

881217

**UNIVERSIDAD ANAHUAC**

3

ESCUELA DE INGENIERIA

2ej

Con estudios Incorporados a la Universidad Nacional Autónoma de México



**PROYECTO TECNICO ECONOMICO PARA LA INSTALACION  
DE UNA PLANTA DE RECUPERACION DE REBABA EN  
UNA FABRICA DE PISTONES AUTOMOTRICES**

TESIS CON  
VALIA DE ORIGEN

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
AREA INDUSTRIAL

**P R E S E N T A**  
**JUAN MANUEL GONZALEZ FERNANDEZ**

MEXICO, D. F.

1992



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# T E S I S

## PROYECTO TECNICO ECONOMICO PARA LA INSTALACION DE UNA PLANTA DE RECUPERACION DE REBABA EN UNA FABRICA DE PISTONES AUTOMOTRICKS.

### I N D I C E

	Página
INTRODUCCION .....	i
OBJETIVO .....	iii
ALCANCKES .....	iv
CAPITULO I. GENERALIDADES .....	1
1.1. Antecedentes e historia de la empresa .....	1
1.2. Descripción del producto .....	2
1.2.1. Diagramas de un pistón .....	5
1.3. Principales clientes .....	8
CAPITULO II. PROCESO DE FABRICACION DE UN PISTON .....	9
2.1. Diagrama de flujo .....	9
2.2. Fundición y moldeo .....	10
2.3. Corte de coladas .....	11
2.4. Tratamiento térmico .....	12
2.5. Maquinado .....	13
2.6. Lavado y estañado .....	14
2.7. Inspección final .....	14
2.8. Empaque y distribución .....	15
2.9. Control de calidad .....	16
CAPITULO III. SITUACION ACTUAL Y PROPUESTA .....	17
3.1. Descripción y orígenes de la rebaba .....	17
3.1.1. Clasificación de rebaba .....	18
3.1.2. Código de colores .....	21
3.2. Método de recuperación actual .....	23
3.3. Método de recuperación propuesto .....	24
3.3.1. Alcance de las actividades .....	25
3.4. Descripción del proceso .....	27
3.4.1. Diagrama de flujo de proceso .....	35

CAPITULO IV. PRODUCCION REQUERIDA	36
4.1. Pistón promedio	36
4.2. Relación entre cantidad de rebaba y pistón promedio	37
4.3. Cantidad de pistones promedio fabricados por cada aleación	41
4.4. Cálculo de la cantidad de rebaba generada por cada aleación	42
4.5. Cálculo de la producción requerida	43

CAPITULO V. SELECCION Y DESCRIPCION DEL EQUIPO DE FUNDICION

5.1. Consideraciones	46
5.2. Horno de crisol	47
5.2.1. Características	47
5.2.2. Ventajas	48
5.2.3. Desventajas	50
5.2.4. Diagrama de un horno de crisol	52
5.2.5. Materiales constitutivos	54
5.2.6. Capacidad calorífica	55
5.3. Lingoteras	56
5.4. Diagrama de instalación	58
5.5. Equipo de fundición	60
5.5.1. Tuberías	60
5.5.2. Válvula de alta presión	61
5.5.3. Regulador	61
5.5.4. Manómetro	61
5.5.5. Válvula de seguridad	62
5.5.6. Válvula proporcionadora de aire-gas	62
5.5.7. Válvula reguladora de gas	62
5.5.8. Orificio de medición	63
5.5.9. Válvula de globo	63
5.5.10. Quemador de gas natural	63
5.5.11. Turboventilador	64
5.5.12. Válvula de mariposa	64
5.5.13. Interruptor de baja presión de aire	64
5.5.14. Pirómetro	65
5.5.15. Termopar	65
5.5.16. Tablero de control	65
5.6. Descripción y uso del equipo de servicio	65
5.6.1. Diagrama de los accesorios de servicio	67
5.6.2. Campana	68
5.6.3. Espumadera	68
5.6.4. Estrella	68
5.6.5. Bote de vaciado	68
5.6.6. Espátula	69
5.6.7. Cenicero	69
5.6.8. Escantillón	69
5.7. Equipo para lavado y secado de la rebaba	70
5.7.1. Objetivo del equipo	70
5.7.2. Descripción del proceso	71
5.7.3. Diagrama del equipo	75

**CAPITULO VI. CUANTIFICACION DE EQUIPO ..... 76**

6.1. Capacidad volumétrica utilizable de un horno para mil libras de aluminio en estado de fusión ...	76
6.2. Cálculo de requerimientos de hornos .....	79
6.2.1 Cálculo de materiales constitutivos para hornos .....	81
6.3. Cálculo de requerimientos de lingoteras .....	81
6.4. Cálculo de requerimientos de componentes para el sistema de fundición .....	83
6.5. Cálculo de accesorios de fundición .....	85
6.6. Cálculo de requerimientos de lavadora y secadora de rebaba .....	86
6.7. Otros .....	87

**CAPITULO VII. LOCALIZACION Y DISTRIBUCION DE LA NUEVA PLANTA**

7.1 Descripción del local .....	88
7.2 Diagrama de localización .....	91
7.3 Consideraciones para la distribución de planta .....	92
7.4 Diagrama de distribución de la planta propuesta .....	94
7.5 Plano de levantamiento de planta propuesta ....	95

**CAPITULO VIII. CALCULO DE MANO DE OBRA ..... 96**

8.1. Clasificación de actividades .....	96
8.2. Consideraciones para la determinación de tiempos .....	98
8.2.1. Jornadas de trabajo .....	99
8.3. Establecimiento de tiempos .....	101
8.3.1. Consideraciones para el estudio de tiempos .....	105
8.3.2. Estudio de tiempos .....	110
8.4. Frecuencia de las actividades secundarias .....	133
8.5. Diagrama hombre-máquina .....	136
8.6. Mano de obra directa necesaria .....	137
8.7. Mano de obra indirecta requerida .....	140

**CAPITULO IX. ANALISIS DE COSTOS ..... 142**

9.1. Consideraciones .....	142
9.2. Hornos y equipo de combustión .....	143
9.3. Equipo de servicio .....	145
9.4. Equipo para lavado y secado de la rebaba .....	147
9.5. Inversión inicial .....	148
9.6. Ventas .....	149
9.7. Cálculo de insumos .....	151
9.7.1. Consumo de gas .....	151
9.7.2. Consumo de energía eléctrica .....	154
9.8. Mano de obra .....	157
9.9. Mantenimiento .....	158
9.10. Renta del local .....	159
9.11. Depreciaciones .....	160
9.12. Costo anual de manufactura .....	161

CAPITULO X. EVALUACION ECONOMICA	162
10.1. Cuentas por cobrar	162
10.2. Estados de resultados proforma	163
10.3. Balances proforma	164
10.4. Flujo neto de caja	166
10.5. Período de recuperación	166
10.6. Rendimiento sobre la inversión	167
10.7. Retorno sobre ventas	169
10.8. Costo actual contra alternativa propuesta	170
CAPITULO XI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	172
CAPITULO XII. AREAS DE FUTURA INVESTIGACION	176
APENDICE 1	177
APENDICE 2	179
APENDICE 3	182
BIBLIOGRAFIA	183

## INTRODUCCION

Independientemente del tamaño que tengan o de lo completas que estén en cuanto a su integración se refiere, todas las empresas manufactureras del mundo dependen en mayor o menor grado de proveedores externos, de gentes sobre las cuales no tienen ningún control ni autoridad, pero que sin embargo están sujetas a ellas para poder llevar a cabo ciertas actividades o procesos que a menudo son de vital importancia para conservar su nivel operativo.

Algunas de estas empresas se ven grandemente beneficiadas cuando saben que pueden confiar en sus proveedores, cuando éstos siempre les han respondido cumpliendo sus expectativas de una manera óptima, evitándoles así el incurrir en inversiones innecesarias o en expansiones que serían mas obligadas que deseadas.

Sin embargo, son pocas las empresas que tienen la fortuna de contar con este apoyo, y son la gran mayoría las que tienen que estar lidiando constantemente con sus proveedores para que éstos les respondan de una manera que no siempre es aceptable, teniendo que enfrentar en ocasiones serias dificultades en las que no se hubieran visto envueltas de haber podido contar de manera oportuna y eficiente con el bien o el servicio contratado.

Debido a lo anterior es por lo que muchas compañías manufactureras deciden expandirse, ya sea complementando sus instalaciones para disminuir su dependencia de terceros, o incluso comprando a sus propios proveedores, para así poder asegurar el suministro y la calidad del bien o servicio que requieren.

Este trabajo pretende precisamente dar una solución a la desfavorable situación de dependencia que mantiene la Cia. Moresa Industrial, S.A. de C.V., el principal productor de partes automotrices en nuestro País, con el proveedor encargado de recuperar la rebaba de aluminio resultante de los diversos procesos de maquinado necesarios para la elaboración de los productos Moresa.



## OBJETIVO

Fundamentado en lo anterior, esta tesis tiene como objetivo principal el llevar a cabo un estudio técnico económico para evaluar la conveniencia de expansión de una fábrica dedicada principalmente a la producción de pistones automotrices, instalando en ella una planta que permita recuperar la rebaba de aluminio producida en los diferentes procesos que involucra la elaboración de estos productos.

Es requisito indispensable para dicha evaluación el que cumpla con cinco puntos esenciales:

1.- Evitar depender de terceros para el suministro del material recuperado.

2.- Cumplir puntualmente con la entrega del mismo.

3.- Satisfacer los requerimientos de calidad necesarios.

4. Reducir los costos actuales en lo que a recuperación de rebaba se refiere.

5.- Poder contar en un futuro con la posibilidad de abrir un nuevo mercado, satisfaciendo las necesidades de todas aquellas empresas que requieran los servicios de recuperación que este proyecto de planta pueda brindarles.

## ALCANCES

- Se dará una descripción generalizada del proceso productivo de un pistón automotriz, desde su fundición hasta su empaque para que pueda ser canalizado a los diferentes puntos de distribución.

- Se dará una explicación de los orígenes de la rebaba, así como el medio de recuperación actual y los problemas que éste presenta.

- Se hará un estudio que permita determinar los requerimientos de recuperación de rebaba para los próximos cinco años.

- Se detallará el proceso productivo necesario para el funcionamiento de la nueva planta de recuperación de rebaba.

- Se calcularán los requerimientos de equipo y mano de obra para poder satisfacer la demanda a cinco años.

- Se establecerá la localización y distribución de la nueva planta, así como la instalación requerida para su operación.

- Se realizará un pronóstico de los estados financieros, y se evaluará la rentabilidad del proyecto de la nueva planta para los próximos cinco años.

- Se darán las conclusiones y recomendaciones obtenidas como el resultado de este trabajo.

- La evaluación anterior se hará desde un estricto punto de vista de Ingeniería Industrial, y no pretende profundizar en temas relativos a composiciones químicas o de aspecto metalúrgico. Tampoco pretende estudiar o implementar los aspectos productivos de un pistón o los métodos de fabricación que imperan actualmente en la empresa en cuestión, o entrar en aspectos directivos, administrativos o contables, a no ser por lo contenido en el punto que precede al anterior.

- Se sugerirán áreas de futura investigación derivadas del presente estudio.

## I GENERALIDADES

### 1.1 Antecedentes e Historia de la Empresa.

Este proyecto está realizado en una de las plantas que integran el GRUPO MORESA, constituido en un 60% por capital mexicano y 40 % por capital extranjero (principalmente estadounidense), dedicado a la investigación, implementación y fabricación de punterías, válvulas, pernos y pistones para la industria automotriz principalmente, desde su fundición y moldeo, hasta el empaque y entrega del producto al cliente o distribuidor.

Este grupo está integrado por diversas compañías, como son: COMOSA (Comercializadora Moresa), FARESA (Fabricante de Refacciones), COPRESA (Componentes de Precisión), FOMASA (Forjas y Maquinaria -Aguascalientes-), MORESTANA (MORESA-STANADYNE -Aguascalientes-), ALFISA (Aleaciones Finas, por entrar en operaciones en Huehuetoca, Edo. de Mex.), la recientemente desaparecida IACSA (Industria Automotriz de Cuernavaca), y la pionera y mas grande de todas, MORESA INDUSTRIAL, ubicada en Norte 35 No. 895, col. Industrial Vallejo, en México, D. F. y a la cual a lo largo de este texto nos referiremos como "DIVISION INDUSTRIAL", ya que es la planta donde se ha realizado este proyecto.

Esta empresa se fundó en 1949 como compañía única. A través de los años fue creciendo y adquiriendo las demás compañías, las que hoy suman siete, unidas bajo una misma administración corporativa. Hoy día, este grupo es el productor mas grande e importante a nivel nacional y un fuerte exportador de los productos mencionados, contando con el apoyo tecnológico de las principales firmas del ramo en el mundo:

- \* MAHLE, GMBH (Alemania) para la producción de pistones.

- \* BURGERS NORTON (USA) para la fabricación de pernos para pistón.

- \* TRW Inc. (USA) para la manufactura de válvulas.

- \* STANADYNE & GENERAL MOTORS (USA) para la elaboración de punterías.

