



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica

“Construcción de Moldes para la producción
de Utensilios Domésticos de gran tamaño”

Informe Técnico

**Previa a la obtención del Título de
INGENIERO MECANICO**

Presentado por:

MARCELO GERARDO AREVALO GUAÑA

Guayaquil - Ecuador

1991

AGRADECIMIENTO

Al Ing. ERNESTO MARTINEZ,
Director de Informe Técnico por
su invaluable apoyo.

DEDICATORIA

A mi MADRE

A mi ESPOSA

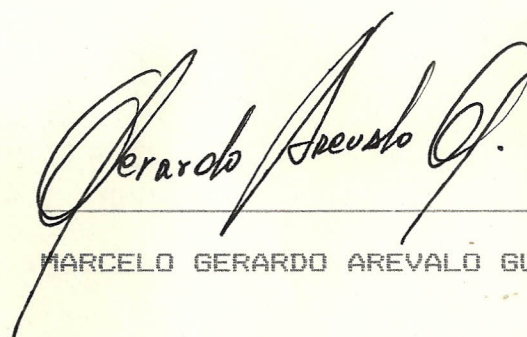
A mis HERMANOS

DECLARACION EXPRESA

Declaro que:

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

(Reglamento de Graduación mediante la elaboración de Informes Técnicos)



MARCELO GERARDO AREVALO GUERRA



ING. NELSON CEVALLOS

DECANO

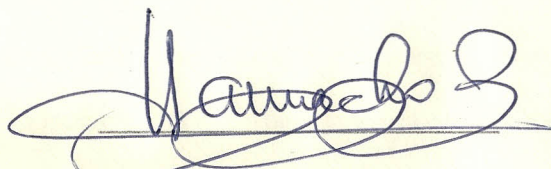
FAC. ING. MECANICA



ING ERNESTO MARTINEZ

DIRECTOR

INFORME TECNICO



ING. FEDERICO CAMACHO

MIEMBRO TRIBUNAL

RESUMEN

Llamazul es una empresa procesadora de aluminio, en donde se producen utensilios domésticos, por el método de modelado a torno, (repujado).

La empresa sintió la necesidad de producir nuevos productos menos competitivos y de mayor utilidad, decidiéndose por la producción de ollas de aluminio de gran tamaño, para este propósito era necesario adquirir nuevos moldes de repujado y matrices, ya que los moldes existentes no servían para el mismo.

Los artículos que la empresa decidió producir fueron ollas de aluminio ovaladas desde el tamaño No. 34 hasta la olla No. 40, que tienen 34 cms. y 40 cms. en la boca de la olla respectivamente.

Para la obtención de los moldes, se analizó varias alternativas, importarlos del vecino país, Colombia, lo cual resultaba muy oneroso, construirlos y maquinarlos en el país, para esto contaba, en la fábrica con la maquinaria necesaria y el personal calificado o adquirirlos en el mercado nacional.

La decisión de la Empresa fue construirlos en el país, ya que ahorraría divisas y se dotaba de una gran experiencia

al personal.

Este informe contiene los pasos que se siguieron desde el diseño, fundición, maquinado, balanceo, para la obtención de los moldes, hasta la determinación de los diámetros de los discos de aluminio para producción de dichas ollas.

Bajo este esquema se me encargó el análisis de estas alternativas y seleccionar la más adecuada, dirigir el proyecto hasta que se obtengan dichos productos finalmente.

INDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN

ANTECEDENTES

CAPITULO I

DEFINICION DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del proceso

1.2 Necesidad de producir nuevos productos

1.3 Inconveniente de producción con moldes
existentes

CAPITULO II

ALTERNATIVAS DE SOLUCION

2.1 Importación de moldes

2.2 Adquisición de moldes en el mercado nacional .

2.3 Construcción de moldes

CAPITULO III

SOLUCION DEL PROBLEMA

3.1 Selección de materiales

3.2 Diseño de moldes

3.3 Fundición de moldes

3.4 Maquinado de moldes

3.5 Balanceo de moldes

3.6 Pruebas

3.7 Cálculo de costos

CONCLUSIONES Y RESULTADOS

APENDICE

BIBLIOGRAFIA

ANTECEDENTES

La fábrica en la cual presto mis servicios como Jefe de Planta, es una empresa dedicada al procesamiento de Aluminio, Industrias LLAMAZUL CIA. LTDA., que producen utensilios domésticos por el método de modelado a torno de chapas metálicas (repujado).

Esta empresa producía ollas ovaladas pequeñas, desde No. 14 hasta la olla No. 32 las cuales se denominan así, por el diámetro de la misma en la boca, de la misma. También se producía cacerolas del juego 16/24, sartenes 16/24, pailas 24/32, etc.

Todos estos artículos de aluminio son de gran competencia en el mercado y de baja utilidad, lo cual nos fijaba una limitación en el mercado.

En vista de esto la gerencia de la empresa planteó la necesidad de producir ollas ovaladas de mayor tamaño, lo cual nos permitiría participar en un mercado más amplio y menos competitivo.

Para lo cual se decidió producir ollas ovaladas No. 34, 36, 38, 40, debido a que la empresa no contaba con los moldes necesarios, y accesorios suficientes. Estos son los moldes de primera y segunda operación que se necesitan

para producir el cuerpo de la olla ovalada, así como los moldes para producir la tapa de cada una de las ollas que se van a obtener, otro de los elementos que no se contaba eran los moldes para pulir las ollas y tapas ya producidas de estas medidas, sirviendo estos para pulido interior y exterior.

Lo anteriormente expuesto indicaba que se necesitaban seis moldes para cada medida de ollas que se querían producir, como se producirían cuatro medidas de ollas, por lo tanto se necesitarían 24 moldes en total.

Para la obtención de los moldes se analizan tres alternativas: importarlos, adquirirlos en mercado nacional ó construirlos empleando el cuerpo técnico y profesional existente en la planta.

Bajo este esquema se me encargó el análisis de estas alternativas y seleccionar la más adecuada, dirigir el proyecto hasta que se obtengan dichos productos finalmente.

CAPITULO I

DEFINICION DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCION DEL PROCESO

El modelado a torno del cuerpo de chapas metálicas, disco de escaso espesor (0.3 mm a 3 mm), de acero, Cu, latón, Al, Zn, etc., con diámetros previamente calculados o piezas previamente embutidas en prensa, se modelan entre el cabezal y un contra punto del torno, obligándolas por presión de una bola de acero templado a adaptarse a la forma de un molde con la configuración deseada, el molde se construye de madera dura cruzada, acero ó hierro.

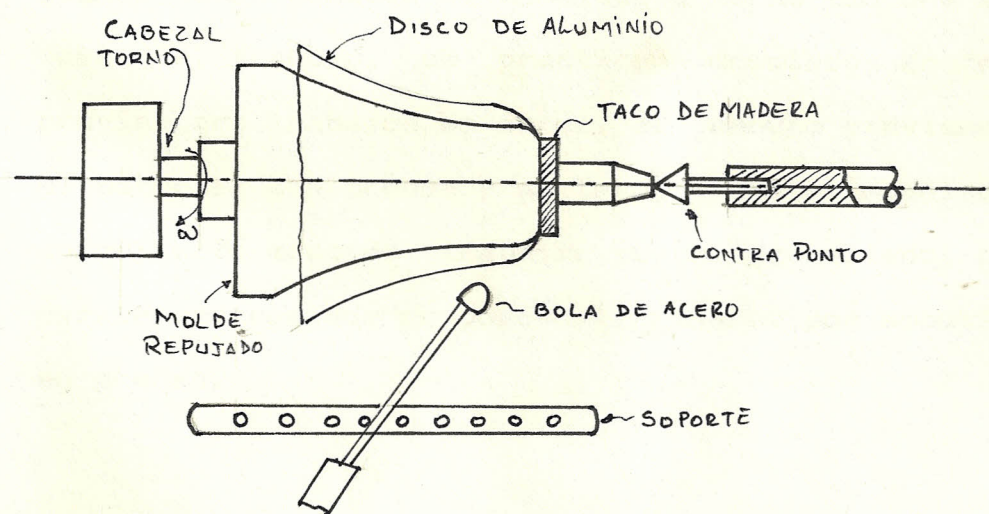


Fig. # 1 PROCESO DE REPUJADO

Con la herramienta de modelar (bola de acero soldada a una barra) apoyada a un soporte, se presiona el material contra el molde mientras éstos giran de 400 a 2000 RPM, según el tamaño del molde y se puede llevar una velocidad de modelado hasta 40 m/seg, según sea la clase, espesor del material y la forma de la pieza.

La operación se facilita, si el material es muy fuerte dando a la barreta un punto de apoyo con un estrobo de cuero fijo a la bancada.

Con materiales dóciles (chapas delgadas de metales ligeros) se trabaja además con una cuña de madera que apoya contra el reverso del disco empujándole con la mano izquierda, para evitar la formación de arrugas.

Cuando no es posible el modelado a torno con una sola fase de trabajo, se practican modelados en forma previa para trabajos en serie, se embute previamente el material con prensa y se termina con el modelado a torno; este modo de trabajar se ha acreditado, pues existen formas que no pueden terminarse por embutidos en prensa.

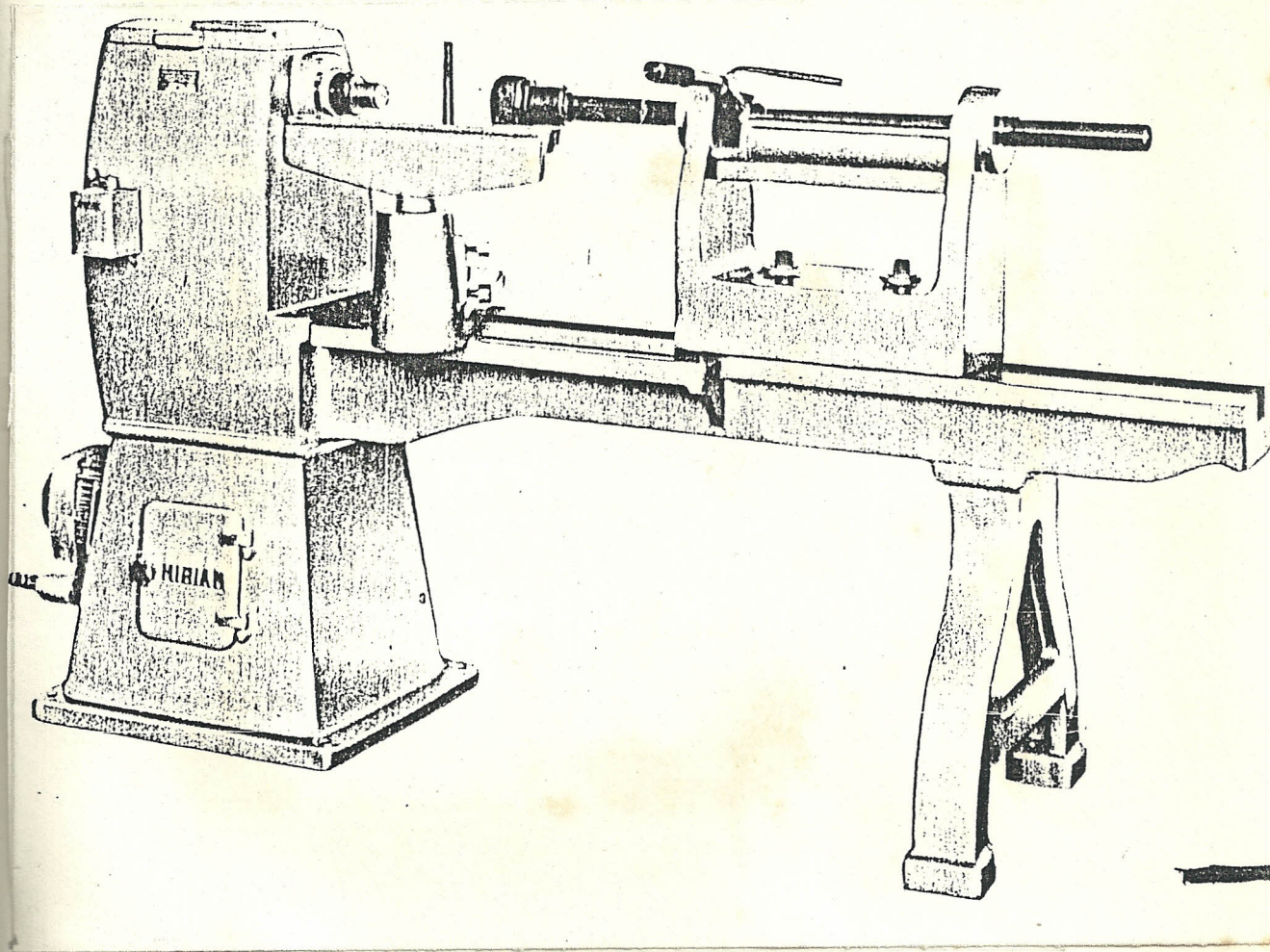


Fig. # 2 TORNO DE REPUJADO

El torno de modelar es una máquina herramienta muy parecida al torno mecánico, llevan husillo robusto con cojinetes de empuje axial y el cabezal móvil es similar al de los tornos comunes, aunque de rápida carrera de fijación y cierre de bayoneta lo difieren, también se le ha adaptado un soporte de apoyo, que es donde se asienta la barreta, Fig. # 2.



Foto # 1 POSICION DEL DISCO DE ALUMINIO

Después de repujado del artículo, viene el pulido del mismo realizándose éste en una pulidora, que gira a velocidades entre 1000 a 1500 RPM.

