161

ESPOL	C.I.T.D.	ESPOL
	corte BB'	
	mitad izquierda	

espesor de aleta $\underline{\quad 3.00 \text{ mm.}}$

espacio libre entre aletas $\underline{\quad 3.00 \text{ mm.}}$

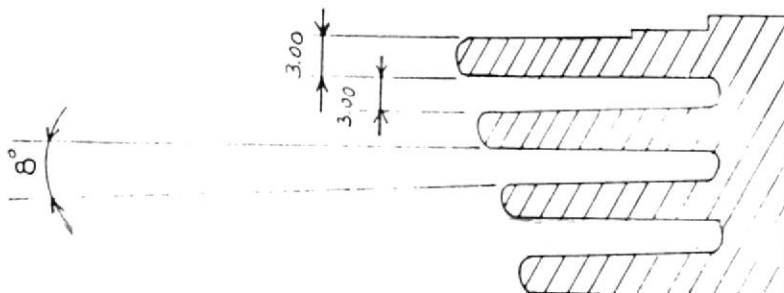
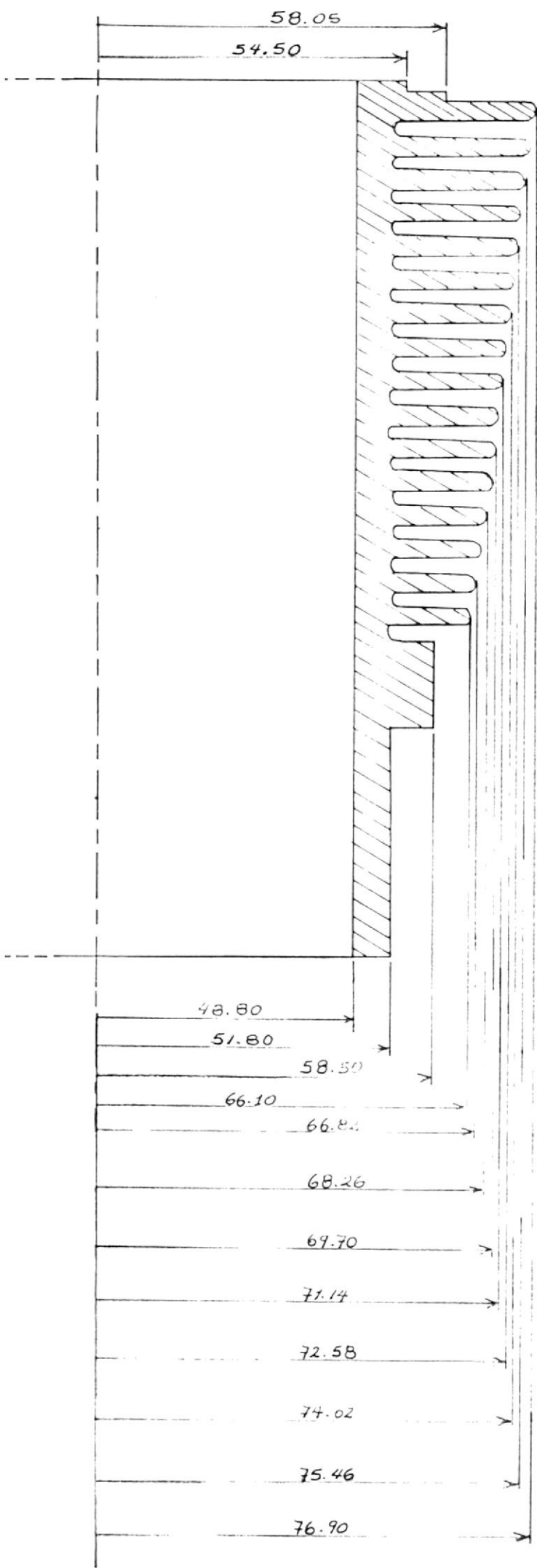