## 1.2 Descripción del producto.

Como se mencionó anteriormente, los productos manufacturados por la División Industrial son: válvulas, punterías, pernos y pistones para la industria automotriz principalmente, de los cuales nos referiremos únicamente a los pistones, ya que es en ellos en los que está basado este trabajo, y son los que componen la mayor parte de la producción de la empresa.

La Cia. fabrica una gran variedad de pistones, los que casi en su totalidad son para la industria automotriz; esporádicamente fabrica pequeños lotes de pistones para otros usos, como puede ser el caso de los pistones para compresores para aparatos de aire acondicionado o de aire comprimido.

Los pistones automotrices se fabrican en diversas modalidades dependiendo de su uso, pudiendo ser para motores de Diesel o de Gasolina, o para motores Turbo o normalmente aspirados, pero todos elaborados con aleaciones a base de aluminio, siendo el cliente quién estipula las concentraciones de dichas aleaciones y los diseños y tolerancias permitidas para los diferentes modelos de pistones.

Existen algunos pistones que debido al tipo de trabajo que van a realizar tienen que ser reforzados, por ejemplo los pistones Diesel para maquinaria pesada, los que se refuerzan con anillos de una aleación a base de Niquel, como se explicará mas adelante.

También existen dos grandes ramificaciones de los productos de la División Industrial, aquellos fabricados especialmente como equipo original y los que serán utilizados como equipo de repuesto. Además todos los pistones se elaboran en diferentes medidas, es decir,

respetando la geometría del pistón, éste se fabrica en dos o tres medidas diferentes, con variaciones milimétricas; esto se hace para que el cliente pueda escoger en forma independiente los pistones que ajusten perfectamente en el motor en que se van a ensamblar, ya que la fundición y maquinado de los monoblocks no puede ser siempre igual; además en los motores usados y rectificados, siempre se requerirá de una medida especial para que ajuste el pistón en el monoblock, la que dependerá de que tan gastado esté y que tanta rectificación haya requerido el motor en cuestión.

#### 1.2.1 Diagramas de un pistón

El diagrama 1.2.11, muestra la nomenclatura típica de un pistón, y los diagramas 1.2.12 y 1.2.13, detallan claramente las diferentes zonas y partes que constituyen un pistón.

Diagrama 1.2.11 Nomenclatura típica de un pistón

## NOMENCLATURA DEL PISTON

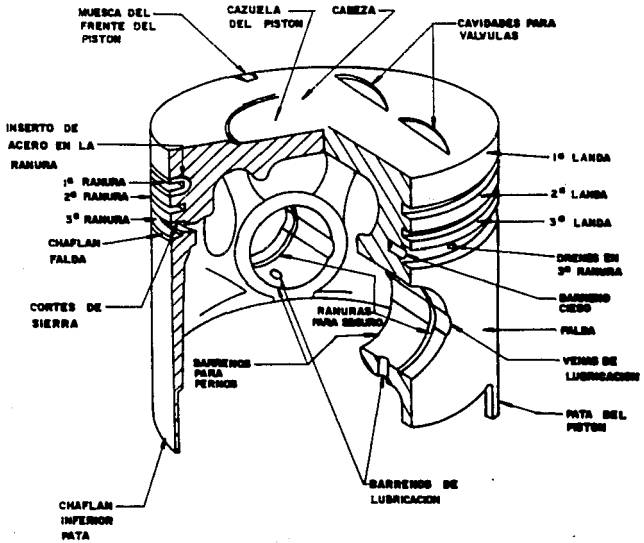
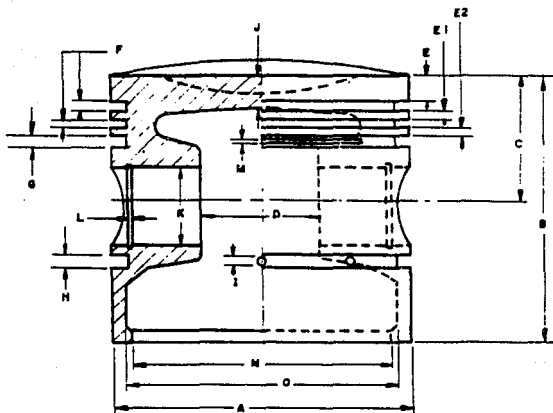


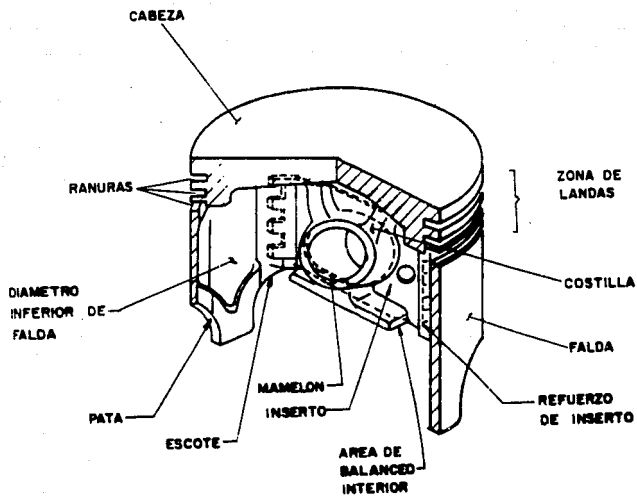


Diagrama 1.2.12 Zonas y partes de un pistón



A = DIAMETRO DEL PISTON	G = RANURA PARA ANILLO DE ACEITE (SUPERIOR)
B = LONGITUD DEL PISTON	H = RANURA PARA ANILLO DE ACEITE
C = DISTANCIA DE COMPRESION	I = BARRENOS-DRENS DE ACEITE
D = DISTANCIA ENTRE MAMELONES	J = ESPESOR DE LA CABEZA
E = ANCHO LANDA SUPERIOR	K = DIAMETRO DEL BARRENO PARA PERNO
E <sub>1</sub> = ANCHO 2 <sup>o</sup> LANDA	L = RANURAS PARA SEGUROS DE PERNO
E <sub>2</sub> = ANCHO 3 <sup>o</sup> LANDA	M = CORTE DE SIERRA (SEPARA CABEZA DE FALDA)
F = RANURA PARA ANILLO DE COMPRESION	N = DIAMETRO DE REGISTRO CAJA
	O = DIAMETRO INFERIOR DE FALDA

Diagrama 1.2.13 Corte de un pistón



### 1.3 Principales clientes.

Debido a que la División Industrial es prácticamente el único fabricante de estas auto-partes en toda la República Mexicana, sus clientes para el equipo original son todas las plantas armadoras del País: CHRYSLER DE MEXICO, DIESEL NACIONAL, FABRICANTES DE AUTOMOTORES MEXICANOS, FORD MOTOR COMPANY, GENERAL MOTORS DE MEXICO, VOLKSWAGEN DE MEXICO, NISSAN MEXICANA, MOTORES PERKINS, DINA CUMMINS, JOHN DEERE, KOHLER DE MEXICO, INTERNATIONAL HARVESTER y antiguamente VEHICULOS AUTOMOTORES MEXICANOS Y RENAULT DE MEXICO, entre otros.

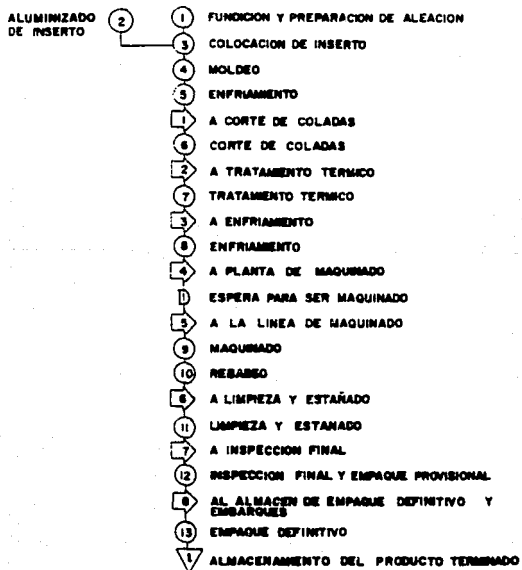
Los clientes para los pistones de repuesto son prácticamente todas las refaccionarias del País, algunas de las cuales actúan como distribuidoras, especialmente cuando se encuentran en zonas lejanas o de difícil acceso. A estas refaccionarias son a las que acuden los mecánicos para proveerse de las piezas que necesitan para reparar los motores dañados.

## II PROCESO DE FABRICACION DE UN PISTON

### 2.1 Diagrama de Flujo.

A continuación se presenta el diagrama de flujo 2.1, que permitirá entender mas claramente el proceso productivo de un pistón:

Diagrama 2.1



## 2.2 Fundición y moldeo.

La División Industrial está dividida en 2 plantas, denominadas "Planta de Fundición" y "Planta de Maquinado", y se encuentran localizadas una frente a la otra. En la Planta de Fundición se lleva a cabo el siguiente proceso en lo que a fabricación de pistones se refiere:

En hornos de crisol (con capacidad para 600 libras o para 1000 libras de aluminio en estado de fusión) se funde el aluminio y se prepara la aleación que ha de ser utilizada para moldear los diversos pistones que se fabrican, algunos de los cuales llevan un inserto (fabricado previamente en la misma planta) para reforzarlos en la región del barrenado del perno; Algunos otros llevan en la zona de Landas el anillo denominado "Ni Resist" (Níquel resistente) que es integrado en los pistones para motores diesel.

Una vez fundido el aluminio, y reuniendo la aleación las características estipuladas por las normas de calidad de la División Industrial, se procede al "moldeo" de los pistones, el cual se lleva a cabo vaciando sobre el molde la aleación en estado de fusión.

Simultáneamente y utilizando unos hornos de crisol denominados "hornos holding" u "hornos de retención", que son de tamaño mas pequeño (300 lbs de Aluminio en estado de fusión) que el de los utilizados para el moldeo de los

pistones, se deberán aluminizar previamente los insertos y/o anillos Ni-resist que serán utilizados en los pistones que los requieran, y se deberán colocar en el molde antes de iniciar el vaciado, para que así estos puedan quedar integrados en el pistón.

Una vez vaciado el aluminio en el molde y cuando éste ya se haya solidificado (pistón ya moldeado), la máquina moldeadora se abre, toma los pistones y los deposita automáticamente en unos contenedores diseñados especialmente para terminar el proceso de enfriamiento, los cuales se encuentran localizados bajo un tiro forzado de aire a temperatura ambiente.

### 2.3. Corte de Coladas

Cuando las piezas hayan descendido a una temperatura que permita tomarlas libremente con la mano sin quemarse, se meten en unas canastillas de malla metálica que tienen un poco más de un metro cúbico de capacidad, las que pueden ser transportadas con un montacargas, facilitando así el manejo del material. A estas canastillas se les anexa una etiqueta que contiene la información necesaria del producto, como el número de modelo, la fecha, el número de lote de producción, nombre de los inspectores de control de calidad, etc., misma que conservará hasta llegar a la línea de inspección final.

Las coladas y mazarotas son las "rebabas" mas burdas que tiene el pistón recién moldeado. Estas coladas y mazarotas son en realidad el moldeado de las venas de alimentación por donde fluye el aluminio líquido al molde. Utilizando una pequeña prensa con cuchillas, las coladas y mazarotas son "cercenadas" del pistón, el que se vuelve a agrupar en otra canastilla igual a la anterior, para que puedan ser trasladados por un montacargas al área de tratamiento térmico.

#### 2.4 Tratamiento Térmico

Cuando los pistones llegan en las canastillas metálicas al área de tratamiento térmico, deben esperar a que el montacargas los meta con todo y la canastilla al primer horno que se encuentre disponible para el proceso que el tipo de pistones en cuestión requiera, el cual puede ser de temple con solución y/o envejecimiento.

Cuando se termina el proceso de tratamiento térmico, el montacargas debe sacar la canastilla del horno y llevarla al area destinada a enfriamiento a temperatura ambiente, la que por lo general se encuentra localizada en el exterior del edificio.

## 2.5 Maquinado

El montacargas transportará a la planta de maquinado las canastillas conteniendo los pistones cuando éstos hayan igualado la temperatura ambiente, depositándolos en el área destinada a espera de turno para entrar a la línea de maquinado, la que dependerá del número de modelo de que se trate.

En este proceso se le practican a los pistones diferentes operaciones mediante la utilización de máquinas herramientas y que principalmente son desvastes y rectificadas, iniciando con acabados burdos y afinándolos poco a poco hasta lograr darle la geometría y el acabado requeridos por los clientes, ateniéndose a las normas y tolerancias impuestos por ellos.

Al final de las líneas de maquinado se encuentran unas mesas en las que, por medio de aire comprimido, se "rebabea" los pistones, es decir, se limpian de los residuos de rebaba y mugre que puedan traer pegadas.