En la pulidora se montan los moldes de pulido necesitándose, dos, para el pulido interior y exterior del artículo, la pulida se realiza con una lija NORTON 275.



Foto # 2 REPUJADO DE OLLA

Una vez pulido el producto pasa a la perforadora en donde el mismo es preparado para que posteriormente sean remachadas las orejas, el remachado se realiza en una remachadora mecánica implementándosele al mismo tiempo el gancho.



Foto # 3. OLLA DE ALUMINIO TERMINADA DE REPUJAR



Foto. # 4 . PULIDO DE OLLA



Foto # 5. PERFORADO DE OLLA

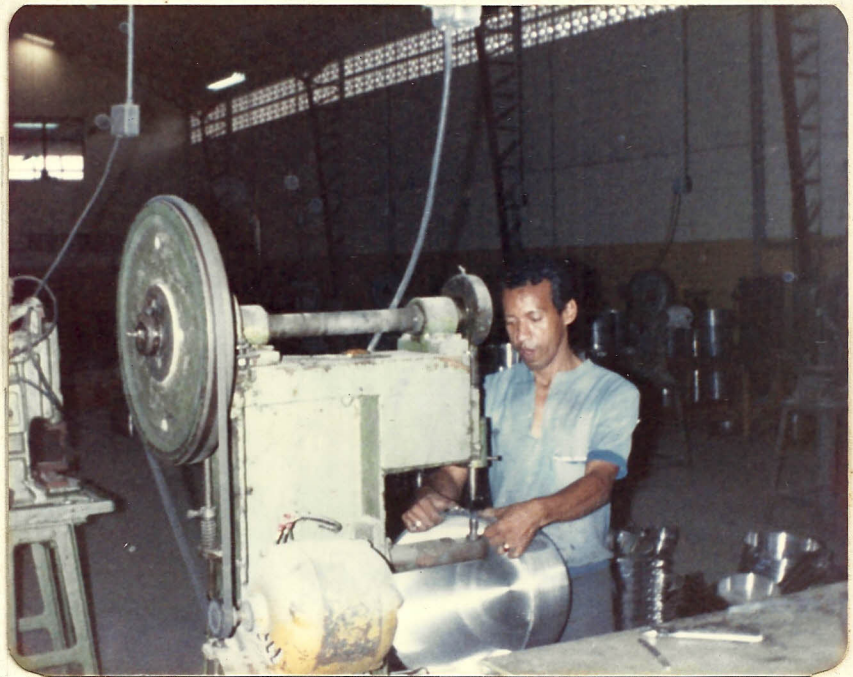


Foto # 6. REMACHADO DE OLLA

1.2 NECESIDAD DE PRODUCIR NUEVO PRODUCTOS

Todos los artículos que se producían eran de pequeño tamaño, produciéndose desde la olla ovalada No. 14, hasta la No. 32, éstas eran de gran competencia en el mercado y los que menor utilidad se obtenían, como podemos apreciar en la lista de precios de las otras fábricas que producen estos artículos. Tabla I.

Antes estas circunstancias, la empresa se vió en la necesidad de incursionar en el mercado con ollas ovaladas de mayor tamaño a las existentes que eran la olla ovalada No. 32, decidiéndose producir la olla ovalada No. 34, 36, 38, 40 con lo cual competiría con las otras fábricas similares.

TABLA I

LISTA DE PRECIOS OLLAS OVALADAS DE ALUMINIO DIC/78

OLLAS OVALADAS	LLAMAZUL	UMCO	INDALUM
14 cm	S/. 275	S/. 300	S/. 280
16	325	350	320
18	390	400	390
20	481	500	480
22	545	580	540
24	627	700	620
26	766	800	750
28	872	900	870
30	1.052	1.100	1.000
32	1.660	1.800	1.600
34	-----	1.900	1.850
36	-----	2.000	1.950
38	-----	2.375	2.300
40	-----	2.750	2.700

1.3 INCONVENIENTES DE PRODUCCION CON MOLDES EXISTENTES EN FABRICA

Para producir el modelo de ollas ovaladas de cualquier tamaño, se necesitan 2 moldes; con los que se forman el cuerpo de las ollas, de los cuales, uno sirve para modelar las ollas en primera operación Fig. # 3. El segundo molde sirve para ovalar la olla y bordearla dándole la mediada de la Fig. # 4.

Para obtener la tapa de la olla se necesita un molde con la configuración de la misma; o sea un molde de repujado de tapa. El pulido de los artículos ya terminados requiere de un molde para el pulido interior y otro molde para el pulido exterior, todos los moldes existentes en la empresa servían para producir artículos pequeños y ninguno se lo podía utilizar para producir ollas de un tamaño mayor a la No. 32.

En la tabla II, se pueden apreciar los moldes existentes en la fábrica.

TABLA II

MOLDES EXISTENTES PARA LAS OLLAS OVALADAS

OLLAS	DIAMETRO MOLDE		ALTURA DE MOLDE (cm)
	I OPERACION	II OPERACION	
	(cm)	(cm)	
14	15.5	14	9
16	17.5	16	10
18	19.5	18	11
20	21.5	20	13
22	24.0	22	14
24	26.0	24	15
26	28.0	26	17
28	30.0	28	18
30	32.0	30	20
32	34.0	32	23

MOLDE DE OLLA OVALADA No. 30

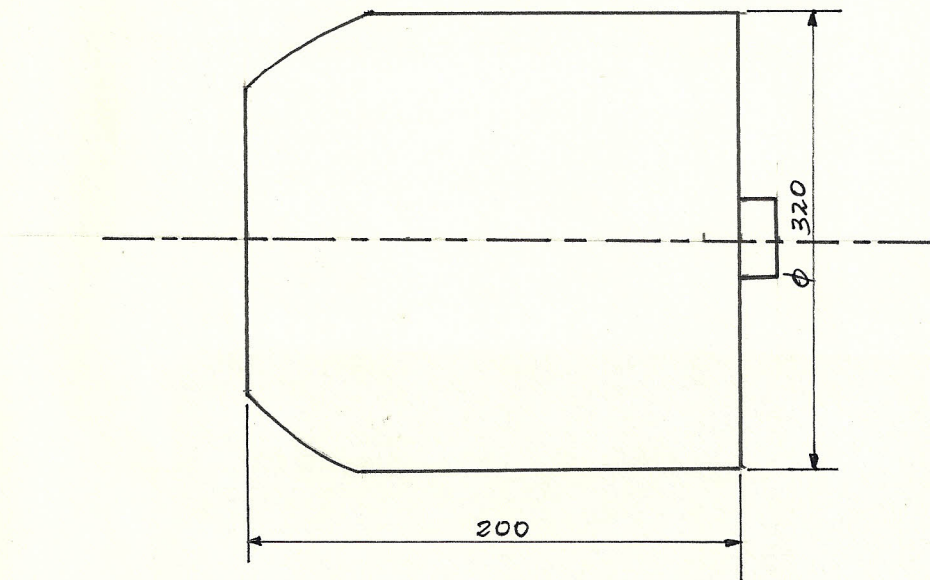


Fig. # 3. MOLDE PRIMERA OPERACION

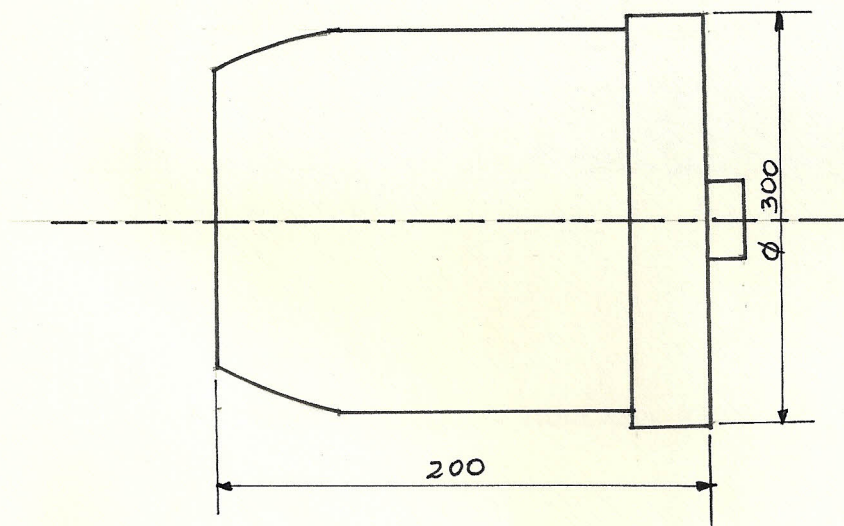


Fig. # 4. MOLDE SEGUNDA OPERACION

En virtud de esta situación los Directivos de la fábrica tomaron la decisión de obtener los moldes que se necesitarían para producir las ollas ovaladas No. 34 al 40 con sus respectivos accesorios.



Foto # 7. OLLA OVALADA TERMINADA

CAPITULO II

ALTERNATIVAS DE SOLUCIONES

Para la producción de ollas ovaladas de los No. 34 al No. 40, era necesario adquirir los moldes, existiendo tres alternativas: importarlos, fabricarlos localmente ó adquirirlos en el mercado nacional.

2.1 IMPORTACION DE MOLDES

En primer lugar se cotizó, la construcción de los juegos de moldes de repujar las ollas No. 34 al No. 40 en Colombia, tomándose en cuenta las siguientes consideraciones. Si bien es cierto que Colombia es un país con gran infraestructura, para realizar trabajos de este tipo, así como también cuenta con una gran experiencia, ya que en este país existen más de cinco fábricas grandes para la producción de utensilios de aluminio, que tienen unos 500 trabajadores cada una, más de 30 años en la producción de estos artículos y una gran variedad de moldes de artículos de aluminio, representando de este modo una garantía de calidad de trabajo que realizarían.

La importación de los moldes de repujado también representaban problemas como:

- Tiempo de construcción de molde.
- Tiempo de entrega de moldes.
- Riesgos de transportes de moldes.
- Costos de transportes.
- Dificultad de realizar pruebas con moldes en máquinas que trabajarían.
- Fuga de divisas.

2.2 ADQUISICION DE MOLDES EN EL MERCADO NACIONAL

En el mercado nacional, generalmente no existen personas o empresas, que suministren estos artículos, ya que nadie produce moldes de repujado, sin tener un cliente que haya determinado forma y tamaño del mismo, ya que se producen moldes y matrices a pedidos de acuerdo a las necesidades del cliente.

Pero hubo la oportunidad que estos moldes sean ofrecidos a nuestra empresa por una compañía denominada DURIMETAL CIA. LTDA, que estaba liquidando su maquinaria, equipos, moldes y matrices, presentándose los siguientes inconvenientes:

- Se ofertaba todo el paquete de equipos, maquinarias y molde de repujado.
- Todos los equipos y moldes necesitaban reparación.

- La inversión para adquirir todos estos equipos era muy elevada.

2.3 CONSTRUCCION DE MOLDES

Para la construcción local, la fábrica cuenta con una serie de máquinas, que servirían para tal propósito, como torno, fresadora, taladro, equipo de soldadora eléctrica, equipo de soldadora autógena, cepillo.

También se tomó contacto con una empresa dedicada a la fundición de piezas en hierro gris, bronce, aluminio, denominada ARTEBRON.

Se consideró que en la ciudad de Guayaquil, existían varias empresas dedicadas a balancear dinámicamente piezas mecánicas rotatorias, se consideró que construyendo los moldes localmente, se disminuiría el tiempo de obtención de los mismos, ya que se evitaría los trámites de importación, disminuiría el tiempo de entrega, se evitaría riesgos de transportes, se ahorraría divisas y habría facilidad para realizar las pruebas de los moldes.

La inversión inicial era baja, con respecto a la importación y a la compra local.

Con todos estos antecedentes se decidió la construcción de los moldes localmente.

CAPITULO III

SOLUCION DEL PROBLEMA

Con lo anteriormente expuesto, acerca de la forma como se obtendría los moldes, que servirán para la producción de utensilios domésticos de gran tamaño, por el método de repujado y analizando los pro y los contra de la importación, de la adquisición local o la construcción en fábrica, se tomó la decisión de construir los moldes localmente, procediéndose entonces a realizar la selección de materiales de construcción.

3.1 SELECCION DE MATERIALES

Los moldes de repujado, se construyen en madera dura cruzada, acero o hierro.

En madera dura cruzada, se construyen los moldes de repujado, cuando el número de piezas a fabricar es muy pequeño, ya que la madera por acción de la fricción que se produce en el repujado se va desgastando.

Construir moldes de repujado para la producción en serie, se realiza en materiales más duros como el acero y el hierro.

El acero es un material demasiado caro, en nuestro medio, además que el acero es difícil de fundir, no existiendo en el país, talleres o fábricas que fundan en acero, piezas de diferentes tamaños y formas.

Aunque las fundiciones son quebradizas y tienen menos resistencia a la tracción que los aceros, presentan una serie de ventajas con relación a éstos, entre las que podemos citar su menor precio, una mayor facilidad para fundir y puede moldearse formas complicadas que usualmente se mecanizan después a sus dimensiones finales, posee además una gran resistencia al desgaste, la adición de determinados elementos de aleación, un buen control del proceso de fabricación y un tratamiento térmico adecuado, permiten variar ampliamente las propiedades de cualquier tipo de ellas.

La mayoría de los tipos de fundiciones comerciales fabricados contienen una cantidad de carbono comprendida entre el 2.5 y el 4%.