FIGURA 22



162

ESPOL	
C.I.T.D.	corte BB' mitad derecha

FIGURA 23

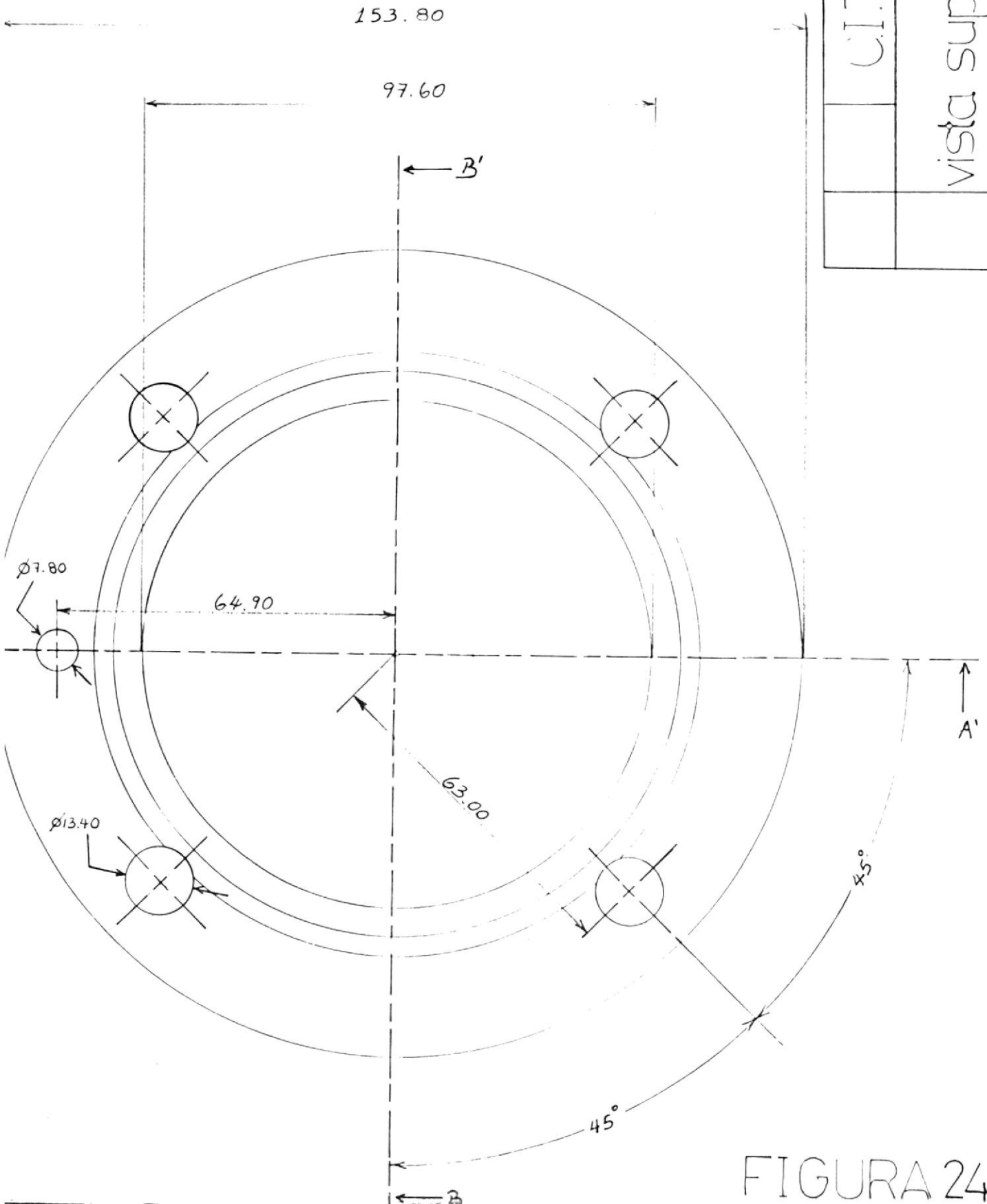


FIGURA 24

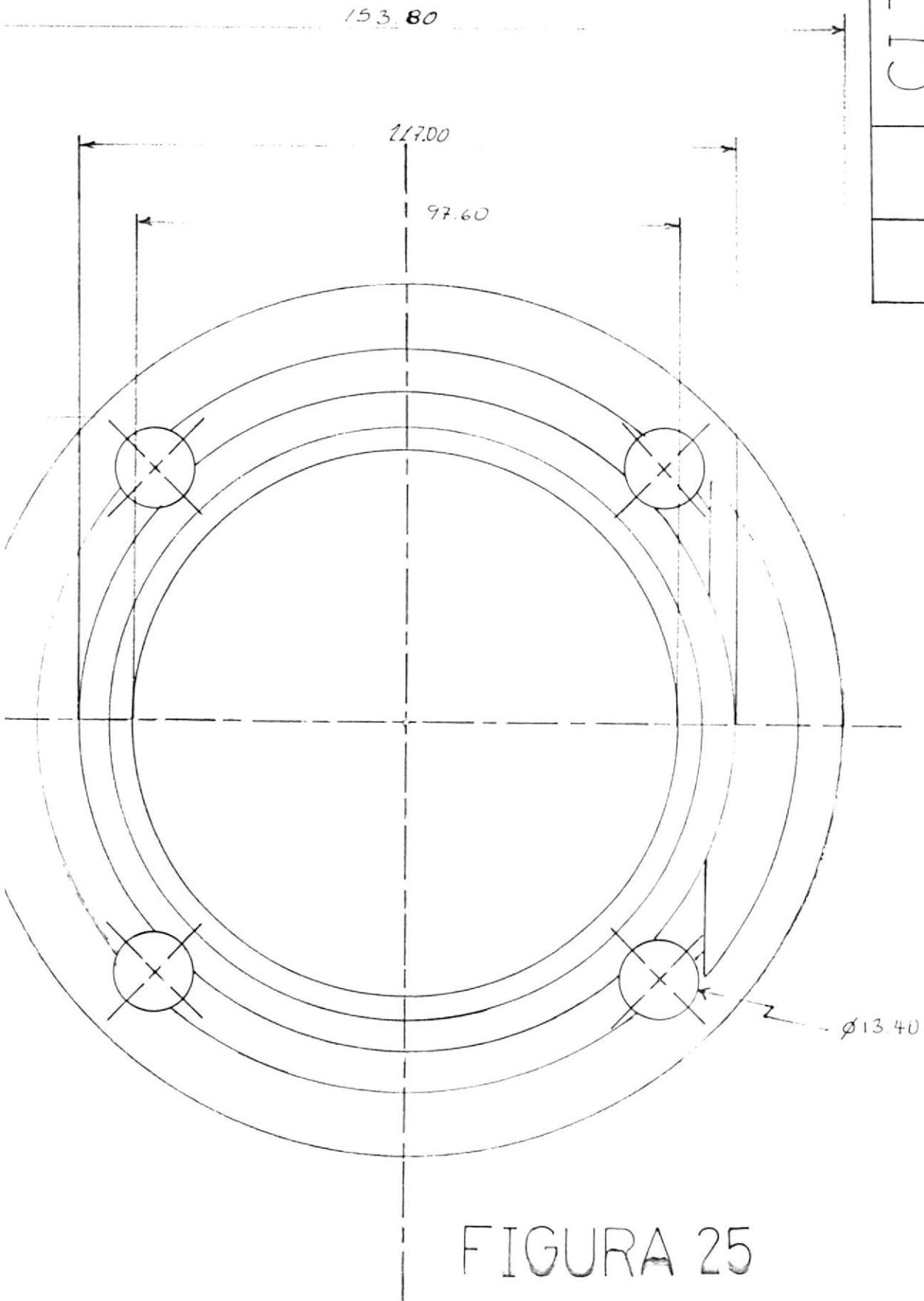


FIGURA 25

ESPOL	
C.I.T.D.	vista inferior

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

1. B. A. Vsórov, Manual de Motores Diesel para Tractores, (1ª traducción al español; Moscú: Mir, 1986).
2. G. Franche-D. Séférian, Practica de la Soldadura Autogena, (1ª edición; México: G.Gili, 1978).
3. Jose Maria Lasheras y Estevan, Tecnología del Acero, (3ª edición; Barcelona: CEDEL, 1978).
4. H. Gerschler, Tecnología del Automovil, (1ª edición; Barcelona: Reverté, 1985).
5. Charles F. Walton, Iron Castings Handbook, (1ª edición; USA: The Iron Castings Society, 1981).
6. ASM INTERNATIONAL, Metals Handbook Volume 15, (novena edición, Ohio: ASM INTERNATIONAL Handbook Committee, 1988).
7. James P. LaRue, Basic Metalcasting, (1ª edición; Illinois: The American Foundrymen's Society, 1989).

8. H. Gerling, Alrededor de las Máquinas-Herramienta, (3ª edición; Barcelona: Reverté, 1985).
9. ASM INTERNATIONAL, Metals Handbook Volume 1, (novena edición, Ohio: ASM INTERNATIONAL Handbook Committee, 1988).
10. Cevallos Freddy, Maquinas de Combustión Interna, (1ª edición, Guayaquil: Escuela Superior Politecnica del Litoral, 1974).
11. Campbell John, Castings, (1ª edición, London: Reed International Books, 1991).
12. ASM INTERNATIONAL, Metals Handbook Volume 5, (octava edición, Ohio: ASM INTERNATIONAL Handbook Committee, 1988).
13. Serrano Omar, Introducción a los Ensayos No Destructivos, (1ª edición, Guayaquil: Escuela Superior Politecnica del Litoral, 1986).
14. CENAIM, Moldeo de Camisas, (1ª edición, Madrid: Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas, 1985).