Durante todo el proceso de maquinado y rebabeo, los pistones se transportan en unas charolas especiales, para así evitar que se golpeen unos con otros. Las charolas se deslizan sobre unos transportadores de rodillos que van a lo largo de toda la línea de maquinado y terminan en las mesas de rebabeo



## 2.6 Lavado y Estañado

Cuando el rebabeo ha terminado, las charolas conteniendo los pistones se colocan sobre unas plataformas de madera de aproximadamente un metro cuadrado, para que con la ayuda de una carretilla hidráulica puedan ser llevadas al área de lavado y estañado; Aquí los pistones son colocados uno por uno en un transportador especial que tiene la forma de un gancho, y que llevará al pistón primero por el proceso de lavado y despues por el de estañado, sumergiéndolo en varias tinas que contienen diferentes soluciones especiales y a diversas temperaturas, para eliminar toda la grasa, óxido y mugre que se encuentre adherida al pistón, permitiendo así un buen lavado. El proceso de estañado es prácticamente igual al del lavado, la diferencia estriba en las soluciones contenidas en las tinas.

## 2.7 Inspección Final.

Al final de la ruta seguida por el transportador para el lavado y estañado, se localiza un banda transportadora de aproximadamente dos metros de ancho, sobre la cual se colocan los pistones de uno en uno y sin tocarse uno con otro. Esta banda entra a un cuarto con temperatura controlada (25 grados Centígrados), donde se lleva a cabo la inspección final de los pistones; El ambiente controlado es

necesario para evitar que existan errores de lectura debidos a la dilatación de los materiales, además de que a los clientes se les pide que sus dimensiones estén calculadas a una temperatura de 25 grados Centígrados. Esta inspección final se hace pieza por pieza, checando el peso y las medidas de los pistones para poder asegurar que éstos cumplen con las especificaciones exigidas por el cliente.

En el mismo cuarto de inspección final, el producto terminado es empacado en forma provisional en cajas especiales de cartón, para luego ser llevado al departamento encargado del empaque definitivo y de su distribución.

## 2.8 Empaque y distribución

Las cajas de empaque provisional conteniendo los pistones terminados, son llevadas en un camión al departamento de empaque definitivo y distribución del producto, el cual se localiza en otro predio. En este departamento, los pistones se empaican en las cajas definitivas, que a menudo son las que el cliente ordena; asimismo se les incluye la papelería necesaria (garantía, instructivos de ensamble, etc.) y los pernos necesarios según el tipo de pistón de que se trate, para entonces poder proceder a su distribución.

## 2.9 Control de Calidad

Durante todo el proceso de fabricación de los pistones, desde que llega la materia prima hasta que se empaca definitivamente el producto, el departamento de control de calidad hace pruebas exhaustivas para asegurar que la mercancía terminada cumpla con los requisitos exigidos por el cliente.

Al recibir la materia prima se analiza la calidad de la misma por medio de muestreo.

Durante la fundición, las pruebas referentes a la composición de la aleación se hacen una por cada crisol que se carga, y se "lotifica" la producción hecha con la carga de cada crisol, para que en caso de que el laboratorio metalúrgico detecte algún problema, el lote completo se pueda detener y examinar mas detenidamente.

Después del tratamiento térmico se realizan pruebas por muestreo, al igual que durante y despues de los procesos de maquinado, rebabeo, lavado y estañado.

Como se dijo anteriormente, durante la inspección final se revisa pieza por pieza.

### III SITUACION ACTUAL Y ALTERNATIVA PROPUESTA

#### 3.1 Descripción y orígenes de la rebaba

Los procesos de maquinado descritos en el punto 2.5 están realizados por diversas máquinas-herramientas especialmente diseñadas para el tipo de trabajo que cada una debe de efectuar, transformando el pistón burdo, tal y como sale del molde de fundición, con medidas inexactas, acabados imperfectos y superficies irregulares, en un pistón de alta calidad que satisface los requisitos del cliente en cuanto a acabados, materiales, geometría y medidas se refiere.

Durante estos procesos de maquinado intervienen diversas máquinas-herramientas como tornos, taladros, fresadoras, rectificadoras, pulidoras, etc., las que van "desgastando" el pistón burdo hasta obtener el producto deseado. Los desprendimientos de material producidos por el efecto de los elementos cortantes o abrasivos de las máquinas mencionadas, al entrar en contacto con el pistón en proceso, reciben el nombre de rebaba. Dicho en otras palabras, rebaba son los pedacitos de material que se van quitando del pistón para darle a éste su forma y dimensiones finales.

La rebaba cae, o al piso, o a unos colectores diseñados especialmente para este propósito, dependiendo de la máquina

de que se trate, pero de manera general, toda la rebaba se ensucia con mugre del piso o de los mismos contenedores, y debido al contacto con el fluido de corte, se encuentra mojada e impregnada de grasa, de forma tal que toda la rebaba proveniente de los procesos de maquinado no puede ser reciclada sin antes haber sido descontaminada. También se corre el riesgo de contaminación de aleación, es decir, que las rebabas provenientes de diversas aleaciones se mezclaran, provocando que se perdieran las concentraciones originales y crearan producciones defectuosas.

La rebaba se puede secar si se deja en el piso o en los contenedores por mucho tiempo, pero las grasas permanecen adheridas a ella, y la contaminación por suciedad se vuelve más severa.

### 3.1.1 Clasificación de la rebaba

Como se mencionó anteriormente, existen varias aleaciones con diferentes concentraciones a base de aluminio, silicio, fierro, cobre, manganeso, magnesio, níquel, titanio y zinc, las que por ningún motivo deben de ser mezcladas entre sí. La contaminación por esta causa es la más severa de todas, considerada como irreversible, teniéndose que deshechar el material contaminado como si fuera chatarra.

Sin embargo para efectos de recuperación de rebaba, las aleaciones se pueden dividir en dos grandes grupos. La aleación F-132 que concuerda con la norma SAE 332, y la aleación M-124 que es una modificación de la norma SAE 321.

La aleación F-132 se utiliza para la fabricación de pistones para motores de gasolina y su composición es la siguiente:

Silicio	de 8.5% a 10.5%
Fierro	0.9% máximo
Cobre	de 2.5% a 4.0%
Manganeso	de 0.2% a 0.5%
Magnesio	de 0.9% a 1.3%
Níquel	0.5% máximo
Titanio	0.25% máximo
Zinc	1.0% máximo
Aluminio	Balance *

\* El elemento de balance es aquel que completará la aleación hasta formar un 100%.

La aleación M-124 se utiliza para la fabricación de pistones para motores Diesel principalmente, y su composición es la siguiente:

Silicio	de 11.0% a 13.0%
Hierro	0.7% máximo
Cobre	de 0.8% a 1.5%
Manganeso	0.3% máximo
Magnesio	de 0.8% a 1.3%
Níquel	de 0.8% a 1.3%
Titanio	0.2% máximo
Zinc	0.3% máximo
Aluminio	Balance *

\* El elemento de balance es aquel que completará la aleación hasta formar un 100%.

Como se mencionó en el párrafo anterior, la aleación M-124 es una modificación a la norma SAE 321 para así poder satisfacer los requerimientos de los clientes, principalmente de las plantas armadoras. Esta aleación se utiliza para la fabricación de pistones Diesel, aunque existen algunos clientes como Nissan Mexicana, que exigen que sus pistones para motores de gasolina sean fabricados con esta aleación, ya que se desgastan menos y duran mas que los fabricados con aleación F-132.

Así mismo es necesario hacer la diferencia entre la rebaba húmeda y la rebaba seca, teniendo en consecuencia cuatro diferentes grupos de aleaciones.

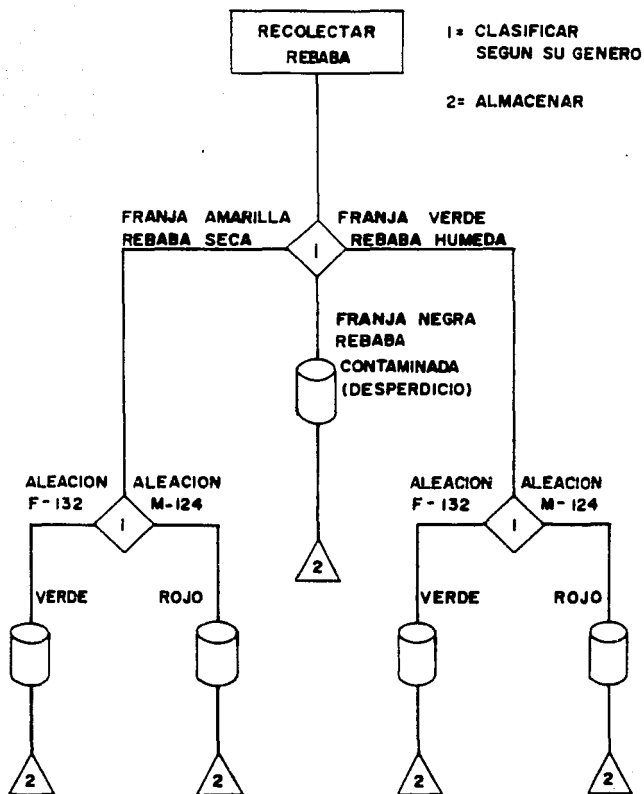
### 3.1.2 Código de Colores

Existe en las normas de procesos de fabricación de la División Industrial, un código de colores para identificar la rebaba de acuerdo al contenido del párrafo anterior. Dicho código de colores tiene que ser respetado, ya que la empresa se basa única y exclusivamente en él para manejar adecuadamente la rebaba. Este código primeramente identifica si la rebaba está seca o húmeda, asignándole los colores amarillo y verde respectivamente. Después identifica a la rebaba de aleación F-132 con el color verde y a la de la aleación M-124 con el color rojo. El color negro es únicamente para la "chatarra", es decir, la rebaba que se encuentre contaminada con mezcla de las dos aleaciones y que por lo mismo se debe deshechar, independientemente de si está seca o mojada.

Lo anterior se ilustra en el diagrama 3.1.2:



Diagrama 3.1.2 Código de colores



### 3.2 Método de recuperación actual

Actualmente, toda la rebaba generada en la planta de maquinado es recolectada y clasificada por el personal de la División Industrial, de acuerdo al código de colores del diagrama 3.1.2., para posteriormente enviarla a una fundidora externa para que ésta efectúe el proceso de recuperación.

El proceso de recuperación de rebaba debe eliminar todas las impurezas contenidas en el material, como pueden ser grasas, residuos del fluido de corte, óxido, polvo, tierra y mugre en general. El material recuperado debe ser regresado a la planta fundido y en forma de lingotes, con un peso de 12.3 kg cada uno, y clasificada según su aleación conforme al mismo código de colores utilizado. Esto se debe realizar dentro de un plazo y costo previamente convenidos.

Contrariamente a lo esperado por la División Industrial, el material recuperado por la fundidora externa no siempre es de la calidad requerida; A menudo presenta contaminación por carburo de silicio proveniente del crisol en el que se realiza la fundición, mugre, basura y polvo producto de la sedimentación y de la falta de limpieza en el proceso productivo, capa superficial de óxido debido a un excesivo contacto del material en estado de fusión con el aire ambiental, escoria, codificaciones equivocadas e incluso lingotes con aleación mezclada.

Debido a lo anterior es imposible considerar a este material como materia prima de calidad confiable, teniendo consecuentemente la empresa que incurrir en una serie de gastos adicionales para verificar la calidad de este producto. El departamento de control de calidad se ve obligado a realizar minuciosas inspecciones y análisis, retardando así la disponibilidad del material y encareciendo considerablemente el producto.

### 3.3 Método de recuperación propuesto

En vista de los serios problemas de tipo económico y de garantía de la calidad que está enfrentando la empresa con el método de recuperación de rebaba actual, es imperativo encontrar una pronta solución al problema. Existen varios caminos para tratar de solucionar esta situación: el primero y mas viable sería tratar de corregir el problema hablando con el proveedor, haciéndole ver que su servicio ya no cuenta con la calidad y prontitud requeridos y que debe de mejorarlo, o de lo contrario se podría prescindir de él, sin embargo ésto ya se ha hecho un sinnúmero de veces sin obtener resultado favorable alguno; Parece ser que a los dueños ya no les interesa el trabajo y por lo mismo no hacen nada por mejorarlo. Se podría buscar algún proveedor sustituto, pero se corre el riesgo de volver a caer en el mismo vicio, además de que los otros posibles proveedores tienen costos de operación considerablemente mas altos.

La presente propuesta pretende mejorar la situación actual implementando un sistema que permita recuperar la rebaba dentro de la misma empresa, mediante la instalación de una nueva planta para recuperación de rebaba.

Debido a que la propuesta implica una inversión considerable y un cierto riesgo, para efectos de proyecto la nueva planta deberá ser considerada como si fuera una empresa independiente, aunque realmente no lo sea, que deba prestar sus servicios para satisfacer una cierta demanda de mercado con un cierto costo de operación.

Para ello es necesario determinar en que momento del proceso productivo actual deberá intervenir el personal perteneciente a la nueva planta, y cuales son los trabajos que tendrán que desarrollar, para así poder establecer las actividades que correrán bajo la responsabilidad del proyecto propuesto.