La mejor manera de clasificar las fundiciones es en función de su estructura metalográfica. Al estudiar los distintos tipos hay que considerar cuatro variables que influyen poderosamente en su formación, a saber: el contenido de carbono, el contenido en

elementos de aleación y en impurezas. La velocidad de enfriamiento durante y después de la solidificación, y el tratamiento térmico que recibe posteriormente. Estas variables determinan la condición y forma física del carbono.

Los distintos tipos de las mismas son las siguientes:

FUNDICIONES BLANCAS.- En los cuales todo el carbono se encuentra combinado bajo la forma de cementita, que es un compuesto intersticial duro y frágil, este tipo de fundición se caracteriza por su dureza y resistencia al desgaste, siendo sumamente quebradiza y difícil de mecanizar. Esta fragilidad y falta de maquinabilidad limita la utilización industrial de la fundiciones blancas.

FUNDICIONES MALEABLES.- En las cuales la mayoría o todo el carbono se encuentra sin combinar, formando partículas redondeadas de forma irregular conocidas como carbono de revenido. Esta estructura se obtiene al tratar térmicamente las fundiciones blancas.

Esto complica el proceso de producción de las fundiciones maleables, ya que industrialmente este proceso se lo realiza en dos etapas conocidas como

primera y segunda fase de recocido, encareciendo el mismo.

FUNDICIONES GRIS.- Caracterizadas porque en ellas la mayor parte o todo el carbono se encuentra libre, formando láminas de grafito. La tendencia que presenta durante su fabricación la cementita al descomponerse en grafito y en austenita o ferrita se ve favorecida por un control adecuado de la composición de las aleaciones y de la velocidad de enfriamiento.

siendo este tipo de fundición el de más uso, por su facilidad de producción, maquinabilidad, elevada resistencia a la tracción y compresión y bajo costo de producción.

FUNDICIONES EN COQUILLA.- Son aquellas cuya capa superficial esta formada por fundición blanca y el nucleo por fundición gris.

Se obtiene colando el metal fundido en coquilla metálica. De esta forma se obtienen piezas construidas por una capa periférica dura y resistente a la abrasión de fundición blanca, que envuelve totalmente a un corazón, más blando de fundición gris.

FUNDICIONES NODULARES.- Este tipo de fundición denominado también fundición dúctil, se caracteriza porque en ella el grafito aparece en forma esferoidal.

Al encontrarse el carbono en forma esferoidal, la continuidad de la matriz se interrumpe mucho menos que cuando se encuentra en forma laminar; esto da lugar a una resistencia a la tracción y tenacidad mayores que en la fundición gris ordinaria.

En virtud de bajo costo de producción, facilidad de fundición en el medio, resistencia a la tracción y compresión, así como la maquinabilidad y la resistencia al desgaste del hierro gris, además que los moldes existentes en la fábrica eran de este material pero de menor tamaño. Tomé la decisión de fundir los moldes de repujado para la producción de estos artículos en este material.

En cambio los moldes que servirán para el pulido de las ollas y tapas interior y exterior, necesitan materiales más suaves y livianos, para poder ser manipulado con facilidad decidiéndose en este caso por aluminio, por la facilidad de fundición en el

medio, bajo costo y por el antecedente, que los moldes de pulido existente en planta son de este material.

3.2 DISEÑO DE MOLDES

Para construir los moldes se tomó en cuenta las siguientes especificaciones.

Se definió las dimensiones de los moldes que se construirían, siendo estos, para el molde de olla ovalada No. 34, 36, 38, 40 los mismos que tiene un diámetro en la boca de 34 cm, 36 cm, 38 cm y 40 cm. Para este modelo se necesitan dos moldes por cada medida de olla, de los cuales un molde sirve para repujar la olla en primera operación, formando el cuerpo de la misma, el segundo molde sirve para ovalar la olla y bordearla, dándole la medida correspondiente.

La olla ovalada No. 32, era la de mayor tamaño que la fábrica posee, tiene una altura de 23 cm.

Según la Tabla II, estos nos daba la referencia que la olla No. 34, tendría que alcanzar una altura mayor incrementándose la altura del molde de la misma en 3 cm., en los moldes subsiguientes, se incrementaría la

altura de los mismos en 2 cm., como se lo puede apreciar en la Tabla III.

Los tornos de repujado que la fábrica posee, tiene un eje o cabezal de 1 7/8 pulgada de diámetro, determinándose esto, cual sería el diámetro de la rosca interior de los moldes, ya que estos se los montaría en dichos tornos.

TABLA III

DIMENSIONES DE MOLDES DE REPUJADO A CONSTRUIRSE

ARTICULO	Molde Primera Operación. Diámetro (cm)	Molde Segunda Operación. Diámetro (cm)	Altura de (cm)
OLLA No. 34	36	34	26
OLLA No. 36	38	36	28
OLLA No. 38	40	38	30
OLLA No. 36	42	40	32

Otro factor muy importante que tiene que considerarse es el peso del molde de repujado de las ollas que fuera capaz de ser manipulado facilmente, para solucionar ésto se consideró fundir los mismos con vacio interior, lo cual disminuiría el peso en un 40%.

- Para el repujado de las tapas, se necesita un molde. Por cada una de las medidas de las mismas.
- El molde de la olla ovalada No. 32 tiene una manzana de 4 pulgadas (10 cm) de diámetro, tomándose este mismo diámetro de manzana para los moldes de ollas No. 34, 36, 38, 40. Y los moldes de repujado de tapas de estos mismos números. El paso subsiguiente fue realizar los siguientes cálculos.

A) Procedemos a determinar si el diámetro de eje del torno en donde se montarán los moldes de ollas No. 32/40, está dentro de los límites de seguridad.

B) Determinamos el esfuerzo cortante. Por flexión en la manzana del molde y si este no es mayor que el esfuerzo máximo permisible, obtenemos también el factor de seguridad del mismo y si este es mayor que 1.

C) Finalmente calculamos el esfuerzo producido por la fuerza centrífuga. En las paredes del Molde de Repujado de Olla, y determinamos el espesor de la pared c.

A) El torno donde trabajaron los moldes de repujado de olla 32/40, tiene un eje de 2 pulgadas (5 cm) de diámetro, es de acero vcl, cuyo límite de resistencia a la tracción es $S_{ut} = 7.500 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, apoyado de 2 cojines de Rodillos, movido por un motor eléctrico de 5.5 HP (5.5 c v), a través de una Polea de 4 pulgadas (10 cm.) de diámetro, a una velocidad de 1.200 RPM y la polea pesa 6 kg.

DIAGRAMA ESQUEMATICO EJE - MOLDE

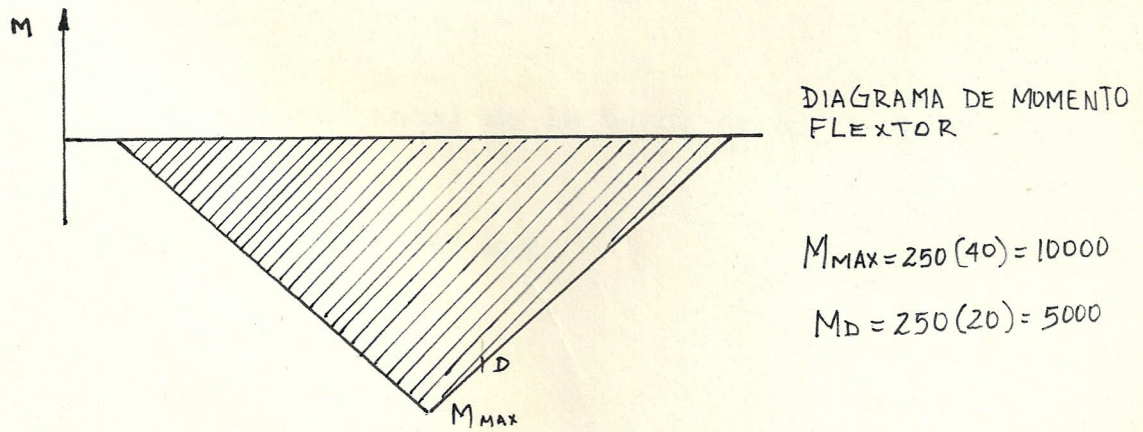
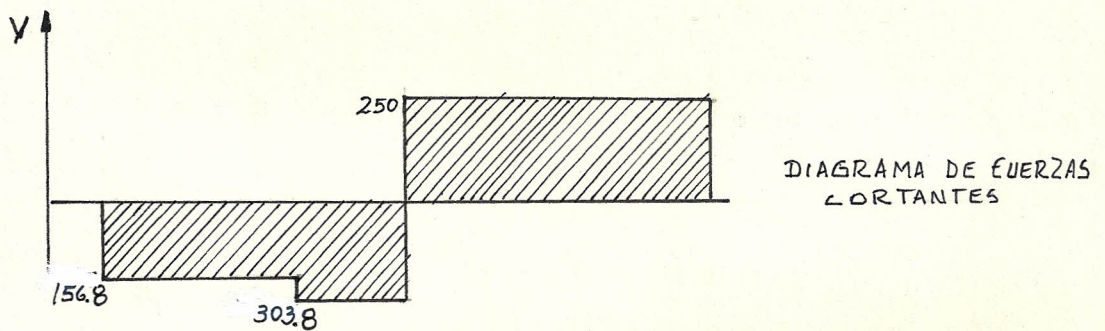
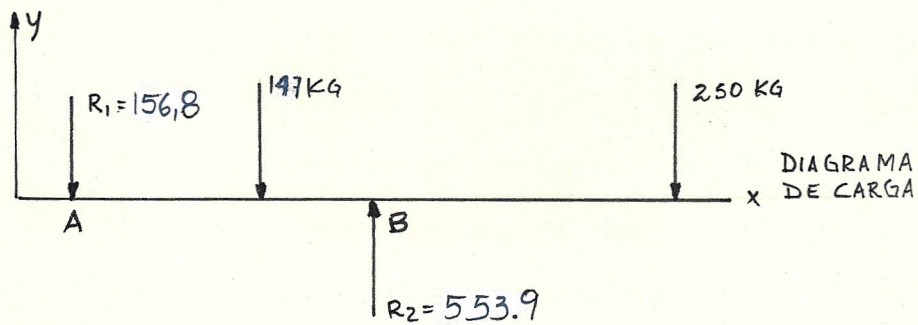
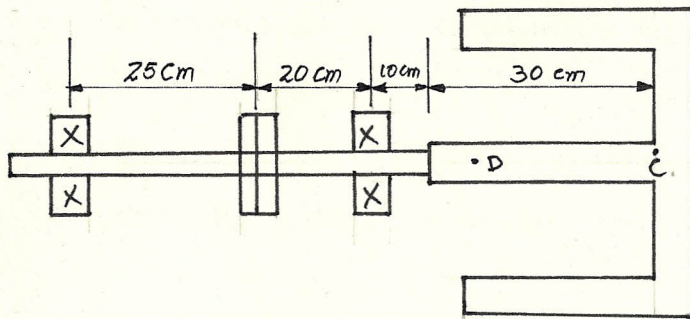


Fig. # 5

- Procedemos a determinar las tensiones en la banda a través de las siguientes ecuaciones:

$$P_1 = e^{f\theta} = e^{(0.3)(\pi)} = 2.56$$

P_2

$$P_1 - P_2 = \frac{4500 C_v}{V} = \frac{4500 (5.5)}{383} = 64.6 \text{ kgf}$$

f = Coeficiente de fricción entre banda y polea

θ = Angulo de contacto

P_1, P_2 = Tensiones en la banda

C_v = Potencia transmitida

V = Velocidad de la banda en m/min

$$V = \frac{\pi d N}{12} = \frac{(3.14)(4)(1200)}{12} = 1256 \frac{\text{pies}}{\text{min}} = 383 \text{ m/min}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = 2.56$$

$$P_1 - P_2 = 64.6 \text{ kgf}$$

$$P_1 = 106 \text{ kgf} \quad P_2 = 41 \text{ kgf}$$

Por tensión total de la banda será

$$P = P_1 + P_2 = 147 \text{ kgf}$$

- Consideramos el caso más extremo, asumimos que el peso del molde esta concentrado a la derecha del punto c.

$$+ \Sigma M_A = 0$$

$$- 147 (25) + 45 R_2 - 85 (250) = 0$$

$$R_2 = \frac{24925}{45} = 553.9 \text{ kgf}$$

$$+ \Sigma M_B = 0$$

$$45 R_1 + 147 (20) - 40 (250) = 0$$

$$R_1 = \frac{7060}{45} = 156.8$$

- Los esfuerzos en la superficie de un eje macizo de sección circular, sometido a cargas combinadas de flexión y torsión, son:

$$\sigma_x = \frac{32 M}{\pi d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 T}{\pi d^3}$$

σ_x = esfuerzo flexional

τ_{xy} = esfuerzo torsional

d = diámetro de eje

- Para determinar si el diámetro de eje está dentro de los límites de seguridad. Aplicamos la teoría de falla de Von Misses.

$$\sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 \sigma_2 + \sigma_2^2} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma_x = \frac{32 M}{\pi d^3} = \frac{32 (10000)}{3.14 (5)^3} = 815 \frac{\text{KGS}}{\text{cm}^2}$$

$$T = \frac{71600 P}{n} = \frac{71600 (5.5)}{1200} = 328 \text{ kgf-cm}$$

$$T_{xy} = \frac{16 T}{\pi d^3} = \frac{16 (328)}{\pi (125)} = 13 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

P = potencia, cv

n = velocidad de rotación, RPM

T = momento de torsión kgf-cm.

De donde se tiene que los esfuerzos principales son:

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \frac{\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}}{2}$$

$\sigma_y = 0$ Porque tenemos cargo de flexión debido al peso del molde.

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sqrt{(\sigma_x)^2 + 4\tau_{xy}^2}}{2} = \frac{815 + \sqrt{(815)^2 + 4(13)^2}}{2} = 815$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x - \sqrt{(\sigma_x)^2 + 4\tau_{xy}^2}}{2} = \frac{815 - \sqrt{(815)^2 + 4(13)^2}}{2} = 0$$

Según Von Misses:

$$\sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 \sigma_2 + \sigma_2^2} = \frac{S_y}{n} \quad S_y = 0.75 \text{ Sut}$$

$$\sigma_1 = \frac{0.75 S_{ut}}{n}$$

$$n = \frac{0.75 (7500)}{815} = 7$$

$$n = 7$$

Ahora determinamos el Factor de Seguridad.

Para el Eje con cargas de Flexión Alternate y Torsión continua.

George Sines afirma que la evidencia experimental indica que la resistencia a la fatiga por flexión no es afectada por la existencia del esfuerzo medio por Torsión, hasta que la resistencia de fluencia a la torsión se exceda aproximadamente en 50%. Este descubrimiento proporciona un método muy sencillo para diseñar en el caso especial de una combinación de esfuerzo por flexión invertida y por torsión constante.

La ecuación de diseño quedará así:

$$\frac{S_e}{n} = \sigma_a$$

$$\sigma_a = \frac{32 M}{\pi d^3}$$

$$\tau_m = \frac{16 T}{\pi d^3}$$

$$\frac{S_e}{n} = \frac{32 M}{\pi d^3}$$

$$n = \frac{S_e \pi d^3}{32 M} = \frac{1288 (3.14)(125)}{32 (10000)} = 1.6$$

σ_a = esfuerzo alternante flexionante.

τ_m = esfuerzo Medio Torsional.

S_e = limited de fatiga corregido.

n = factor de seguridad.

S'_e = limited de fatiga de muestra

$S_e = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_f \cdot S'_e$

$$S'_e = 0.5 S_{ut} = 0.5 (7500) = 3750 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$k_a = 0.73$ (Maquinado, S_{ut}) - Apéndice Pag.

$k_b = 0.85$ ($0.3 < d < 2$)

$k_c = 0.814$ (0.99 confiabilidad) - Apéndice Pag.

$$k_e = \frac{1}{k_r} \quad K_r = 1 + q (K_t - 1)$$

$$k_e = \frac{1}{1.45} \quad q = 0.9 \quad r = 1.5 \text{ mm.} - \text{Apéndice Pag.}$$

$$\frac{D}{d} = 1.06 \quad - \text{Apéndice Pag.}$$

$$K_t = 1.5$$

$$\frac{r}{d} = 0.13$$

$$k_e = 0.68 \quad k_f = 1 + 0.9 (1.5 - 1)$$

$$= 1 + 0.45$$

$$k_f = 1.45$$

$$S_e = (0.73) (0.85) (0.814) (0.68) (3750) = 1288$$

$$n = 1.6$$

Habiendo analizado el eje tanto para cargas estáticas y dinámicas, siendo los factores de seguridad de 7 y 1.6 respectivamente. Se concluye que no produce falla en el eje con el molde de repujado de ollas de mayor tamaño No. 40.

B) Para determinar el esfuerzo cortante por flexión en el punto c y el factor de seguridad.

En la manzana de molde, que es de hierro gris cuyo

$$S_{ut} = 20000 \frac{\text{LBf}}{\text{pulg}^2} = 1400 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

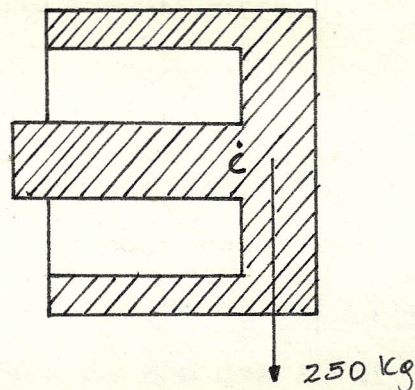


Fig. # 6

El esfuerzo cortante máximo debido a la flexión será:

$$\tau_{\max} = \frac{3 V}{2 A}$$

V = fuerza cortante

A = área transversal

Para una viga maciza de sección circular la ecuación anterior queda de la siguiente manera.

$$\tau_{\max} = \frac{4 V}{3 A} = \frac{4 V (4)}{3 \pi d^2}$$

$$\tau_{\max} = \frac{4 (250) (4)}{3 (3.14) (10)^2} = 4.2 \frac{\text{KGS}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{\text{permissible}} = 0.58 (1400) = 812 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_P > \tau_{\max}$$

Como podemos apreciar el esfuerzo cortante máximo por flexión no sobrepasa los límites del esfuerzo permisible, por lo tanto el diámetro de la manzana del molde está dentro del límite de seguridad.

Ahora vamos a determinar el Factor de Seguridad, considerando la manzana del molde como eje tenemos:

$$\sigma_x = \frac{32 M_D}{\pi d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 T}{\pi d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{32(5000)}{\pi (10)^3} = 50.9$$

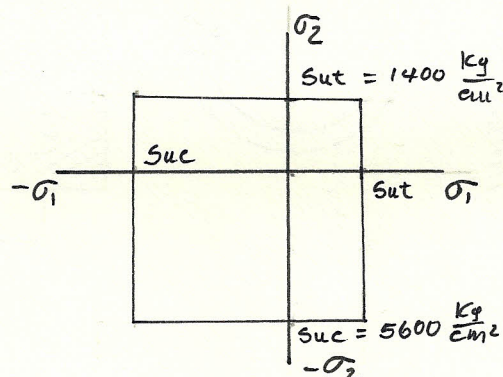
$$\tau_{xy} = \frac{16 (328)}{\pi (10)^3} = 1.6$$

Procedemos a determinar los esfuerzos principales:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \frac{25.5}{2} + \sqrt{\left(\frac{25.5}{2}\right)^2 + (1.6)^2} = 50.9$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \frac{25.5}{2} - \sqrt{\left(\frac{25.5}{2}\right)^2 + (1.6)^2} = 0$$

Usando la teoría del máximo esfuerzo normal para materiales frágiles.



Como el estado de esfuerzo es:

$$\sigma_1 = 50.9 \quad \sigma_2 \approx 0$$

El uso de esta teoría de falla, nos dá lo siguiente:

$$\sigma_1 = \frac{Sut}{n} \quad 50.9 = \frac{Sut}{n}$$

$$n = \frac{Sut}{50.9} = \frac{1400}{50.9} = 27.5$$

$$n = 27.5$$

Como podemos apreciar el factor de seguridad.

$n > 1$ por lo que podemos concluir que la manzana del molde no fallará debido a las cargas aplicadas.

C) Finalmente determinamos el esfuerzo producido por la fuerza centrífuga que se origina al girar el molde y lo comparamos al esfuerzo máximo permisible del hierro gris, y determinamos el espesor de la pared.

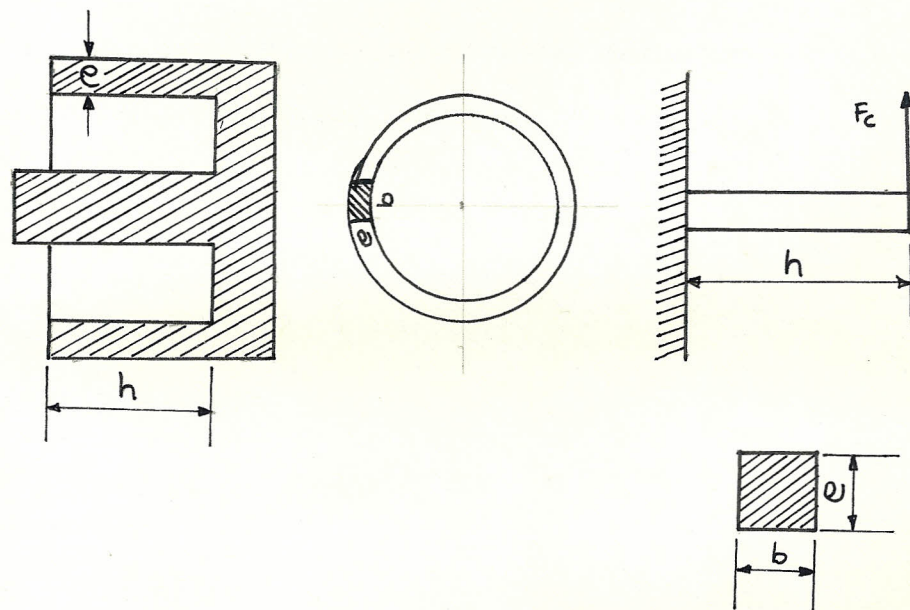


Fig. # 7

Asumimos que el molde está formado por una serie de barras pequeñas, empotradas y tomamos una de ellas para hacer el análisis de esfuerzos.

De donde el esfuerzo producido por la fuerza centrífuga está dado por:

$$\sigma_x = \frac{M \cdot C}{I}$$

Aplicando la fuerza en el extremo del molde

$$I = \frac{b e^3}{12} \quad \sigma_x = \frac{F_c h e/2}{\frac{b e^3}{12}}$$

$$\sigma_x = \frac{12 F_c h}{2 b e^2} = \frac{6 F_c h}{b e^2}$$

$\sigma_x = \sigma_1$ estado de esfuerzos unidireccional

$$\sigma_y = 0$$

Usando la teoría del máximo esfuerzo normal para

materiales frágiles tenemos: $\sigma_1 = \frac{S_{ut}}{n}$

$$\sigma_x = \sigma_1 = \frac{S_{ut}}{n} \quad n = 2$$

$$\frac{6 F_c h}{b e^2} = \frac{S_{ut}}{2}$$

$$F_c = m r w^2$$

$$F_c = b e h \rho r w^2$$

F_c = fuerza centrífuga

m = masa

ρ = densidad

r = radio de giro

w^2 = velocidad angular

$$\frac{6 b e h^2 \rho r w^2}{b e^2} = \frac{S_{ut}}{2}$$

$$e = \frac{12 h^2 \rho r w^2}{S_{ut}}$$

$$h = 25.4 \text{ cm} = 10 \text{ pulg.}$$

$$r = 20.3 \text{ cm} = 8 \text{ pulg. olla No. 40}$$

$$w = 1200 \text{ RPM}$$

$$\delta = 7.2 \text{ gr/cm}^3, \text{ hierro gris}$$

$$S_{ut} = 1400 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 20000 \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2}, \text{ hierro gris}$$

$$e = \frac{12(10)^2 \text{ pulg}^2 (7.5) \text{ gr/cm}^3 (8) \text{ pulg} (1200)^2 \text{ Rev/min} *}{(20000) \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2}}$$

$$* \frac{2\pi \text{ Rad/1 Rev} * 1 \text{ min}/(60 \text{ s})^2 * (2.54 \text{ cm})^3/\text{pulg}^3}{\%}$$

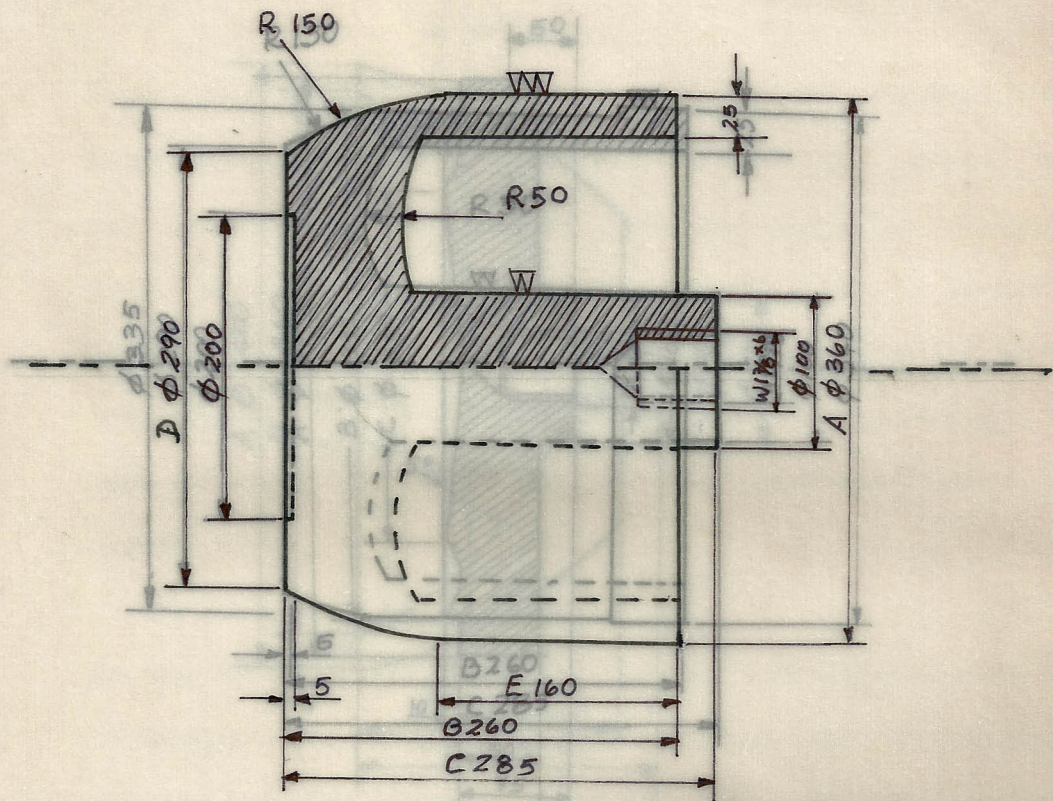
$$e = 141696 \frac{\text{g r pulg}^2}{\text{lbf} \text{ s}^2} \times \frac{6.45 \text{ cm}^2}{\text{pulg}^2}$$

$$e = 913939 \frac{(\text{gr cm}) \text{ cm}}{\text{lbf} \text{ s}^2} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} \times \frac{1 \text{ mt}}{100 \text{ cm}}$$