### 3.3.1 Alcance de las actividades

El personal de la División Industrial seguirá haciendo la labor de recolectar la rebaba generada durante los diversos procesos de maquinado, clasificándola de acuerdo al código de colores y depositándola en algún lugar determinado dentro de la empresa. De esta manera el personal de la nueva

planta no se relacionará ni entorpecerá las actividades productivas del personal de la División Industrial, evitándose así posibles problemas de roce entre ellos. También la División Industrial es quién debe asumir la responsabilidad de identificar la rebaba adecuadamente en un principio, ya que ellos conocen que aleación es la que se está trabajando en la línea de maquinado donde están recogiendo la rebaba, y además, en caso de duda cuentan con un laboratorio metalúrgico que aseguraría un mayor control para prevenir la contaminación de las aleaciones.

El personal de la nueva planta se encargará de recoger la rebaba en el lugar convenido para llevarla a recuperar, teniendo cuidado de no mezclar las aleaciones; Durante la recuperación se tendrá que limpiar la rebaba de todas las impurezas que contenga y tendrá que ser devuelta fundida en forma de lingotes de 12.3 kg de peso cada uno, y clasificada de acuerdo al código de colores. Dichos lingotes serán puestos por el personal de la nueva planta, a disposición de la División Industrial en su almacén de material recuperado, momento en el cual terminarán las labores a cargo del personal de la nueva planta de recuperación de rebaba, claro está, siempre y cuando no exista reclamación alguna por falta de calidad.

### 3.4 Descripción del proceso

El proceso de recuperación de rebaba propuesto está constituido por las siguientes actividades, que van desde recoger el material para procesarlo, hasta devolverlo a la División Industrial ya procesado y en forma de lingotes:

El personal de la nueva planta de recuperación de rebaba recibirá el producto en la misma forma y presentación como lo hace actualmente la fundidora externa, o sea envasado en contenedores metálicos especiales con 340 kg de rebaba aproximadamente cada uno, y codificados de acuerdo al código de colores del diagrama 3.1.2; el material se deberá llevar y almacenar en la nueva planta, sin mezclar una aleación con otra y respetando el código de colores mencionado.

La primera operación a que se somete la rebaba que se va a recuperar, es la de lavado y secado; Esta operación involucra un proceso de lavado con una solución especial para quitarle todas las grasas y residuos del fluido de corte con que vá impregnada la rebaba, ya que si se introdujera directamente en el horno de fundición junto con las grasas y residuos del fluido de corte, se generaría una gran cantidad de humos contaminantes que serían liberados al medio ambiente. La segunda operación, es un proceso de secado por método de centrifugación.

La salida de la rebaba de la máquina de secado centrifugo es por medio de una tolva, la que deposita a granel la rebaba seca en los mismos contenedores en los que se recibió, y que el personal tendrá que retirar para poder pesar y preparar las cargas que serán introducidas a los hornos; Para ello se volverán a utilizar los mismos contenedores, ya que están especialmente diseñados para ser manejados con el polipasto, pudiendo así cargar los hornos de manera mas eficiente y segura. Cada carga es de aproximadamente 340 kg.

La secadora de rebaba puede ser alimentada por medio de la lavadora, o directamente con el uso del polipasto, en el supuesto caso que se tuviera rebaba que únicamente requiriera ser secada.

Cuando se complete el proceso anterior y teniendo el horno caliente a 650 grados Centígrados aproximadamente, con un remanente en el crisol equivalente a un 25% (aprox.) de la capacidad total de éste, se procede a cargarlo con la rebaba que previamente se limpió y secó, utilizando para ello el polipasto. El horno debe permanecer encendido para que su temperatura se empiece a elevar y se logre la fusión total de la carga.

Al mismo tiempo que se va desarrollando el proceso de fusión, es necesario agitar el material según se requiera, por medio de la utilización de estrellas, para que todo el contenido del crisol sea disuelto y mezclado uniformemente. Cuando la mayor parte del material se haya fundido, hay que introducir en él el Termopar para que el pirómetro indique la temperatura a la que se encuentra la rebaba fundida.

Una vez que el contenido del crisol alcanza una temperatura de 730 Grados Centígrados (mas menos 10), se debe apagar el horno, sacar el Termopar, y dejar reposar el material. Durante este tiempo es importante cubrir la superficie del material con cobertura para fundición, para evitar que entre en contacto excesivo con el aire e impedir que se oxide; La cobertura puede ser Coberal-11, o Flux-431.

Es importante hacer notar que en este momento, a pesar de que el horno se encuentra apagado, su temperatura sigue ascendiendo. Esto se debe a que el horno estaba encendido y calentando a su máxima capacidad, y al apagarse de repente, la inercia térmica que se genera hace que el horno siga subiendo de temperatura durante un corto tiempo.

Después de 10 minutos de espera se deberá retirar la escoria y nuevamente agitar con la estrella el material, para después volver a extraer con la espumadera la escoria que se forme en la superficie, e introducir otra vez el



Termopar, esperando hasta que la temperatura descienda a 730 grados C. (mas-menos 10 grados C.), para comenzar la preparación de lo que se llamará el "caldo". Este proceso toma aproximadamente 15 minutos contados a partir del momento en que se apaga el horno, hasta que la temperatura del contenido del crisol descienda a 730 grados Centígrados.

Absolutamente todas las herramientas de trabajo que se vayan a introducir en el crisol, deberán estar limpias, secas y cubiertas con Blanco de España, para evitar el excesivo desgaste de ellas y la contaminación del aluminio.

Es necesario eliminar los gases y las burbujas de aire atrapados dentro del material fundido, para lo cual hay que retirar el Termopar y con la utilización de las campanas introducir dentro del material, hasta el fondo del crisol, una pastilla desgasificadora, que puede ser de la marca Vulcano, Modelo ESA-C, o de la marca FOSECO, modelo Desgaser-200; la campana deberá permanecer dentro del crisol hasta que la pastilla se haya disuelto completamente.

Una vez disuelta la pastilla desgasificadora hay que volver a retirar la escoria que aparezca en la superficie del material, utilizando la espumadera.

El magnesio se volatiliza al tener un punto de fusión (432 grados Centígrados) mas bajo que el del aluminio (730

grados Centígrados el aluminio puro, y 670 grados Centígrados la aleación), por lo que es necesario añadirlo otra vez, preservando así la composición química de la aleación; Las normas de proceso de fabricación de la División Industrial indican que hay que agregar 5.175 kg de magnesio, por cada preparación de aleación para un crisol de mil libras de aluminio líquido.

Después de esta operación, hay que volver a retirar la escoria que se haya formado sobre la superficie del material fundido.

En este momento el contenido del crisol ya debe reunir las características indicadas para cada aleación, y recibir el nombre de caldo.

Es necesario tomar una muestra del caldo de cada crisol para que el laboratorio metalúrgico lo analice y autorice, llevando así el debido control de calidad. Cada muestra debe de ir marcada con la fecha y número del lote de producción, para que en caso de existir alguna variación en las especificaciones de la aleación, se pueda detectar fácilmente el material defectuoso e impedir que llegue a utilizarse como materia prima.

Una vez extraída la muestra del caldo, es necesario volver a rociar la superficie de éste con cobertura para

fundición, para disminuir al máximo la posibilidad de oxidación por contacto con el aire ambiental; También es necesario introducir el Termopar.

Cuando la temperatura del caldo haya descendido a 710 Grados C. (mas menos 10), es necesario retirar el Termopar y la cobertura que haya en la superficie, así como cualquier residuo de escoria, utilizando nuevamente para ello la espumadera.

El caldo se encuentra listo para ser lingoteado, es decir, para que por medio del bote de vaciado, el contenido del crisol sea traspasado a las lingoteras. La capacidad volumétrica de un bote de vaciado es igual a la de una lingotera, y el contenido del crisol deberá ser vaciado hasta dejar dentro de él un 25% de su capacidad utilizable. El escantillón se utiliza para medir la profundidad del caldo, y tiene una marca que indica hasta donde se debe de lingotear para dejar un remanente del 25% de la capacidad total del crisol.

Inmediatamente después de que se ha vaciado el aluminio líquido a las lingoteras, habrá que desnatarlas con una "espátula" o "desnatadora", esto es, que se deberá quitar la nata o costra de escoria que se encuentre flotando en la superficie, hasta obtener un acabado tipo espejo.

Una vez que el lingote se ha solidificado y ha adquirido la dureza necesaria para poder ser marcado sin mucho esfuerzo, se le estampará con un sello y un martillo el número de la vaciada o lote de producción correspondiente, que debe ser el mismo que llevaba la muestra enviada al laboratorio metalúrgico para su análisis.

Cuando el material se haya enfriado y solidificado dentro de la lingotera, se habrá formado el lingote, mismo que tiene que ser extraído del molde. Esto sucede aproximadamente 9 minutos después de haber sido vaciado el caldo en la lingotera.

Para extraer el lingote, basta hacer girar la lingotera sobre el eje que la sostiene (ver diagrama 5.3) y dejarla que golpee con el tren de lingoteras, provocando que se frene súbitamente y que el lingote se desprenda por inercia.

Utilizando unos ganchos denominados "pata de cabra", los lingotes se retiran del área de lingoteras, y se estiban sobre las plataformas metálicas que la División Industrial tiene para este propósito. Por medio de una carretilla hidráulica, la plataforma con el atado de lingotes es retirado al área de enfriamiento total, donde permanecerán por lo menos hasta que la temperatura de los lingotes descienda a la temperatura ambiente. En este lugar los lingotes deben ser ordenados en "atados", flejados, y

codificados según su aleación, de acuerdo al código de colores.

El atado de lingotes es de 68 piezas cada uno, dispuestos sobre una plataforma metálica de aproximadamente un metro cuadrado. El acomodo de los lingotes es como sigue: son nueve niveles o pisos iguales de lingotes colocados sobre una "cama" o nivel inferior. El nivel inferior está formado por cinco lingotes colocados paralelamente y boca abajo, sobre los cuales se colocarán los otros nueve niveles iguales. Cada uno de estos niveles tiene cuatro lingotes colocados paralelamente y boca arriba, y tres lingotes colocados paralelamente y boca abajo, intercalados sobre los primeros cuatro, de manera que este piso tiene siete lingotes. Como se mencionó el atado tiene nueve pisos iguales con siete lingotes cada uno, mas los cinco lingotes de cama o nivel inferior, forman un total de 68.

Una vez terminado lo anterior, se tendrá que llevar la plataforma conteniendo el atado de lingotes, con ayuda de la carretilla hidráulica, al area destinada por la División Industrial para el almacenamiento del material recuperado.

A continuación se presenta el diagrama de flujo de proceso 3.4.1, el cual muestra paso a paso los procesos anteriores:



#### IV PRODUCCION REQUERIDA

Una vez definido el tipo de trabajo que se realizará en la planta propuesta, es necesario saber de que tamaño va a ser, para también poder calcular la inversión y la mano de obra necesarias, así como la distribución de planta.

Para calcular el tamaño que tendrá la nueva planta, es menester conocer la cantidad de rebaba que se necesitaría recuperar y la cantidad que se podría procesar con un equipo de fundición similar a los existentes en la División Industrial.

##### 4.1 Pistón Promedio

Para poder calcular la cantidad de rebaba que se va a recuperar, es necesario conocer la cantidad de rebaba generada por cada pistón maquinado, y el futuro volumen de producción de pistones de la División Industrial.

Debido a que se producen una gran variedad de pistones con diversas dimensiones y características y que requieren específicamente de una de las dos aleaciones (M-124 o F-132), se hace indispensable la creación de un pistón imaginario, al cual denominaremos "pistón promedio", con el cual se podrá establecer la relación existente entre rebaba producida y pistón maquinado. Dicho pistón promedio estará

dado en función de las dimensiones de todos los pistones que se producen actualmente, y del volumen producido de cada uno de ellos. Sin este pistón imaginario no sería posible establecer con cierta certeza la relación de rebaba producida por pistón maquinado, ya que por ejemplo, un pistón Diesel para trabajo pesado tiene dimensiones considerablemente mas grandes, y produce una cantidad de rebaba mayor, que un pistón de gasolina para trabajo ligero.