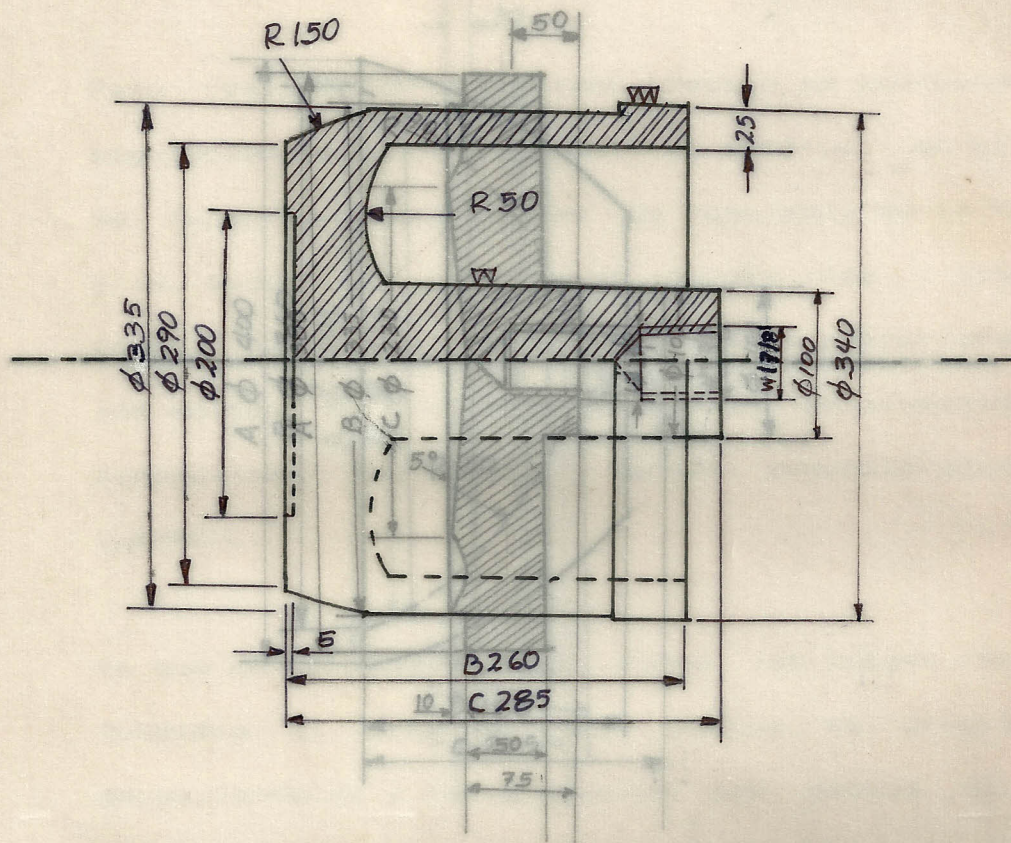
$$e = 9.14 \frac{(\text{kg mt}) \text{ cm}}{\text{lbf} \text{ s}^2} \times \frac{2.2 \text{ lbf}}{1 \text{ kgf}} \times \frac{1 \text{ kgf}}{9.8 \text{ Nt}}$$

$$e = 2.05 \text{ cm} \quad e = 0.8 \text{ pulg.}$$

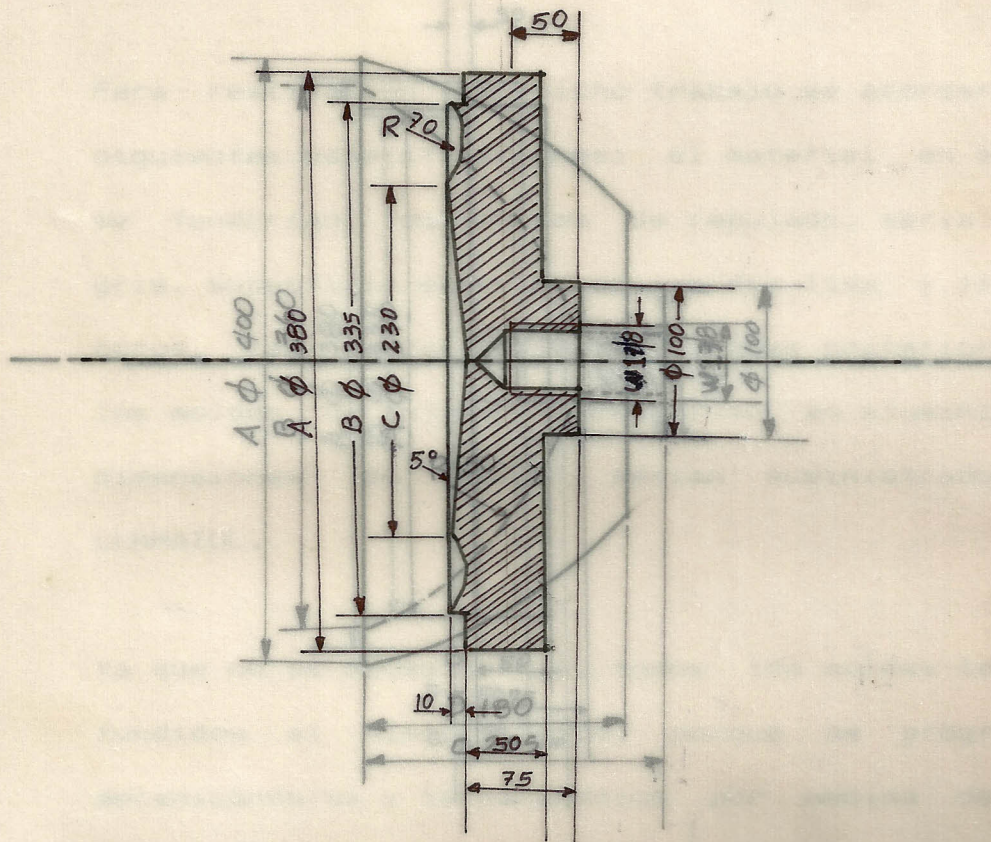
$$e = 2.05 \text{ cm} \quad \text{espesor de pared}$$



MATERIAL	DESIGNACION	ARTICULO	DIMENSIONES				
			A(mm)	B(mm)	C(mm)	D(mm)	E(mm)
IERRO GRIS	MOLDE DE REPUSADO OLLA N°34 PRIMERA OPERACION	OLLA 36	380	280	305	290	170
ESC. 1:5	INDUSTRIAS LLAMAZUL	OLLA 38	460	300	325	320	180
DIB. N°1	REALIZADO POR M. AREVALO	OLLA 40	420	320	345	340	190



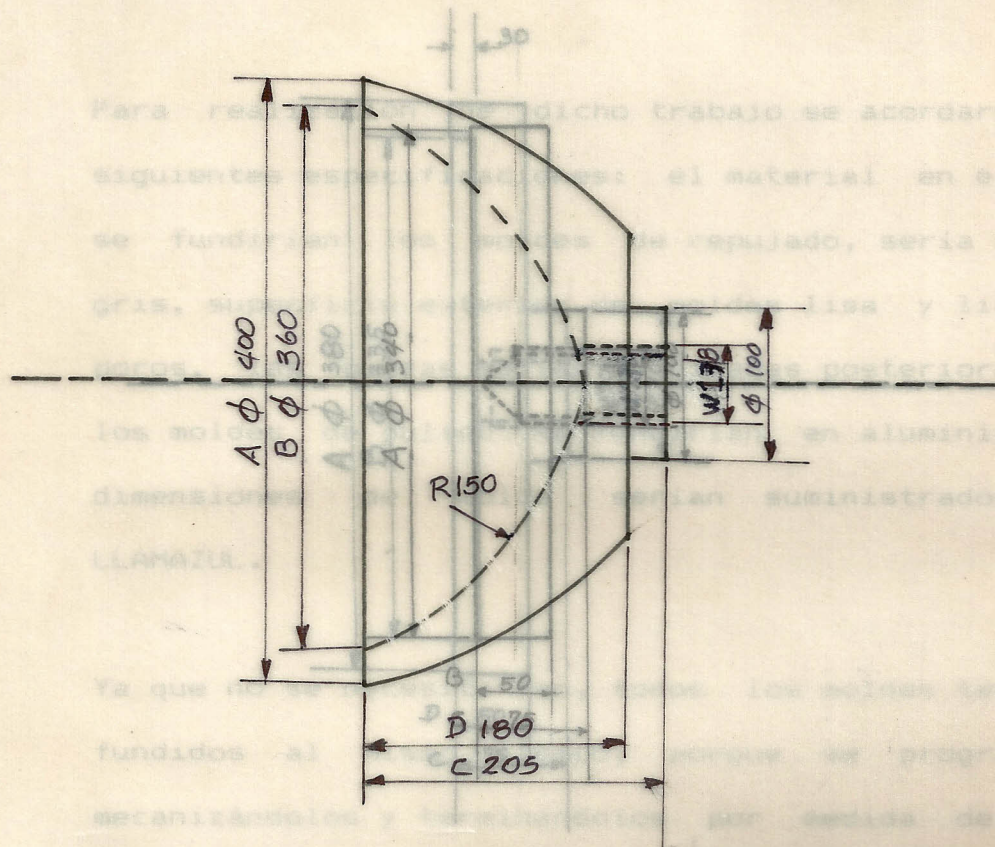
MATERIAL:	DESIGNACION	ARTICULO	DIMENSIONES			
			A[mm]	B[mm]	C[mm]	D[mm]
GRIS	MOLDE DE REPUSADO OLLA N:34 SEGUNDA OPERACION	OLLA 36	360	280	205	290
1:1	INDUSTRIAS LLAMAZUL	OLLA 38	380	300	325	320
1:1	REALIZADO POR M. AREVALO	OLLA 40	400	320	345	340



MATERIAL:	DESIGNACION	ARTICULO	DIMENSIONES			
			A[mm]	B[mm]	C[mm]	R[mm]
ACERO	MOLDE DE REPLUADO TAPA N°34	TAPA 36	400	355	240	270
ACERO	INDUSTRIAS LLAMAZUL	TAPA 38	420	395	250	2100
ACERO	REALIZADO POR R. M. AREVALO	TAPA 40	430	395	260	2100

3.3 FUNDICION DE MOLDES

La fundición de los moldes de repujado y pulido, se contrató con la empresa ARTEBRON, dedicada a la fundición de hierro, bronce y aluminio.



Para realizar dicho trabajo se acordaron las siguientes especificaciones: el material en el cual se fundirán los moldes de repujado, sería hierro gris, de buena calidad, libre de impurezas y libre de gases. Los moldes de pulido, serán fundidos en aluminio, las dimensiones serán las siguientes:

Ya que los moldes de repujado y pulido se fundirán al vacío, se debe tener en cuenta la dilatación de los moldes al fundirse. Se priorizó la fabricación de los moldes de repujado y pulido. Se acordó que el molde de repujado se fundiría en hierro gris y el molde de pulido en aluminio. Se acordó que el molde de repujado se fundiría en hierro gris y el molde de pulido en aluminio. Se acordó que el molde de repujado se fundiría en hierro gris y el molde de pulido en aluminio.

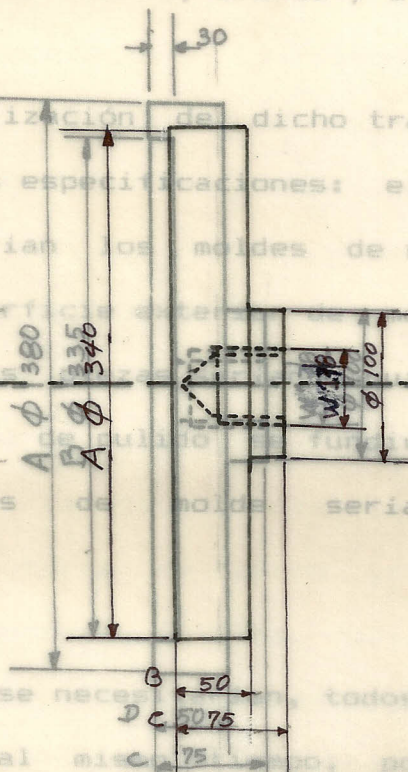
MATERIAL	DESIGNACION	ARTICULO	DIMENSIONES			
			A[mm]	B[mm]	C[mm]	D[mm]
ALUMINIO	MOLDE PULIDO OLLA N° 34 INT.	MOLDE 36	420	380	200	225
ESC: 1:5	INDUSTRIAS LLAMAZUL	MOLDE 38	440	400	220	245
DIB. N° 4	REALIZADO POR M. AREVALO	MOLDE 40	460	420	220	245

3.3 FUNDICION DE MOLDES

La fundición de los moldes de repujado y pulido, se contrató con la empresa ARTEBRON, dedicada a la fundición de hierro, bronce y aluminio.

Para realización de dicho trabajo se acordaron las siguientes especificaciones: el material en el cual se fundirían los moldes de repujado, sería hierro gris, superficie exterior de los moldes lisa y libre de poros, las superficies interiores se pulirían posteriormente, los moldes de pulido se fundirían en aluminio, las dimensiones de los moldes serían suministrados por LLAMAZUL.

Ya que no se necesitaban, todos los moldes tendrían fundidos al mismo tiempo, porque se programó ir mecanizándolos y terminándolos por medida de olla. En primer lugar se contrató la fundición de los dos moldes de repujado de olla No. 34 y repujado de tapa de la misma, para lo cual se entregó al fundidor las dimensiones correspondientes, en las mismas que se tomó en cuenta su posterior maquinado.

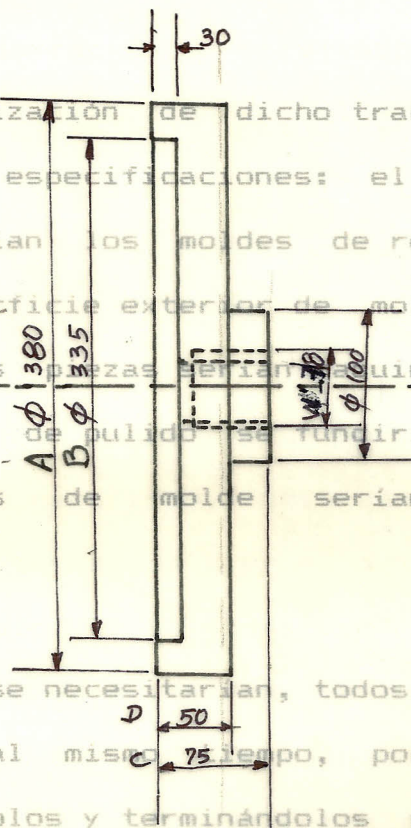


MATERIAL	DE DESIGNACION	ARTICULO	DIMENSIONES			
			A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]
ALUMINIO	MOLDE PULIDO OLLA N° 34 EXT.	MOLDE 36	360	350	75	50
ESC: 1:5	INDUSTRIAS LLAMAZUL	MOLDE 38	380	350	75	50
N° 5	REALIZADO POR OROIMMAREVALO	MOLDE 40	400	350	75	50

3.3 FUNDICION DE MOLDES

La fundición de los moldes de repujado y pulido, se contrató con la empresa ARTEBRON, dedicada a la fundición de hierro, bronce y aluminio.

Para realización de dicho trabajo se acordaron las siguientes especificaciones: el material en el cual se fundirían los moldes de repujado, sería hierro gris, superficie exterior de moldes lisa y libre de poros, las piezas serían maquinadas posteriormente, los moldes de pulido se fundirían en aluminio, las dimensiones de molde serían suministrados por LLAMAZUL.



Ya que no se necesitarían, todos los moldes tenerlos fundidos al mismo tiempo, porque se programó ir mecanizándolos y terminándolos por medida de olla. En primer lugar se contrató la fundición de los dos moldes de repujado de olla No. 34 y repujado de tapa de la misma, para lo cual se entregó al fundidor las dimensiones correspondientes, en las mismas que se tomó en cuenta su posterior maquinado.

MATERIAL	DESIGNACION	ARTICULO	DIMENSIONES			
			A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]
ALUMINIO	MOLDE PULIDO DE TAPA N°34	MOLDE36	400	355	75	50
ESC: 1:5	INDUSTRIAS LLAMAZUL	MOLDE38	420	375	75	50
B. N°6	REALIZADO POR M. AREVALO	MOLDE40	430	395	75	50

3.3 FUNDICION DE MOLDES

La fundición de los moldes de repujado y pulido, se contrató con la empresa ARTEBRON, dedicada a la fundición de hierro, bronce y aluminio.

Para realización de dicho trabajo se acordaron las siguientes especificaciones: el material en el cual se fundirían los moldes de repujado, sería hierro gris, superficie exterior de moldes lisa y libre de poros, las piezas serían maquinadas posteriormente, los moldes de pulido se fundirían en aluminio, las dimensiones de molde serían suministrados por LLAMAZUL.

Ya que no se necesitarían, todos los moldes tenerlos fundidos al mismo tiempo, porque se programó ir mecanizándolos y terminándolos por medida de olla. En primer lugar se contrató la fundición de los dos moldes de repujado de olla No. 34 y repujado de tapa de la misma, para lo cual se entregó al fundidor las dimensiones correspondientes, en las mismas que se tomó en cuenta su posterior maquinado.

Los moldes de repujado y pulido para su fundición fueron primeramente moldeados en arena, utilizando

cajas de molde de madera.

Se ahorró la construcción de modelo, ya que se proporcionó al fundidor para el modelado en arena de la olla No. 34, una olla de aluminio No. 32 en primera operación, sirviendo ésto para dicho objetivo. Realizándose el mismo procedimiento con las demás medidas de ollas.

Como se había calculado que los moldes de hierro gris, tendrían un peso promedio de 350 libras, se empleó para su fundición un horno de cubilote, de 500 libras de capacidad, utilizándose como material de colada, chatarra de hierro gris, seleccionada, como block de motores, culatas, rodillos, carcazas, tubos. Cargándose alternativamente con coque y chatarra, siendo estas cargas, 30 libras de carbón, 140 libras de chatarra, agregándosele también caliza del 16 al 30% del peso del coque. Sirviendo estas para escorificar las cenizas de coque y proteger el hierro contra la excesiva absorción de azufre, se le adiciona ferrosilicio par aumentar el contenido de silicio en la mezcla, ya que el silicio se pierde por la fusión baja en los hornos de cubilote.

El hierro gris es el material más empleado en fundición. Es barato, se funde fácilmente y admite

la mecanización.

La clasificación más importante, desde un punto de vista industrial, es la dada en la especificación A48 de la ASTM.

Las fundiciones grises se clasifican en 7 tipos (No. 20, 25, 30, 35, 40, 45, 60), los cuales expresan en miles de libras por pulgadas cuadradas la mínima resistencia o la tracción de la probeta. Por ejemplo, la mínima resistencia a la tracción de la fundición gris del tipo 20 sería 20.000 libras, por pulgada cuadrada, o lo que es lo mismo, 14 kgs/mm². La resistencia a la tracción tiene gran importancia en la elección de la fundiciones grises más convenientes para la fabricación de piezas que en servicio están sometidas de manera indirecta a cargas estáticas de tensión o flexión. Entre estas podemos citar recipientes a presión, soporte, válvulas, accesorios de montaje y palancas. Las fundiciones que presentan una resistencia a la tracción superior a 28 kgs/mm², se considera normalmente fundición de alta resistencia, siendo su fabricación ligeramente más cara y más difícil su mecanización.

En los casos en que las fundiciones grises se utilizan para la construcción de bases o bancadas de

máquinas y estructuras, tiene gran importancia la resistencia a la compresión, como ocurre en todos los materiales frágiles, la resistencia a la compresión en la fundiciones grises es mucho mayor que la resistencia a la tracción.

Muchos tipos de fundición gris tienen una resistencia a la rotura por torsión superior a la de algunos tipos de acero. Esta característica va acompañada de una sensibilidad a la entalla baja, lo que hace a la fundición un material muy adecuado para la fabricación de diversos tipos de ejes.

Los moldes de aluminio, se fundieron en crisol, utilizándose como material de colada, chatarra de aluminio, ya moldeados en la arena de acuerdo a las dimensiones ordenadas.



Foto # 8. MOLDES DE OLLAS FUNDIDOS

3.4 MAQUINADO DE MOLDES

Una vez fundido los moldes de olla en hierro gris, se procedió al maquinado de los mismos, para lo cual se utilizó un torno que posee LLAMAZUL, marca ANDINA de 400 mm. de volteo, por 1.500 mm. de distancia entre puntos, con una potencia del motor de 5.5 HP.

En primer lugar se maquinó el molde de primera operación de la olla No. 34, el cual poseía la siguientes dimensiones: diámetro (ϕ) 380 mm., por 270 mm. de altura y con un peso de 250 libras que debido a su tamaño se vuelve dificultoso su agarre en el torno, pensando en esto, al fundir los moldes se pidió que la manzana sobrepase el borde del mismo.

Se sujetó el molde de la manzana de 100 mm. con el choque de 4 muelas independientes, para poder centrarlo y se comenzó a desbastar la parte exterior; superficie lateral y cara posterior con una velocidad de 55 revoluciones por minuto (RPM) debido al diámetro del molde y la dureza de la capa exterior del mismo. Utilizándose como cuchilla una pastilla tungsteno, que se usan para materiales duros, soldados sobre un porta-herramienta de 16 mm. por 16 mm., que luego se lo aseguró sobre una barra de $\phi=38$ mm. x 500 mm. de longitud, teniendo la pastilla de tungsteno un afilado para desbastado.



Foto. # 9. MOLDES DE OLLA SIN MAQUINAR



Foto # 10. MOLDE DE OLLA SUJETADO DE LA MANZANA

Sobre la cara posterior del molde se realizó una rosca interior de $1\frac{7}{8}$ " de diámetro, 6 hilos por pulgada y 2" de profundidad que nos serviría para poder voltear el molde y maquinarlo por la parte interior, para lo cual se utilizó una cuchilla de $\frac{1}{4}$ " de acero ASSAB 17 que se trabajó sobre una barra de $\frac{3}{4}$ ".

Una vez maquinado la parte exterior y realizado la rosca, se volteó el molde, sujetándolo de la misma mediante un acople que se realizó sobre el plato del torno, para maquinar la parte interior del mismo, debastar la manzana y abrir una rosca sobre la manzana de $1\frac{7}{8}$ " de diámetro con los mismos parámetros de la rosca anterior.

Concluido este proceso de maquinado se sujetó el molde por la rosca realizada en la manzana y al acople empernado al plato, procediéndose a rectificar toda la superficie exterior del molde, puesto el torno en funcionamiento automático.

Para el acabado se utilizó una velocidad de trabajo de 1000 RPM, se lo realizó con una piedra de esmeril grano medio, dándosele el acabado final con una lija No. 275.

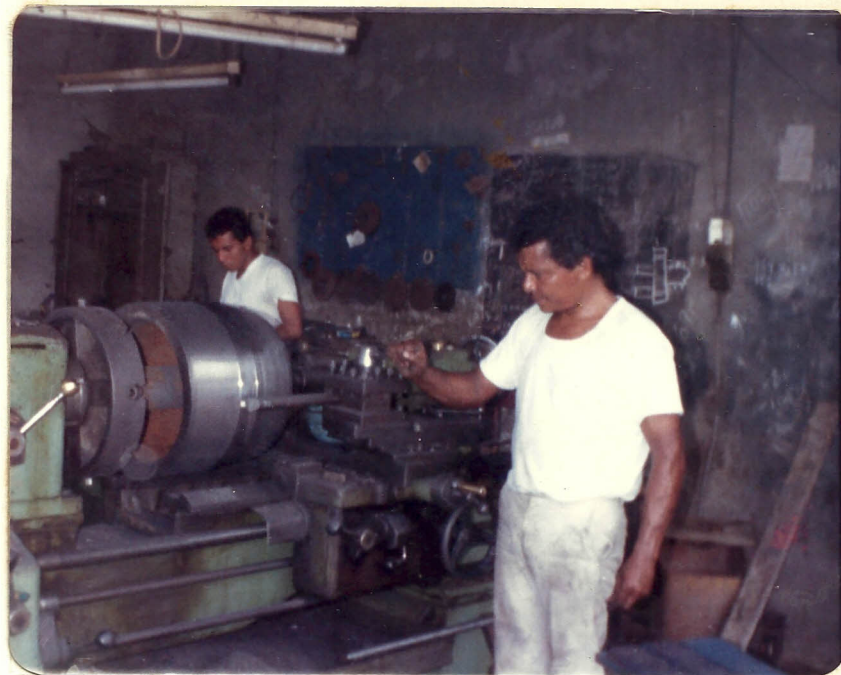


Foto. # 11 DESBASTADO DE MOLDE

Este proceso de maquinado se llevó a cabo para todos los moldes de olla que se construyeron.

En este tipo de torno, se maquinó los moldes de primera y segunda operación de las ollas No. 34 y No. 36, no así los moldes de las otras medidas, que se lo realizó en otro torno de mayor tamaño, ya que el diámetro del molde fundido de la olla No. 38 en primera operación es de 420 mm. y el diámetro del molde fundido de primera operación de la olla No. 40 es de 440 mm. Este torno es de las siguientes características: 800 mm. de volteo por 1000 mm. de

distancia entre punto y una potencia del motor de 10 HP, además que estos moldes se maquinaron a una velocidad menor de 27 RPM.

El maquinado de los moldes de tapa se llevó a cabo en el torno No. 1 de 400 mm. x 1.500 mm., sujetándose de la manzana pequeña y que se fundió para este propósito, con el choque de 4 muelas independientes.