#### 4.2 Relación entre cantidad de rebaba y pistón promedio.

Las estadísticas de la División Industrial indican que en los últimos cinco años no han variado significativamente las "características" del pistón promedio; el año pasado se produjeron 5'000,000 de pistones, generando una cantidad de 1,233 toneladas de rebaba, de donde se obtiene lo siguiente:

$$5'000,000 \text{ pistones} / 1,233 \text{ ton} = 4,055.1 \text{ pistones/ton}$$

$$= 4.05 \text{ pistones/kg}$$

$$100 \text{ pistones} / 4.05 \text{ pistones/kg} =$$

$$24.69 \text{ kg de rebaba húmeda por cada } 100 \text{ pistones promedio}$$

maquinados

La proporción anterior esta dada en función de la rebaba húmeda, osea impregnada del fluido de corte y de las grasas que éste contiene. Para obtener el dato exacto de la



rebaba seca generada por cada 100 pistones promedio maquinados, es necesario considerar los datos obtenidos de la siguiente prueba:

Para determinar la cantidad que del peso de la rebaba húmeda corresponde a grasas y fluido de corte, se tomaron 50 kg de rebaba húmeda y se fundieron en un horno, de tal forma que las grasas y humedad en general fueron evaporadas. Después se volvió a pesar la rebaba obteniendo una lectura de 45 kg. Esta prueba se realizó varias veces, tomando rebaba de diferentes aleaciones y de distintas líneas de maquinado y en cantidades variadas; El resultado fue prácticamente el mismo en todas las pruebas, concluyendo que del total del peso de la rebaba procesada, un 10% corresponde a grasas y humedad, teniendo por consiguiente que modificar el dato obtenido en el párrafo anterior, de la siguiente manera:

$$(24.69 \text{ kg de rebaba húmeda}/100 \text{ pist. maq.}) \times 0.9 =$$

22.22 kg de rebaba por cada 100 pistones promedio maquinados

De igual manera se puede calcular para los cuatro años anteriores:

Para hace dos años:

Se produjeron 4.5 millones de pistones, generándose 1,124.4 toneladas de rebaba, de tal forma que:

$$\begin{aligned}
 4'500,000 \text{ pistones}/1,124.4 \text{ ton} &= 4,003 \text{ pistones/ton} \\
 &= 4.00 \text{ pistones/kg} \\
 (100 \text{ pistones}/4.00 \text{ pistones/kg})0.9 &= \\
 22.5 \text{ kg de rebaba por cada } 100 \text{ pistones promedio maquinados.}
 \end{aligned}$$

Para hace tres años:

Se produjeron 4.3 millones de pistones y se generó una cantidad de rebaba de 1,070 toneladas, teniendo lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 4'300,000 \text{ pistones}/1,070 \text{ ton} &= 4,018.7 \text{ pistones/ton} \\
 &= 4.02 \text{ pistones/kg} \\
 (100 \text{ pistones}/4.02 \text{ pistones/kg})0.9 &= \\
 22.38 \text{ kg de rebaba por cada } 100 \text{ pistones promedio} \\
 &\text{maquinados.}
 \end{aligned}$$

Para hace cuatro años:

Se produjeron 4.0 millones de pistones y se generaron 1,004.4 toneladas de rebaba, entonces:

$$4\ 000\ 000 \text{ pistones}/1\ 004.4 \text{ ton} = 3\ 982.5 \text{ pistones/ton}$$

$$= 3.98 \text{ pistones/kg}$$

$$(100 \text{ pistones}/3.98 \text{ pistones/kg})0.9 =$$

22.6 kg de rebaba por cada 100 pistones promedio maquinados.

Para hace cinco años:

Se produjeron 3.8 millones de pistones con una cantidad de rebaba igual a 946.6 toneladas, entonces:

$$3\ 800\ 000 \text{ pistones}/946.6 \text{ ton} = 4\ 014.36$$

$$= 4.01 \text{ pistones/kg}$$

$$(100 \text{ pistones}/4.01 \text{ pistones/kg})0.9 =$$

22.4 kg de rebaba por cada 100 pistones promedio maquinados.

Como conclusión de lo anterior y para efectos de cálculo, tomaremos como base que de cada 100 pistones promedio maquinados se generan 22.5 kg. de rebaba seca, es decir, ya descontado el peso equivalente a grasas y humedad, dato con el cual se puede conocer la cantidad de rebaba que se necesita recuperar.

#### 4.3 Cantidad de pistones promedio fabricados por cada aleación

Se sabe en base a datos estadísticos tomados de la producción de los últimos cinco años, que del total de pistones fabricados por la División Industrial, un 32% corresponde a pistones elaborados con la aleación M-124, y el 68% restante a los manufacturados con aleación F-132.

La producción actual de la División Industrial para poder satisfacer la demanda del mercado, es de 5'400,000 pistones anuales; Siguiendo la proporción anterior se tienen las siguientes cantidades de pistones anuales por aleación:

##### Aleación M-124

$$(5'400,000 \text{ pistones/año}) (0.32) = \\ 1'728,000 \text{ pistones M-124/año}$$

##### Aleación F-132

$$(5'400,000 \text{ pistones/año}) (0.68) = \\ 3'672,000 \text{ pistones F-132/año}$$

#### 4.4 Cálculo de la cantidad de rebaba seca generada por cada aleación

Con los datos anteriores se puede conocer la cantidad de rebaba por aleación que actualmente genera la División Industrial, y que es la misma cantidad que se procesa con el método actual, o sea la recuperadora externa:

Aleación M-124:

$$(1\ 728,000 \text{ pistones/año}) (22.5 \text{ Kg.}) / (100 \text{ pistones}) = \\ 388,800 \text{ Kg./año}$$

Aleación F-132:

$$(3\ 672,000 \text{ pistones/año}) (22.5 \text{ Kg.}) / (100 \text{ pistones}) = \\ 826,200 \text{ Kg./año}$$

Esto quiere decir que durante el presente año se enviarán a recuperar por medio del proveedor externo, 388.8 ton de Aleación M-124 y 826.2 ton de Aleación F-132, o 1,215 ton de rebaba en total.

#### 4.5. Cálculo de la producción requerida

Con los datos anteriores se sabe cual es la capacidad de recuperación de rebaba requerida para este año, pero para efectos de proyecto es necesario conocerla para los próximos cinco años. Se consideran cinco años a futuro porque es el tiempo para el cual la División Industrial elabora sus pronósticos de producción de pistones, y por lo tanto sería imposible conocerla a un tiempo mayor.

Dicho pronóstico establece lo siguiente:

	AÑOS A FUTURO				
	1	2	3	4	5
Cantidad de pistones a producir (en millones)	5.4	5.8	6.3	6.9	7.2

Durante los últimos años se ha observado que el pronóstico de producción ha sido superior en aproximadamente un 5% a la producción real, sin embargo para efectos de cálculo de la capacidad requerida, consideraremos una necesidad de un 10% mayor a la que se prevee será la mayor necesaria dentro de los próximos cinco años, o sea:

$$7'200,000 \text{ pistones/año} \times 1.1 = 7'920,000 \text{ pistones/año}$$

Con lo anterior podemos asegurar que una planta capaz de recuperar la rebaba producida al fabricar 7'920,000

pistones promedio anuales, sería suficiente para satisfacer las necesidades de la División Industrial para los próximos cinco años; También podemos deducir que de esta producción, un 32% corresponden a pistones fabricados con aleación M-124, y el 68% restante a los hechos con aleación F-132, teniendo el siguiente resultado:

**Aleación M-124**

$$(7'920,000 \text{ pistones/año}) (0.32) = \\ 2'534,400 \text{ pistones M-124/año}$$

**Aleación F-132**

$$(7'920,000 \text{ pistones/año}) (0.68) = \\ 5'385,600 \text{ pistones F-132/año}$$

Para calcular la producción anual requerida en toneladas, utilizaremos la relación existente entre la cantidad de rebaba generada por cada 100 pistones promedio producidos, como se determinó en el punto 4.2:

**Aleación M-124**

$$(2'534,400 \text{ pistones/año}) (22.5 \text{ Kg.}) / (100 \text{ pistones}) = \\ 570,240 \text{ Kg./año de aleación M-124}$$

**Aleación F-132**

$$(5\ 385,600 \text{ pistones/año})(22.5 \text{ kg})/(100 \text{ pistones}) = \\ 1\ 211,760 \text{ kg/año de aleación F-132}$$

Lo anterior quiere decir que la capacidad máxima requerida de recuperación de rebaba para los próximos cinco años, será de 570.2 ton/año de aleación M-124, y de 1,211.7 ton/año de aleación F-132, o sea 1,781.9 ton/año en total.

Capacidad de producción requerida = 1,782 toneladas/año



## V SELECCION Y DESCRIPCION DEL EQUIPO DE FUNDICION

### 5.1 Consideraciones

Debido a las políticas de reducción de costos y de estandarización de maquinaria y herramienta imperantes en la División Industrial, para éste y todos los proyectos relacionados con esa empresa, se deberán considerar equipos y accesorios similares a los ya existentes en ella, ya que así no se tendría que incurrir en los gastos inherentes a tener un inventario de refacciones almacenadas, ni tampoco se tendría que capacitar al personal, tanto de mantenimiento como de producción para trabajar con equipos nuevos. La misma política establece también que todos los equipos y maquinaria nuevos funcionen con el mismo tipo de energéticos con los que actualmente funciona la empresa.

La División Industrial cuenta con alimentación directa de gas natural, por lo que todos sus equipos de fundición son hornos de crisol equipados con quemadores que funcionan a base de gas natural.

Si se deseara utilizar Diesel o energía eléctrica para los hornos, habría que hacer una inversión considerable para la adquisición e instalación de un tanque estacionario con sus correspondientes accesorios y tuberías, y habría que tramitar los respectivos permisos para la primera opción;

para la segunda, se requeriría hacer una gran inversión para adaptar la subestación eléctrica actual, para que fuera capaz de suministrar corriente eléctrica a 440 Volts; A esto hay que adicionarle el que la operación con gas natural es mas económica que cualquiera de las dos opciones anteriores, y además, como se indicó al inicio de este capítulo, las dos opciones irían en contra de las políticas imperantes en la División Industrial.

## 5.2 Horno de crisol con quemador de exceso de aire

### 5.2.1 Características

Un horno de crisol es aquel que tiene un recipiente "contenedor" o crisol, dentro del cual se deposita el material que se desea fundir; El crisol se instala en el centro del horno, que es una carcaza de acero forrada en su interior con materiales refractarios y aislantes para reducir la pérdida de energía por disipación al medio ambiente, y también para impedir que el material exterior del horno se deforme o se caliente en exceso.

Entre el crisol y la pared interior del recubrimiento de la carcaza, hay un espacio por donde circula el calor que derretirá el material que se encuentra dentro del crisol. En este tipo de hornos el material a fundir nunca se encuentra en contacto directo con el fuego del quemador.

El horno tiene también un desfogue, que es por donde saldrán el calor residual y los gases producto de la combustión.

Los hornos de crisol que imperan en la División Industrial son de una capacidad de mil libras de aluminio en estado de fusión, y tienen las siguientes dimensiones:

Alto 1.13 m.

Diámetro 1.32 m.

### 5.2.2 Ventajas

Son varias las ventajas que presenta un horno de crisol con quemador de exceso de aire que funcione a base de gas natural, sobre cualquier otro tipo de horno que se destine para recuperar la rebaba en cuestión, por ejemplo su costo, que es considerablemente mas bajo que el de otro horno que funcione con un método diferente. Por ejemplo un horno de inducción tiene un costo aproximadamente cuatro veces mayor, sin contar la instalación necesaria para la utilización de energía eléctrica a 440 Volts y el equipo des-ionizador de agua; Comparado con éste, también el costo operativo es mas bajo, ya que los gastos por mantenimiento y por consumo de energéticos son menores. Las reparaciones de este tipo de

hornos no requieren de personal técnico especializado; el cambio de crisol, que es la reparación mas frecuente, es muy rápida y sencilla. Un montacargas puede mover fácilmente el horno en caso de que fuera necesario. No requiere ningún tipo de obra civil especial. No utiliza ninguna pieza que no se encuentre fácilmente en el mercado, por lo que sus reparaciones son generalmente rápidas.

Durante el proceso de operación normal, el horno que estamos considerando, comparado con uno que tenga quemador atmosférico y que esté forrado con fibra cerámica, resulta mas rápido en cuanto a tiempos de fusión se refiere, además de que los costos inherentes al consumo de gas natural son menores debido a la retención e irradiación de calor de los tabiques aislantes. También la duración del horno es mayor, ya que la fibra cerámica dura menos. Cabe señalar que el tiempo de fusión de la primera carga, esto es, partiendo de que el horno esta frío, es menor en un horno con revestimiento de fibra cerámica que el de un horno forrado con material refractario. Esto se debe a que el refractario tarda mas en calentarse que la fibra cerámica, pero una vez caliente, irradia sobre el crisol una cantidad de calor considerablemente mayor, lo que provoca que los tiempos de fusión sean menores en cargas posteriores. El material cerámico se calienta muy rápido, pero también se enfría muy rápido, por lo que operativamente cuesta mas caro mantener el horno caliente a cierta temperatura.

### 5.2.3 Desventajas

Así como presenta varias ventajas, este tipo de hornos también tiene sus desventajas, como por ejemplo el tiempo de fusión, principalmente el de la primera carga, es mas largo que el de algunos otros tipos de hornos, como por ejemplo el de fibra cerámica. A menudo el material fundido presenta contaminación por Carburo de Silicio proveniente del crisol. En sí el cambio del crisol es rápido, pero se necesita que el horno se haya enfriado, tardando cerca de ocho horas si se encuentra en su temperatura normal de operación. Si el crisol se rompe con material fundido en su interior, se necesitará despegarlo del horno y recoger lo que se haya derramado al suelo; ésto a menudo resulta en algún daño a los materiales refractarios y aislantes del horno, lo que lleva a una reparación larga y costosa. El cascarón del horno se calienta mucho, dificultando la permanencia prolongada al lado de éste. Si el horno tiene un mínimo defecto en su construcción, redundará en detrimento de la vida del crisol, de los materiales refractarios o de ambos. Comparado con un horno de inducción por ejemplo, el horno de crisol resulta menos eficiente, genera mas merma y produce material de menor calidad, pero a unos costos inicial y operativo considerablemente mas bajos.