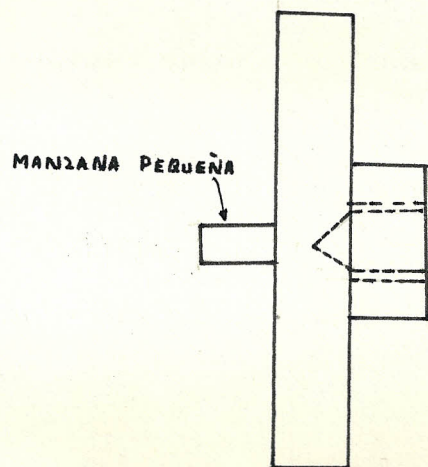


Fig. # 8

Se maquinó la superficie lateral, la cara posterior y la manzana realizándose en ella una rosca interior de $\phi = 1 \frac{7}{8}$ ", 6 hilos por pulgada y 2" de profundidad, una vez terminada la rosca, se volteó el molde, sujetándolo de la misma, mediante un acople, empernado al plato del torno, se procedió a maquinar la cara anterior dándole las dimensiones y el acabado indicado con piedra de esmeril y lija No. 275.

Las cuchillas utilizadas, son las mismas que se usaron en el maquinado de los moldes de olla.

El maquinado de los moldes de pulido se realizó a una velocidad mayor, ya que el material con el que fue fundido estos moldes era más suave: aluminio, el proceso de maquinado que se siguió para estos moldes fue el mismo que el realizado con los moldes anteriormente expuestos.

TABLA IV
CRONOGRAMA DE TRABAJO

SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ACTIVIDAD										
FUNDICION DE MOLDES										
MAQUINADO MOLDES REPUJADO DE OLLAS										
MAQUINADO MOLDE REPUJADO DE TAPA										
MAQUINADO DE MOLDES DE PULIDO										
BALANCEO DE MOLDES										
PRUEBAS										

POR CADA MEDIDA DE OLLA 34/40



Foto # 12. CHEQUEO DE DIAMETRO DE MOLDE



Foto # 13. MOLDE DE OLLA TERMINADO DE MAQUINAR.

3.5 BALANCEO DE MOLDES

Si en un cuerpo giratorio (rotor) no está la masa uniformemente distribuida alrededor del eje de giro, se presentarán en la rotación fuerzas centrífugas libres que se transmiten a los cojinetes, denotándose su presencia por sacudidas al compás de las revoluciones.

Como la fuerza centrífuga aumenta con el cuadrado de número de revoluciones, todos los rotores deben equilibrarse con tanto mayor precisión cuanto mayor sea su velocidad de rotación.

Equilibrar (balanceo) significa corregir la distribución de las masas de un rotor hasta que gire alrededor de su eje obligado, que pasa por los centros de los cojinetes (eje de apoyo) sin acción de las fuerzas centrífugas libres. El procedimiento de balanceo comprende la medición y la compensación, por adición o supresión de masas.

Un cuerpo en forma de disco que gira en su propio plano se encuentra en equilibrio dinámico, es decir, está equilibrado y no ejerce esfuerzo alguno sobre los cojinetes de su eje de giro si la suma de las fuerzas centrífugas de todos los elementos de masa

que lo componen es nula, o lo que es igual, si el centro de gravedad se encuentra en eje de rotación.

Los errores de masa de un rotor desequilibrado pueden considerarse, en lo que al impulso respecta, formado por dos componentes: las componentes de fuerzas U_s (impulso en el centro de gravedad) y la componente del momento, que actúa como un par U_m , $-U_m$ en el plano longitudinal.

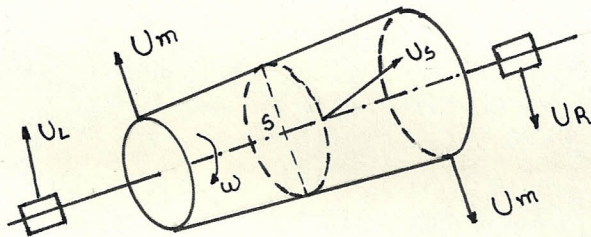


Fig. # 9

El impulso del centro de gravedad es proporcional a la distancia entre el centro de gravedad y el eje de giro. Puede determinarse en los rotores desmontándolos haciéndolos rodar sobre reglas, "Desequilibrios Estáticos". La componente del momento del impulso solo puede determinarse y eliminarse experimentando con los rotores de

rotación. Por eso se le llama "Desequilibrio Dinámico". (también llamado Desequilibrios de Oscilación).



Foto # 14. BALANCED DINAMICO DE MOLDE

Dada la configuración característica de los moldes de olla, se procedió a equilibrarlos dinámicamente en dos planos con su analizador de vibraciones, de donde:

cuando $L/D > 0.5$ se recomienda equilibrar en dos planos dinámicamente.

si L/D es menor que 0.5 equilibrar en un plano dinámicamente.

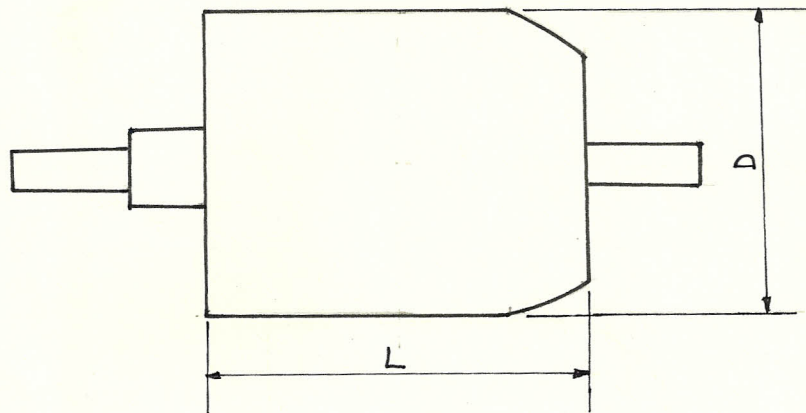
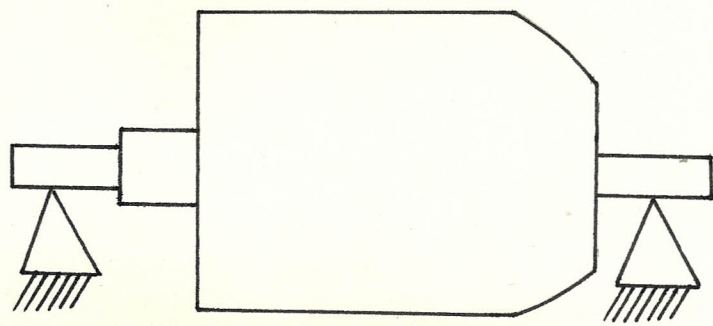


Fig.# 10

Los moldes fueron equilibrados hasta una tolerancia adecuada según los prescribe la norma I.S.O. (International Standard Organization), en las instalaciones de VIBROTEC en Guayaquil dirigida por el Ing. Guillermo Urquiza.

A continuación presentamos como ejemplo los registros obtenidos en la equilibradora dinámica, antes y después del proceso de equilibrado de los moldes.

Presentamos un informe de las lecturas originales de vibración.

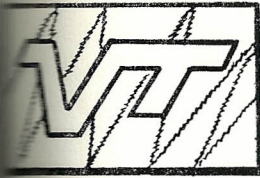


PLANO N°1

PLANO N°2

Fig. # 11

DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL ROTOR



VIBRATEC

José Mascote 2410 - A y Cuenca

Casilla 8510

Teléfonos: 374-673 - 333-007

Guayaquil - Ecuador

I N F O R M E

SOLICITANTE: INDUSTRIAS LLAMAZUL CIA LTDA

TIPO DE PARTE ROTATORIA : MOLDE DE SEGUNDA OPERACION DE OLLA N°40

FECHA : ABRIL de 1989

VELOCIDAD DE OPERACION : 1200 RPM

Lecturas Originales de vibración, en la equilibradora dinámica, filtradas a la frecuencia de rotación (producidas por desbalance).-

Plano N°1 : 3.5 Mils

Plano N°2 : 1.4 Mils

Resultante de pesos equilibradores.-

Plano N°1 : 60 grs

Plano N°2 : 18 grs

Lecturas finales de vibración.-

Plano N°1 : 0.29 Mils

Plano N°2 : 0.34 Mils

Desbalance residual.-

Plano N°1 : 2 grs

Plano N°2 : 3 grs

El desequilibrio residual, de acuerdo a la norma ISO, corresponde a una severidad grado 6.3. Este rango de severidad es el apropiado para este tipo de parte rotatoria.

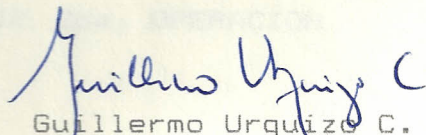

Guillermo Urquiza C.
Ingeniero Mecánico



Foto # 15. BALANCEO DE MOLDES DE 2da. OPERACION

3.6 PRUEBAS

Una vez que se tenía a punto los moldes de repujado de ollas y tapas, se procedió a determinar los diámetros de los discos de aluminio que se utilizarán para la producción de estos artículos tomando como punto de partida el diámetro del disco obtenido mediante la fórmula:

$$\phi_{\text{disco}} = \sqrt{d_1^2 + 4h_1^2 + 4h_2d_2}$$

Obtenida del Manual del Ingeniero de Taller I.

Asumiendo que no existe estiramiento del material.

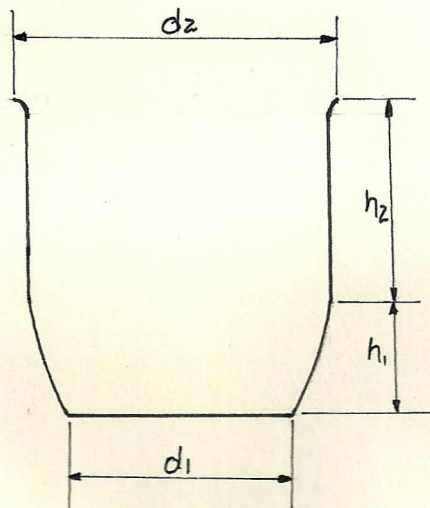


Fig. # 12

De estos datos se comienza la aproximación de los diámetros de trabajos con varias pruebas.

Para la determinación del diámetro del disco de las tapas se partió del diámetro del molde repujado de tapas, determinándose finalmente las medidas de disco, indicadas en la Tabla V y VI.

TABLA V

MEDIDAS DE DISCOS DE OLLAS

Olla #	ϕ (mm)	Espesor (mm)	Peso (kgs)
34	570	1.1	0.76
36	610	1.1	0.87
38	650	1.2	1.08
40	690	1.2	1.20

TABLA VI

MEDIDAS DE DISCOS DE TAPAS

Tapa #	∅ (mm)	Espesor (mm)	Peso (kgs)
34	385	0.6	0.22
36	405	0.6	0.24
38	425	0.7	0.27
40	450	0.7	0.3

3.7 CALCULO DE COSTOS

La inversión que se realizó para la construcción de moldes de repujado y pulido son detallados a continuación, especificándose los costos de fundición, costo de mecanizado, costos de balanceo dinámico, costos de mano de obra.

OLLA No. 34

1	Molde fundido en hierro gris (primera operación) para re- pujado de olla peso 250 lbs. por S/.120,00 c/lb	S/. 30.000
1	Molde fundido en hierro gris (segunda operación) para repujado de olla, peso 235 lb por S/. 120,00 c/lb.....	28.200
1	Molde fundido en hierro gris repujado de tapa peso 134 lb por S/.120,00 c/lb	16.080
1	Molde fundido en aluminio pulido de olla peso 50 lb por S/.200,00 c/lb.	10.000
1	Molde fundido en aluminio pulido de olla peso 40 lb por S/. 200,00 c/lb.	8.000
1	Molde fundido en aluminio pulido tapa peso 40 lb por S/.200,00 c/lb.	8.000
	Maquinado de moldes	
	Horas hombres/máquina	
	240 horas por S/.2000	<u>480.000</u>
		S/. 580.280

OLLA No. 36

1	Molde fundido en hierro gris (primera operación) para re- pujado de olla peso 327 lbs. por S/.120,00 c/lb	S/. 39.240
1	Molde fundido en hierro gris (segunda operación) para repujado de olla, peso 238 lb por S/. 120,00 c/lb.....	28.560
1	Molde fundido en hierro gris repujado de tapa peso 135 lb por S/.120,00 c/lb	16.200
1	Molde fundido en aluminio pulido de olla peso 55 lb por S/.200,00 c/lb.	11.000
1	Molde fundido en aluminio pulido de olla peso 40 lb por S/. 200,00 c/lb.	8.000
1	Molde fundido en aluminio pulido tapa peso 42 lb por S/.200,00 c/lb.	8.400
	Maquinado de moldes	
	Horas hombres/máquina	
	240 horas por S/.2000	<u>480.000</u>
		S/. 591.400

OLLA No. 38

1	Molde fundido en hierro gris (primera operación) para re- pujado de olla peso 367 lbs. por S/.120,00 c/lb	S/. 44.040
1	Molde fundido en hierro gris (segunda operación) para repujado de olla, peso 400 lb por S/. 120,00 c/lb.....	48.000
1	Molde fundido en hierro gris repujado de tapa peso 136 lb por S/.120,00 c/lb	16.320
1	Molde fundido en aluminio pulido de olla peso 66 lb por S/.250,00 c/lb.	16.500
1	Molde fundido en aluminio pulido de olla peso 60 lb por S/. 250,00 c/lb.	15.000
1	Molde fundido en aluminio pulido tapa peso 60 lb por S/.250,00 c/lb.	15.000
	Maquinado de moldes	
	Horas hombres/máquina	
	240 horas por S/.2000	<u>480.000</u>
		S/. 634.860

OLLA No. 40

1	Molde fundido en hierro gris (primera operación) para re- pujado de olla peso 370 lbs. por S/.120,00 c/lb	S/. 44.000
1	Molde fundido en hierro gris (segunda operación) para repujado de olla, peso 330 lb por S/. 120,00 c/lb.....	39.600
1	Molde fundido en hierro gris repujado de tapa peso 145 lb por S/.120,00 c/lb	17.400
1	Molde fundido en aluminio pulido de olla peso 134 lb por S/.250,00 c/lb.	35.500
1	Molde fundido en aluminio pulido de olla peso 110 lb por S/. 250,00 c/lb.	27.500
1	Molde fundido en aluminio pulido tapa peso 80 lb por S/.250,00 c/lb.	20.000
	Maquinado de moldes	
	Horas hombres/máquina	
	240 horas por S/.2000	480.000
	Balanceo dinámico de moldes	<u>100.000</u>
		S/. 764.000
	TOTAL	S/.2'570.540

CONCLUSIONES Y RESULTADOS

La construcción de moldes de repujado, para la obtención de utensilios domésticos de gran tamaño en serie, es una actividad que poco se ha desarrollado en nuestro medio ya que las empresas dedicadas a la producción de estos artículos de aluminio, bronce, acero inoxidable, adquieren estos moldes en el exterior, limitándose a adquirir en el país moldes de repujado para producir artículos pequeños. Esto se debe a la poca confianza que han tenido las empresas procesadoras de aluminio en la mano de obra nacional, para llevar a buen término proyecto de este tipo.