Comparado con un horno de crisol con quemador atmosférico para gas natural y forrado con fibra cerámica, presenta las siguientes diferencias: El exterior de la carcasa del horno fabricado con fibra cerámica prácticamente no se calienta, y en caso de reparación, en 1.5 horas se enfría.

A continuación se presentan los diagramas 5.2.4 y 5.2.5 de un horno de crisol como los considerados para este proyecto, incluyendo los materiales constitutivos necesarios

#### 5.2.4 Diagrama de un horno de crisol

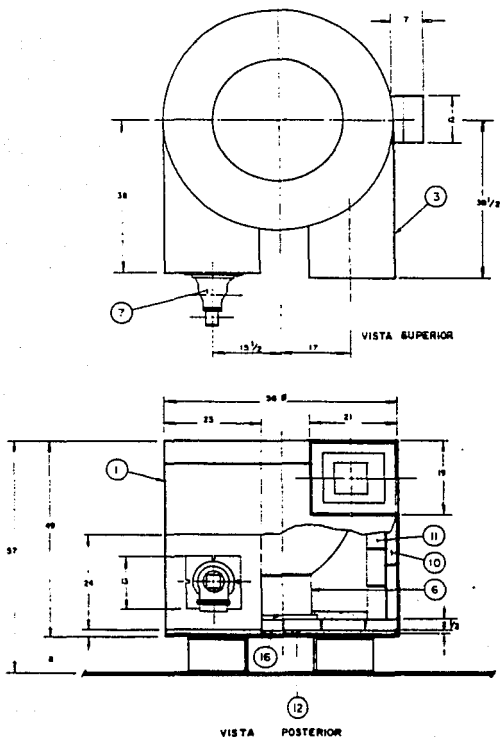
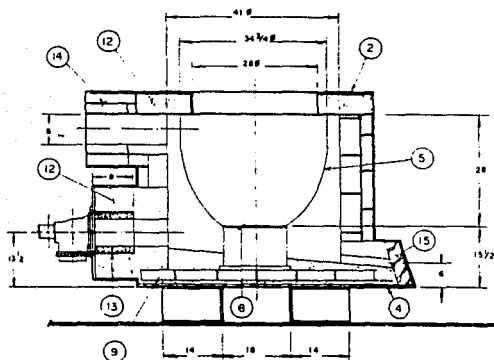


Diagrama 5.2.5 de un horno de crisol



CORTE CONVENCIONAL DE HORNO

LISTA DE PARTES			
N°	DESCRIPCION	OBJETIVO	NOTAS
1	TANQUE	RECIPIENTE	
2	TAPA	SELLADO, CUBIERTA	
3	DESFOGUE	EXTRACCION HUMO	
4	DREN	CONDUCTO P/DERRAME	
5	CRISOL 1000 LBS	FUNDIR ALUMINIO	FERRO
6	BASE	SOPORTE DE CRISOL	
7	QUEMADOR 4425-7B	CALENTAMIENTO	NUTEC
8	BLANCO DE ESPAÑA	SEPARADOR	
9	TABIQUE T 20	NIVELADOR	
10	TABIQUE T 20	AISLANTE INFERIOR	
11	TABIQUE DOVELAS CANTO 12	REFRACTARIO	EMPRE
12	KL MIX	RELLENO REFRACTARIO	
13	GREEN RAM 80 M	RELLENO	ARCILLA
14	CONCRETO REFRACTARIO	UNIR TABIQUES	SAN-SET
15	TAPA DE DREN	EVITAR IRRADIACION	FIBRA CERAMICA
16	TEJA T 26	ESTABILIZADOR	



### 5.2.5 Materiales constitutivos

Un horno de crisol con quemador de exceso de aire y que funcione a base de gas natural, tiene los siguientes materiales constitutivos:

El barril o la carcaza está constituida por materiales comunes en el exterior, y por materiales especiales en el interior.

La "carcaza" o "barril" del horno está elaborada en placa rolada de acero al carbón de 63 mm de espesor.

El interior del horno está conformado necesariamente por materiales especiales para resistir las altas temperaturas y el fuego directo, además de tener una baja conductividad térmica para impedir que el calor sea disipado hacia el exterior, y consiguientemente aumentar la eficiencia, rapidez y economía en la producción; los principales materiales internos que se requieren para la fabricación de este tipo de hornos, son los siguientes:

- Concreto refractario
- Arcilla refractaria
- Concreto aislante
- Crisol de carburo de Silicio
- Tabique refractario
- Tabique aislante
- Base de carburo de Silicio para crisol
- Placa de asbesto de 31 mm. de espesor

El equipo de fundición necesario para que este tipo de hornos funcione, se detallará en el punto 5.5

#### 5.2.6 Capacidad calorífica

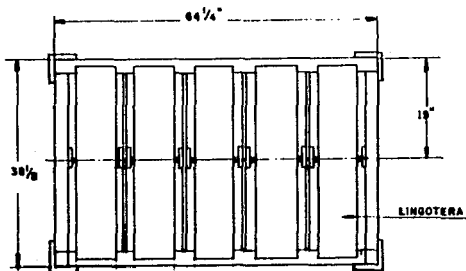
La capacidad calorífica del horno está dada por su único quemador, el que puede ser seleccionado entre un amplio surtido de ellos, con diferencias principalmente en el tipo de flama que generan y en la capacidad calorífica que tienen. Ambos aspectos son de suma importancia, ya que de ellos depende el desempeño general del horno, es decir, son los que determinan la eficiencia y la duración, tanto del horno como del crisol. Una mala selección de este equipo puede dar como resultado un horno con tiempos de fusión sumamente largos, con un alto costo productivo por desperdicio de gas, y por mantenimiento preventivo y correctivo, debidos al exceso de desgaste del crisol y de los materiales constitutivos del horno.

El tipo de quemador que la División Industrial incorpora en sus equipos, y que ha sido comprobado ser el que brinda los mejores resultados y al menor costo operativo posible, es el quemador de exceso de aire marca North American, modelo 4425-7A, que funciona a base de gas natural, con una capacidad calorífica de 504,032.25 Kcal/Hora.

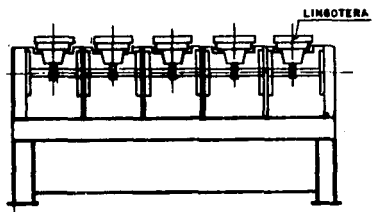
### 5.3 Lingoteras

Lingotera es el recipiente o molde dentro del cual se vacía la aleación en estado de fusión, para obtener piezas homogéneas en forma y peso. Estas piezas o lingotes tienen la medida y el peso a partir del cual el personal de la División Industrial prepara las diferentes cargas en los moldes de fundición, es decir, las medidas de aluminio contenidas en las normas de procesos de producción de pistones de esta empresa, para que los obreros puedan producir las diferentes aleaciones, vienen expresadas en términos de lingotes. Por lo anterior, es requisito indispensable que la nueva planta de recuperación de rebaba devuelva a la División Industrial el material recuperado en forma de lingotes.

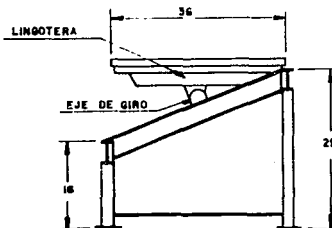
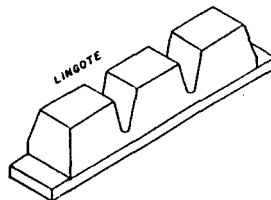
A continuación se presenta el diagrama 5.3 de estas lingoteras, y del "tren" en el cual van montadas:



TREN DE LINGOTERAS  
VISTA SUPERIOR



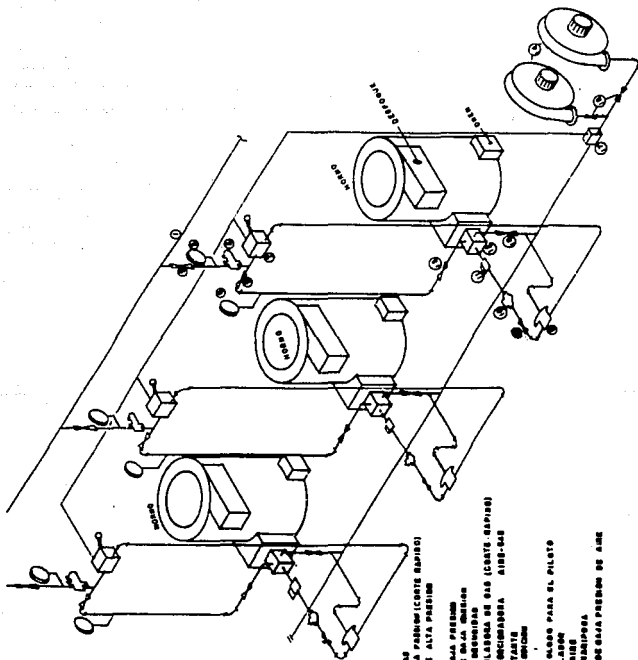
TREN DE LINGOTERAS  
VISTA FRONTAL



TREN DE LINGOTERAS  
VISTA LATERAL

ARMAZON DE LINGOTERAS

## 5.4 Diagrama de Instalacion



Los accesorios de fundición necesarios para operar un equipo similar al propuesto, no deben ser instalados arbitrariamente, ya que han sido diseñados para operar conjuntamente y en un estricto orden secuencial.

En el diagrama 5.4 se puede observar el siguiente orden de accesorios en la línea de suministro de gas:

- 1 Válvula de alta presión
- 2 Manómetro de alta presión
- 3 Regulador
- 4 Válvula de baja presión
- 5 Manómetro de baja presión
- 6 Válvula de seguridad
- 7 Válvula reguladora de gas
- 8 Válvula proporcionadora de aire-gas
- 9 Orificio limitante
- 10 Orificio de medición
- 11 Válvula de globo
- 12 Quemador

Entre el orificio de medición y la válvula de globo, se encuentra un cople que hace una división en paralelo de la alimentación de gas. Esta ramificación tiene una válvula de globo, y conduce a una manguera de hule con una punta de tubo de cobre, la cual hace las veces de piloto para el encendido del horno.

En la línea de suministro de aire, se tiene la siguiente secuencia:

- 1 Turboventilador
- 2 Válvula de mariposa
- 3 Válvula de globo
- 4 Quemador

#### 5.5 Equipo de fundición

##### 5.5.1 Tuberías

Se requiere una red de tuberías de diferentes diámetros y calidades, para conducir aire a presión constante y gas natural. Los diámetros los dictarán los diferentes accesorios que conectarán estas tuberías.

La tubería destinada a la conducción del aire a presión constante, puede ser tubería común de acero al carbón, sin embargo, la tubería destinada a conducir el gas natural, tiene que ser tubería de acero al carbón, cédula 80 sin costura, ya que es la que ofrece una resistencia lo suficientemente alta como para poder garantizar la seguridad necesaria en la conducción de un fluido tan inflamable como éste, además de que en los reglamentos que Pemex impone se encuentra especificado este requisito.

### 5.5.2. Válvula de alta presión

La válvula de alta presión se ubica inmediatamente después del cabezal general de gas, para que funcione como válvula de corte inmediato del gas a todo el sistema. Debe ser una válvula capaz de soportar los 7 kg/cm<sup>2</sup> de presión que hay en promedio en dicho cabezal. Esta válvula generalmente permanecerá abierta, y solo se cerrará en una emergencia o durante alguna reparación.

### 5.5.3 Regulador

El regulador se coloca entre el cabezal de gas y el sistema de fundición. Su función principal es bajar la presión de la red de gas de 7 kg/cm<sup>2</sup> a 190 gr/cm<sup>2</sup>.

### 5.5.4 Manómetros

Los manómetros indican la presión que hay en la línea de gas; se necesita uno de alta presión colocado antes del regulador, y otro de baja presión colocado después del regulador



#### 5.5.5 Válvula de seguridad

La válvula de seguridad protege al sistema contra una posible falla en el suministro de gas natural, aire, o electricidad, lo que podría ocasionar daños al sistema o incluso una explosión. El accionamiento de esta válvula es automático y apaga el horno de inmediato, interrumpiendo las alimentaciones de gas y aire, al mismo tiempo que suena una alarma. El restablecimiento de la válvula es manual.

#### 5.5.6 Válvula proporcionadora de aire-gas

La función de esta válvula proporcionadora de aire-gas, es la de regular la presión y dosificación de aire y gas natural con los que funciona el sistema, para así poder tener siempre una mezcla combustible óptima.

#### 5.5.7 Válvula reguladora de gas

La válvula reguladora de gas es la que limita el suministro máximo de gas natural al sistema. También se le conoce como válvula de orificio.

#### 5.5.8 Orificio de medición

A este accesorio se conecta un manómetro especial de columna de agua, para verificar la relación de la presión en la línea de suministro de gas natural, con respecto a la del aire.

#### 5.5.9 Válvula de globo

La válvula de globo es una válvula de accionamiento manual, y sirve para regular el suministro de gas natural al sistema, debiendo permanecer abierta al 100% durante la operación normal del horno. Es durante el encendido o el apagado del equipo cuando se debe dosificar la alimentación de gas por medio de esta válvula. En el caso del piloto, se abrirá lo que se requiera y se deberá cerrar una vez que el quemador esté encendido.

#### 5.5.10 Quemador de gas natural

El quemador de gas natural es la unidad que proporciona la energía calorífica con la que funciona el sistema. Al quemador llegan las líneas de suministro de aire y de gas natural.

#### 5.5.11 Turboventilador

El turboventilador es el aparato que suministra aire ambiental al sistema, proporcionándolo siempre en volumen y presión constantes.

#### 5.5.12 Válvula de mariposa

La válvula de mariposa también recibe el nombre de válvula de papalote; esta válvula es de accionamiento manual y sirve para regular el suministro de aire al sistema, debiendo permanecer abierta al 100% durante la operación normal del horno. Es durante el encendido o el apagado del equipo cuando se debe dosificar la alimentación del aire por medio de esta válvula. Cuando se apaga el sistema, generalmente se deja abierta esta válvula para que el aire ayude a enfriar el horno, y a expulsar los residuos de gas que permanezcan atrapados en él.

#### 5.5.13 Interruptor de baja presión de aire

El interruptor de baja presión de aire es el elemento que acciona la válvula de seguridad en caso de que exista alguna falla en el suministro de aire al sistema

#### 5.5.14 Pirómetro

El pirómetro es el aparato que mide la temperatura del caldo. Consiste en una aguja que corre a lo largo de una escala de grados. El pirómetro se instala en el tablero de control.

#### 5.5.15 Termopar

El termopar es el "sensor" que envía la señal de temperatura al pirómetro. El termopar se introduce en el caldo para poder tomar la lectura de su temperatura.

#### 5.5.16 Tablero de control

El tablero de control es el gabinete en donde se encuentran los diferentes controles eléctricos, indicadores, pirómetros, etc., y desde el cual se controla el sistema.

### 5.6 Descripción y uso del equipo de servicio

El equipo de servicio es aquel que se utiliza en forma directa para elaborar las aleaciones, por lo que se debe introducir continuamente en el material en estado de fusión, mejor conocido como caldo. Por lo anterior, este equipo debe de tener ciertas cualidades para evitar contaminar el caldo

por desprendimientos de material a causa de las altas temperaturas, y alargar en lo posible su vida útil. Para reducir estos inconvenientes, cualquier instrumento que sea metido en el caldo deberá ser previamente cubierto con Blanco de España, ya que reduce los efectos desgastantes que causan las altas temperaturas sobre ellos.

La vida útil de cada uno de los instrumentos de servicio que se encuentran, en mayor o en menor grado, en contacto con el material fundido, depende de varios factores, como por ejemplo de la forma de utilización y del tiempo de exposición a la alta temperatura, ya que hay instrumentos con los cuales se debe de hacer cierta fuerza, y otros que deben de permanecer inmersos en el caldo por periodos de tiempo mas largos.

El diagrama 5.6.1 muestra cada uno de los componentes del equipo de servicio.

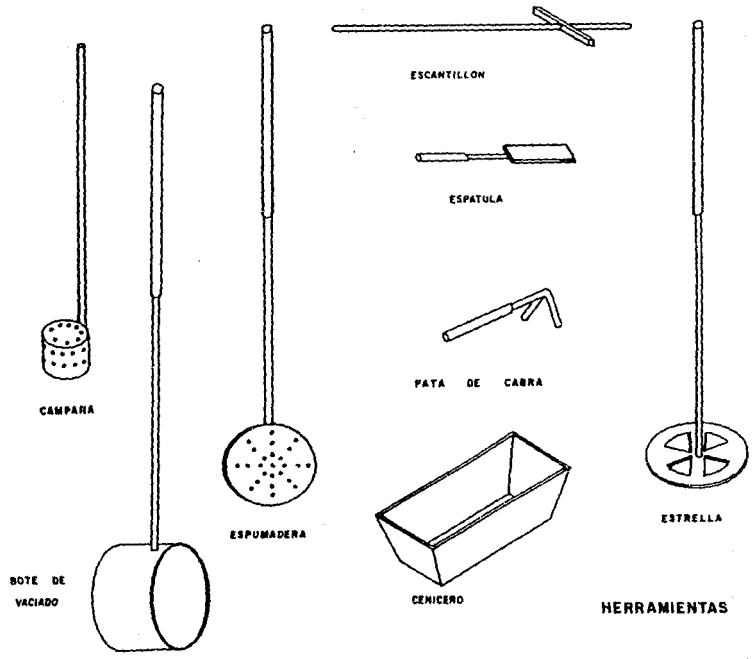


Diagrama 5.6.1 Equipo de servicio

### 5.6.2 Campana

Este instrumento se utiliza para introducir la pastilla desgasificadora dentro del caldo, debiendo permanecer inmersa hasta que la pastilla se haya disuelto. Este es el instrumento que mayor permanencia tiene dentro del caldo.

### 5.6.3 Espumadera

La espumadera es el instrumento con el cual se retira la espuma y la escoria que se forman en la superficie del caldo, y tiene forma similar a una coladera convencional.

### 5.6.4 Estrella

La estrella se utiliza para agitar o revolver el caldo; es una varilla larga que tiene en la punta una estrella colocada perpendicularmente, similar a un hierro para marcar al ganado.

### 5.6.5 Bote de vaciado

El bote de vaciado es, como su nombre lo indica, un bote con el cual se extrae el caldo para ser vaciado dentro de las lingoteras. Este bote tiene una varilla metálica soldada, que es de donde el operario lo sujeta para realizar

la operación descrita. La capacidad volumétrica utilizable de este bote de vaciado es exactamente igual a la de las lingoteras.

#### 5.6.6 Espátula desnatadora

Este es el instrumento que, como su nombre lo indica, tiene forma de espátula, y se utiliza para remover la nata o escoria que se forme en la superficie del material fundido, una vez que ha sido vaciado en la lingotera.

#### 5.6.7 Cenicero

Es un recipiente en el cual se va depositando toda la escoria e impurezas que se extraigan del material fundido.

#### 5.6.8 Escantillón

Este elemento se utiliza para medir la profundidad del caldo. El escantillón tiene una medida marcada que indica hasta donde se debe de vaciar el crisol, a modo de dejar el 25% de su capacidad como remanente.



## 5.7 Equipo para lavado y secado de la rebaba.

### 5.7.1 Objetivo del equipo

Como se mencionó en el punto 3.1, la rebaba producto de los diversos procesos de maquinado por los que tiene que atravesar un pistón automotriz durante su fabricación, y que es la misma rebaba que se tendrá que recuperar en la planta propuesta, está contaminada e impregnada de mugre, tierra y suciedad en general, además de grasas y humedad provenientes del fluido de corte utilizado por las maquinas-herramientas.

La rebaba no debe ser introducida directamente a los hornos de fundición en el estado en que se encuentra, porque por un lado generaría la producción de material defectuoso debido a la mugre y tierra que contiene, y por otro al quemarse las grasas y humedad produciría una gran cantidad de gases contaminantes que serían despedidos al medio ambiente, situación que provocaría efectos ecológicos adversos.

El objetivo de este equipo es el de eliminar lo mas posible la mugre y tierra contenida en la rebaba así como librarla de grasas y humedad, para entonces poder llevar a cabo la fusión sin contaminar el ambiente y reducir las posibilidades de generar material defectuoso.

### 5.7.2 Descripción del proceso

Tras haber consultado a varios fabricantes de equipos para lavado y desengrasado, así como a la empresa Mahle, GMBH de Alemania, asesora de la División Industrial para la fabricación de pistones automotrices, se seleccionó un sistema para llevar a cabo el lavado, desengrasado y secado de la rebaba. El sistema se seleccionó en base a las recomendaciones de los asesores de la empresa y de los productores de equipos, y también en base a la experiencia que se tiene con él en la mencionada planta de Alemania. Este sistema se compone de un equipo fabricado en serie y comprado directamente al fabricante. El sistema ha sido probado para este propósito, y de hecho es el que actualmente utiliza la citada Cía. Europea. También cabe mencionar que fué el sistema mas económico de los considerados, ya que es el único que no requiere de instalaciones especiales ni de obra civil especial. También su funcionamiento es económico y ocupa relativamente poco espacio.

El proceso de este equipo comprende dos pasos: lavado y secado del material.

El proceso de lavado es el siguiente:

La rebaba seca es colocada dentro de una tolva que alimenta al transportador de tornillo helicoidal que entra en la "lavadora", donde por medio de aspersores colocados en el techo de ésta, se rocía la rebaba con desengrasantes pulverizados (desengrasantes líquidos rociados con aire a presión), los que deben tener la composición química necesaria para remover todas las grasas y demás partículas contaminantes que se encuentren adheridas a la rebaba. Los desengrasantes junto con la grasa y suciedad son arrastrados hacia un tanque colector, en el cual quedarán flotando las grasas y mugre ligera, y los sólidos y mugre mas pesada se depositarán en el fondo. Las grasas y mugre que queden flotando en el tanque son retirados por una "barrida" de la superficie con una tela absorbente especial para este propósito. Posteriormente esta tela se limpia para que pueda ser reutilizada. Los sólidos pesados caen por sedimentación en una "trampa" que se encuentra en el fondo del tanque, permitiendo que sean fácilmente retirados.

En este punto la rebaba se encuentra limpia de mugre y grasas, pero mojada con el líquido desengrasante que tendrá que ser separado en el siguiente paso.

#### Proceso de secado:

El transportador de tornillo helicoidal en el cual fluye el material dentro de la lavadora, deposita la rebaba en la tolva alimentadora de la secadora. En el momento en que el material va cayendo del transportador de la lavadora hacia la tolva de la secadora, un rodillo magnético entra en contacto con la rebaba, eliminando cualquier partícula de fierro que se encuentre en ella. La rebaba es retirada de la tolva por medio de un transportador de banda con cangilones, y llevada hacia el interior del barril rotativo, donde la rebaba es forzada a girar a alta velocidad, obligando a que los sobrantes de humedad salgan despedidos fuera del barril debido a la fuerza centrífuga. Toda la humedad extraída de la rebaba es recuperada y canalizada a un tanque colector por medio de un tubo de desagüe.

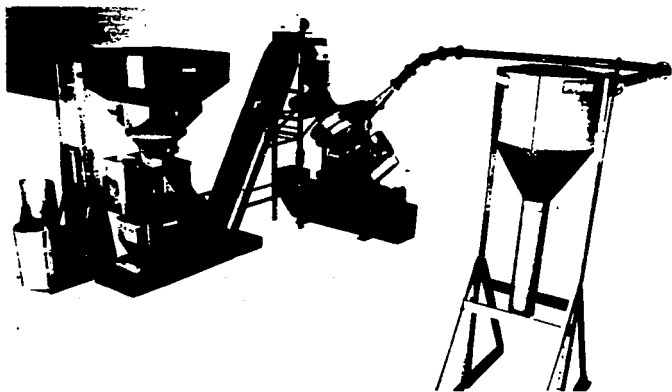
Cabe hacer la aclaración que la rebaba codificada como seca según el código de colores, debe forzosamente pasar por los dos procesos, el de lavado y el de secado, mientras que la rebaba codificada como húmeda, no es necesario que pase por el proceso de lavado, pues el puro proceso de secado es capaz de retirar de ella toda la humedad y grasas que contiene. Esto se debe a que una vez que el fluido de corte se evapora de la rebaba, las grasas que éste contenía se quedan solidificadas y pegadas a la rebaba, por lo que es

necesario humedecerla con un producto químico desengrasante y posteriormente secarla. La rebaba húmeda por el contrario, solo se necesita secar por centrifugación, ya que al ser retirado el fluido de corte automáticamente se retiran también las grasas.

A pesar de lo anterior se recomienda que toda la rebaba pase por los dos procesos, para así impedir que algunos residuos de grasas caigan en el horno, y poder tener un mejor control sobre la contaminación del ambiente.

La rebaba limpia, seca y sin metales, es pesada y almacenada en contenedores, para posteriormente introducirla a los hornos de fundición.

5.7.3 Diagrama del equipo de lavado y secado de la rebaba



## VI CUANTIFICACION DE EQUIPO

## 6.1. Capacidad volumétrica utilizable de un horno para mil libras de aluminio en estado de fusión

El concepto de un crisol para mil libras de aluminio líquido, lleno al 100%, debe entenderse como sigue:

Después de hacer la medición respectiva, se observó que un crisol de esta capacidad puede almacenar 204 litros de agua. Si en un metro cúbico caben mil litros de agua, entonces:

$$\begin{array}{r} 1 \text{ m}^3 \text{ ----- } 1,000 \text{ litros de agua} \\ X \text{ ----- } 204 \text{ litros} \end{array}$$

$$X = (204 \text{ litros})(1 \text{ m}^3)/(1,000 \text{ litros}) = 0.204 \text{ m}^3$$

Como  $1 \text{ m}^3 = 1,000 \text{ Dm}^3$

$$X = (0.204 \text{ m}^3)(1,000 \text{ Dm}^3/1 \text{ m}^3) = 204 \text{ Dm}^3$$

La capacidad total de un crisol para mil libras de aluminio líquido es: 204 Dm<sup>3</sup>.