Con este trabajo quiero demostrar que este tipo de proyecto si se pueden llevar a cabo en nuestro medio ya que existe mano de obra calificada, empresas y talleres dedicados a la fundición, maquinado y balanceo de piezas rotatorias de gran envergadura, como lo son los moldes de repujado, para ollas de gran tamaño, que giran a velocidades de trabajo de 400 a 3000 RPM.

Realizando este tipo de trabajo en nuestro país se está ayudando al desarrollo del mismo ya que se disminuyen costos, se evitan fuga de divisas y se recogen experiencias de gran valor técnico.

En cuanto a los materiales que se utilizaron en la construcción de los moldes de repujado y pulido, se trabajó con hierro gris, por su bajo costo de producción, facilidad de fundición en el medio, elevada resistencia a la tracción, buena maquinabilidad y gran resistencia al desgaste, obteniéndose magníficos resultados ya que los moldes han trabajado satisfactoriamente, por lo tanto queremos recomendar el hierro gris, para la construcción de moldes de repujado. Para la construcción de moldes de pulido recomendamos el aluminio, por ser un material muy liviano, facilidad de fundición en nuestro medio y se lo puede manipular sin dificultad.

En el diseño de moldes se tomó en cuenta varios factores que influirían en la construcción manipuleo, puesta a punto y operación de los mismos, ya que se proyectó que los moldes llevaran un vacío interior que permitiría disminuir el peso del mismo en un 40%. Que la manzana del molde sobrepase el borde superior del mismo para que se pueda sujetar en el choque de 4 muelas del torno, para su maquinado, se determinó que el diámetro del eje del torno de repujado que es de 2 pulgadas (5 cm), donde trabajarán los moldes, esta dentro de los límites de seguridad, ya que se calculó que estos eran $n = 7$ y $n = 1.6$, utilizando la teoría de falla de Von Misses.

También se determinó que el diámetro de la manzana de los moldes ($\varnothing = 4$ pulg = 10 cm), que se utilizó para las ollas 34/40, está dentro de los límites de seguridad, ya que no es mucho mayor a 1, por lo que podemos concluir que la manzana del molde no fallará debido a las cargas aplicadas.

Se determinó también que las paredes de los moldes serían mayores de 2.05 cm de espesor, para que puedan resistir los esfuerzos producidos por la fuerza centrífuga, que se producen al rotar éstos, además que soporten el manipuleo permanente a que están sometidos estos moldes.

La fundición de los moldes de repujado en hierro gris y pulido en aluminio se llevó a cabo en la empresa ARTEBRON, que se dedica a la fundición de hierro, bronce y aluminio.

Esta empresa realizó un trabajo satisfactorio ya que uno de los principales problemas que se presentan en los moldes de repujado es la porosidad de los mismo, y porque para este tipo de trabajo los moldes deben ser libre de poros en la superficie exterior entregando la empresa ARTEBRON moldes fundidos sin porosidad, condición en la cual influyen muchos factores del proceso de fundición.

En el maquinado de los moldes fue de mucha importancia el haber proyectado que la manzana de los moldes sobrepase la

superficie del mismo, para sujetar los moldes en el torno.

Como la superficie exterior de los moldes fundidos era dura, se comenzó el maquinado utilizando como cuchilla, pastillas de tungsteno, soldadas sobre porta herramienta a la velocidad de trabajo que deben oscilar entre 25 y 55 RPM para el desbastado, debido al tamaño de los moldes, sobre la cara posterior del molde se realizó una rosca interior de 1 7/8" de diámetro que nos serviría para poder voltear el molde y maquinarlo por la parte interior.

El balanceo de los moldes es uno de los pasos importantes que se deben llevar a cabo en la construcción de este tipo de piezas, ya que por su operación éstas giran a velocidades superiores a 1000 RPM.

El balanceo de los moldes, se llevó a cabo en la empresa VIBRATEC. Obteniéndose magníficos resultados en la operación de los mismos ya que una excesiva vibración a más de deteriorar los cojinetes del torno de repujado, disminuye la capacidad de trabajo del operador, bajando la producción.

Cuando en una pieza rotatoria $L/D > 0.5$, se recomienda equilibrar en dos planos dinámicamente.

Si $L/D < 0.5$, equilibrar en un plano dinámicamente.

Los moldes fueron equilibrados hasta una tolerancia adecuada según lo prescribe la norma I.S.O. (International Standard Organization) siendo éstas de una severidad de 6.3.

A medida que se tenían a punto los moldes de repujado de ollas y tapas, se realizaban inmediatamente las pruebas para determinar el diámetro del disco que se utilizarían para la producción en serie del juego de olla ovaladas 34/40, obteniéndose los diámetros de los discos de ollas y tapas.

Como se manifestó anteriormente uno de los factores que nos llevó a construir los juegos de moldes de repujado y pulido localmente fue su bajo costo, comparado con el que se hubiera producido si estos se lo adquiría en el exterior, ya que los mismos se lo cotizaba en Colombia a S/. 1'500.000 por juego de moldes, como son 4 juegos, el costo total era S/. 6'000.000, de lo cual había que desembolsar el 50% con el pedido y el otro 50% contra entrega. Los moldes que se construyeron localmente tuvieron en costo total de S/. 2'570.000 y la inversión inicial era de S/. 500.000, por lo que a las claras se puede apreciar la diferencia que existe en el costo total y en la inversión inicial.

El tiempo de construcción del juego de moldes para producir la olla No. 34 fue de 10 semanas, siendo éste el mismo que se tomó para construir las demás medidas, tomándose un tiempo de construcción total de 40 semanas o sea 10 meses.

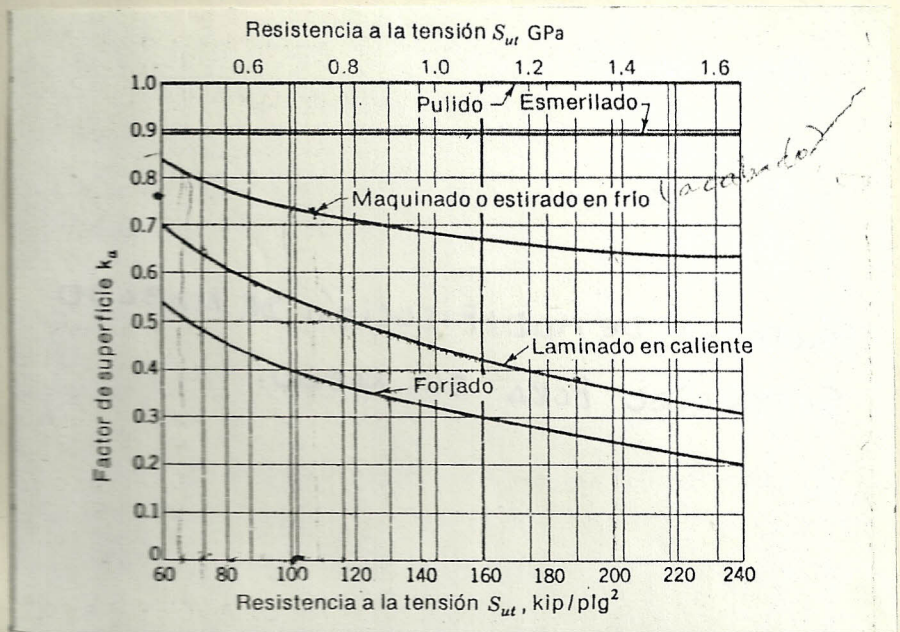


Gráfico # 1. FACTORES DE MODIFICACION DE ACABADO SUPERFICIAL PARA EL ACERO

Tomado: "Diseño en Ingeniería Mecánica". Shigley.

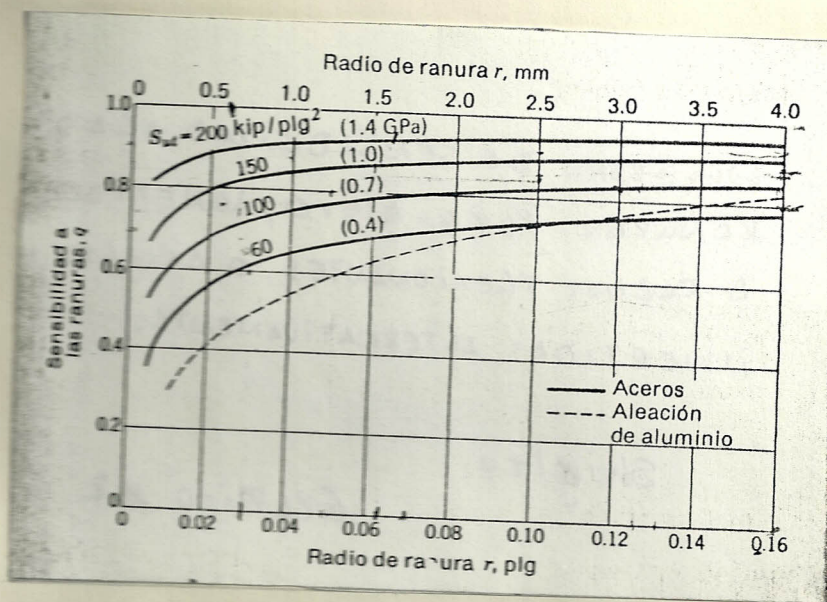


Gráfico # 2. DIAGRAMA DE SENSIBILIDAD A LAS RANURAS PARA ACERO, SOMETIDOS A CARGAS FLEXIONANTES O AXIALES INVERTIDAS ALTERNATIVAMENTE.

Tomado: "Diseño en Ingeniería Mecánica", Shigley.

Confiabilidad R	Variable estandarizada z_R	Factor de confiabilidad
0.50	0	1.000
0.90	1.288	0.897
0.95	1.645	0.868
0.99	2.326	0.814
0.999	3.091	0.753
0.9999	3.719	0.702
0.99999	4.265	0.659
0.999999	4.753	0.620
0.9999999	5.199	0.584
0.99999999	5.612	0.551
0.999999999	5.997	0.520

Tabla # VII. FACTOR DE CONFIABILIDAD K_c CORRESPONDIENTE A UNA DESVIACION STANDAR DEL 8% DEL LIMITE DE FATIGA.

Tomado: "Diseño en Ingeniería Mecánica". Shigley.

RESISTENCIA DE LA FUNDICIÓN GRIS							
Clase N.º	Resistencia a tracción mínima kg/cm^2	Carga transversal media,* kg	Resistencia a compresión† kg/cm^2	Resistencia a cortadura media, kg/cm^2	Módulo de elasticidad, kg/cm^2	Dureza Brinell	Espesor mínimo de pared usual mm
20	1 400	820	5 600	2 300	812 000	110	3
25	1 750	900	7 000	2 400	995 000	140	3
30	2 100	990	7 700	2 900	1 015 000	170	6
35	2 400	1 000	8 800	3 400	1 120 000	200	9
40	2 800	1 180	9 500	3 600	1 270 000	230	12,5
50	3 500	1 360	11 200	4 500	1 580 000	250	12,5
60	4 200	1 540	10 500	4 200	1 390 000	275	19

* Probeta de 30,5 mm de diámetro, 45,7 cm entre apoyos, carga en el centro.
† Sometida a variaciones hasta $\pm 10\%$.

Tabla # 8. RESISTENCIA DE LAS FUNDICIONES GRIS.

Tomado: "Proyecto de Elementos de Máquina". Spotts.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- AVNER SIDNEY. "INTRODUCCION A LA ENERGIA FISICA", México 1975. Pág 340 - 350.
- 2.- SHIGLEY J. "DISEÑO EN INGENIERIA MECANICA", Segunda edición, México 1979. Pág 580 - 587.
- 3.- SPOTTS M. "PROYECTO DE ELEMENTOS DE MAQUINA", Tercera edición, España 1966. Pág 140.
- 4.- ALAMOS H. "METODO DE DIBUJO DE MAQUINAS", Chile 1972. Pág 90.
- 5.- THONSON W. "TEORIA DE VIBRACIONES CON APLICACIONES", New Jersey 1972. Pág 52.
- 6.- MORENO G. "CONSTRUCCION DE HORNOS DE CUBILOTE", ESPOL 1989. Pág 5.
- 7.- HUTTE. "MANUAL DEL INGENIERO DE TALLER I", España 1978. Pág 282.