Si se toma en cuenta el peso específico del aluminio líquido (710 grados Centígrados mas menos 10 grados Centígrados) como Pe Al = 2.47 kg/Dm<sup>3</sup>

$$\text{Pe Al} = 2.47 \text{ kg/Dm}^3$$

Entonces la capacidad de un crisol de 1000 libras será de:

$$(2.47 \text{ kg/Dm}^3)(204 \text{ Dm}^3) = 503.88 \text{ kg}$$

Si consideramos la utilización del crisol al 90% para evitar derramamientos del caldo:

$$(503.88 \text{ kg})(0.90) = 453.49 \text{ kg}$$

Por lo tanto, la capacidad de un crisol para mil libras de aluminio líquido, saturado a su nivel total de operación (90%) es de:

$$\text{Capacidad} = 453.59 \text{ kg}$$

o

$$(453.59 \text{ kg})(2.204 \text{ Libras/kg}) = 999.71 \text{ Libras}$$

$$999.71 \sim 1,000 \text{ Libras}$$

Debido a la relación anterior, es por lo que se le conoce con el nombre de "crisol para mil libras de aluminio líquido".

Cuando se extrae el aluminio líquido del crisol, es decir, cuando se "lingotea", siempre se dejará un remanente dentro del mismo, que equivaldrá por norma de operación en



procesos de producción de la División Industrial, a un 25% de la capacidad total de éste, entonces:

$$(453.59 \text{ kg})(0.75) = 340.19 \text{ kg}$$

La norma de producción que especifica la necesidad de dejar el remanente dentro del crisol, atiende a los siguientes puntos:

\* El tiempo de fusión de la siguiente carga será menor, debido a que hay menos aire entre una pieza y otra, haciendo de esta manera mas eficiente la transmisión de calor.

\* Al mejorar la transmisión de calor se eficientiza el sistema, obteniendo una importante disminución de los tiempos muertos, un considerable ahorro de energía, y una elongación de la vida útil del crisol, al ser reducida su exposición a la flama del quemador.

\* Al existir una ligera precipitación de Carburo de Silicio proveniente del crisol, existen sedimentos en el fondo del mismo, los que de ser extraídos para formar lingotes de material recuperado, provocarían la producción de pistones chatarra.

\* Se evita el "raspado" del crisol, alargando la vida útil de éste y disminuyendo la contaminación del material con carburo de Silicio.

## 6.2 Cálculo de requerimientos de hornos

En base a la experiencia y a las normas de procesos de producción imperantes en la División Industrial, se sabe que un horno para mil libras de aluminio líquido, que se encuentre a su temperatura de trabajo (710 más o menos 10 grados Centígrados), es capaz de fundir una nueva carga de material, teniendo un 25% de remanente fundido y un 75% de aluminio sólido, en 3 horas 20 minutos, esto es incluyendo el tiempo necesario para cargarlo, prepararlo y descargarlo.

Si consideramos lo anterior y damos por hecho que la nueva planta trabajará a tres turnos, tenemos:

$$\begin{aligned} 3 \text{ horas } 20 \text{ minutos} &= 3.33 \text{ horas} \\ (24 \text{ horas}) / (3.33 \text{ horas/carga}) &= 7.20 \text{ cargas al día} \end{aligned}$$

Lo anterior quiere decir que se pueden efectuar 7.2 cargas al día por cada horno de 1000 libras al 75% de su capacidad, entonces tenemos que la capacidad diaria de uno de estos hornos, es:

$$\begin{aligned} (7.20 \text{ cargas/día}) \times (340.19 \text{ kg/carga}) &= \\ &= 2450 \text{ kg/día por cada horno} \end{aligned}$$

Habiendo determinado ya la capacidad total necesaria de la nueva planta de recuperación de rebaba, y la capacidad diaria de producción de los hornos que se van a utilizar, calcularemos la cantidad de hornos que se requieren para satisfacer la demanda.

$$\begin{aligned} \text{CAPACIDAD REQUERIDA: } & 1,782.0 \text{ toneladas/año} \\ (1,786.5 \text{ ton/año}) / (12 \text{ meses/año}) & = 148.5 \text{ ton/mes} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CAPACIDAD MENSUAL POR HORNO} \\ (2.450 \text{ ton/día horno}) (23.02 \text{ días hábiles/mes}) & = \end{aligned}$$

$$56.4 \text{ ton/mes horno}$$

NOTA: El dato "23.02 días hábiles/mes", será explicado en el punto 8.2.1

$$(148.5 \text{ Ton/mes}) / (56.4 \text{ Ton/mes horno}) = 2.63 \text{ Hornos}$$

Basado en la experiencia se sabe que el promedio de utilización de estos hornos es del 90%, debido a los tiempos indirectos causados por el mantenimiento, ajuste, limpieza, calibración y preparación entre otros, entonces:

$$(2.63 \text{ Hornos}) / (0.90 \text{ de utilización}) = 2.9 \text{ Hornos}$$

$$\text{Total de hornos requeridos} = 3$$

## 6.2.1 Cálculo de materiales constitutivos para hornos

Las siguientes cantidades están dadas en base a los requerimientos de cada componente, necesarios para fabricar tres hornos de crisol para mil libras de aluminio líquido:

Descripción	Cantidad	Unidad
Tabique aislante T-23 rectangular	2,250	Pza.
Tabique refractario Dovela canto 1	1,800	Pza.
Tabique refractario Dovela canto 2	900	Pza.
Concreto refractario KL-MIX	1,125	kg.
Concreto aislante SAIR-SET	720	kg.
Crisol de carburo de Silicio, con capacidad p/1000 lbs. de Al. líquido	3	Pza.
Base de carburo de silicio para crisol	3	Pza.
Arcilla refractaria	1	Lote

## 6.3 Cálculo de requerimientos de lingoteras

Una vez que el aluminio ha sido fundido y checado por el departamento de control de calidad, para verificar que la aleación reúna los niveles de calidad exigidos por los diferentes clientes, se debe proceder a "lingotear", es decir, a vaciar el contenido del crisol en las lingoteras y esperar hasta que se solidifique, para entonces poder disponer del material en forma de lingotes como lo exigen las normas de procesos de producción de la División Industrial, mismas que anteriormente se mencionaron.

Para poder calcular el número de lingoteras requeridas, primero será necesario determinar la capacidad volumétrica utilizable de un horno de crisol para mil libras de aluminio líquido.

Como se determinó en el punto 6.1, un crisol con capacidad para mil libras de aluminio líquido almacena 340.19 Kg. de Aluminio en estado de fusión a su nivel total de operación, entonces se puede determinar qué volumen ocupa esta carga:

$$(340.19 \text{ Kg}) / (2.47 \text{ Kg/Dm}^3) = 137.72 \text{ Dm}^3$$

La capacidad volumétrica que tiene una lingotera de la División Industrial, es de 5 Dm<sup>3</sup>, entonces:

Cantidad de lingoteras requerida:

$$(137.72 \text{ Dm}^3) / (5 \text{ Dm}^3/\text{lingotera}) = 27.54 \text{ lingoteras}$$

Se necesitan 28 lingoteras por cada crisol de mil libras de Aluminio líquido.

En el capítulo 8.5 se demostrará con la utilización del diagrama hombre-máquina, que 28 lingoteras son suficientes para dar servicio a los tres hornos, ya que éstos se vacían de uno en uno.

#### 6.4 Cálculo de requerimientos de componentes para el sistema de fundición

Válvula proporcionadora aire-gas: Marca: North American. Modelo: 7218-4, para tubería de dos pulgadas de diámetro. Se requiere una por horno, por lo tanto será necesario instalar tres de ellas.

Válvula de seguridad: Marca: North American. Modelo: 1520G-3, para tubería de 1.5 pulgadas de diámetro. También cada horno necesita una válvula de éstas, por lo que se requiere instalar tres.

Turbo ventilador: El proveedor de este equipo recomendó la marca North American, con capacidad para 37,200 pies cúbicos de aire por hora, a una presión constante de 16 onzas por pulgada cuadrada, con un motor de 3 HP, pero por seguridad se instalará otro de emergencia. Se puede instalar un solo turboventilador que de servicio a los tres hornos a la vez, pero por seguridad de producción, se instalarán dos, uno de los cuales será de repuesto.

Quemador de gas natural: Marca: North American. Modelo: XSA1R 4425-7A, para tubería de 4 pulgadas de diámetro. Se necesitan tres, uno por cada horno.

Interruptor de baja presión de aire: Marca: North American. Modelo: MX-8757A. También es necesario instalar uno por cada horno, de manera que se necesitan tres.

Válvula reguladora de gas: Marca: North American. Modelo: 1807-4, para tubería de 2 pulgadas de diámetro. Tipo de válvula: de orificio limitante. Igualmente, una por cada horno, se necesitan tres.

Orificio de medición: Marca: North American. Modelo: 8657-4, para tubería de 2 pulgadas de diámetro. Cada horno necesita uno de estos accesorios, entonces se requieren tres.

Válvula de globo: Marca: Worcester. Tipo: de bola. Para tubería de 2 pulgadas de diámetro. Cada horno debe de contar con la suya propia, así que se requieren tres.

Válvula de mariposa: Marca: Keystone, para tubería de 4 pulgadas. Es necesario que cada horno cuente con una. Se requieren tres.

## 6.5 Cálculo de accesorios de fundición

Debido a que estos elementos son parte del equipo convencional utilizado en la División Industrial, se conoce con mucha certeza el consumo que se tendrá de cada uno de ellos:

ARTICULO	CANTIDAD
Campana	una cada 57 Ton. producidas
Espumadera	una cada 57 Ton. producidas
Estrella	una cada 43 Ton. producidas
Bote de vaciado	uno cada 43 Ton. producidas
Escantillón	uno cada 110 Ton. producidas
Espátula	una cada 85 Ton. producidas
Termopar	uno cada 60 Ton. producidas

Los consumos anteriores están estipulados de tal manera que cada uno de los accesorios pueda cumplir con la duración señalada, y que aún pueda seguir siendo utilizado un poco más, sin embargo, por la seguridad física del operador, y para evitar riesgos en la calidad, las normas de procesos de producción de la División Industrial prohíben el uso de aquellos accesorios que ya hayan cumplido con la producción y servicio esperados para cada uno de ellos.



### 6.6 Cálculo de requerimientos de lavadora y secadora de rebaba.

Se sabe por medio de las especificaciones del equipo de secado dadas por el fabricante, y de la experiencia con las lavadoras en las plantas de Mahle en Alemania, que un equipo como el que se planea instalar en esta nueva planta, es capaz de procesar 500 kg de rebaba por hora, pasando por los procesos de lavado y de secado.

Partiendo de que cada horno es capaz de procesar 2450 kg de rebaba al día, y de que se requieren 3 hornos para poder satisfacer la producción requerida, se obtiene que la producción diaria de la nueva planta será de:

$$2,450 \text{ kg horno/día} \times 3 \text{ hornos} = 7,350 \text{ kg/día}$$

La capacidad de producción del equipo de lavado y secado es de:

$$500 \text{ kg/hr} \times 24 \text{ hr} = 12,000 \text{ kg/día}$$

Considerando que el diez por ciento del peso de la rebaba que se procese, corresponde a las grasas y fluidos de corte que serán eliminados, la producción real del equipo

de lavado y secado será de:

$$12,000 \text{ kg/día} \times 0.9 = 10,800 \text{ kg/día}$$

La producción posible de este equipo de lavado y secado, excede la producción requerida en un 47 por ciento, lo que indica que con un solo equipo es suficiente.

#### 6.7 Otros

Se requieren también algunos otros equipos y herramientas que no han sido aún descritos. Los cuales servirán para dar asistencia a las actividades de la nueva planta. Algunos de ellos son los siguientes:

- Una carretilla o transpaleta hidráulica de orquilla, para dos ton. de capacidad.
- Un martillo
- Un aparato distribuidor de agua a temperatura ambiente.
- Un escritorio y tres sillas
- Un archivero
- Una sumadora
- Papelería en general.
- Escobas, cubetas, jergas, botes de basura y demás implementos de limpieza.
- Botas, polainas, guantes, lentes y demás equipo para seguridad personal.

## VII LOCALIZACION Y DISTRIBUCION DE LA NUEVA PLANTA

### 7.1 Descripción del local

Existe dentro del predio que ocupa la planta de maquinado de la División Industrial, una bodega que actualmente se utiliza para almacenar el producto terminado de pernos, pero por conveniencia de la empresa, todas las instalaciones y equipos utilizados para producir estos pernos, serán reubicadas a una de las plantas que el grupo posee en Aguascalientes, Ags.

Por lo anterior, la bodega mencionada quedará vacía y sin uso, disponible para cualquier actividad que requiera la División Industrial.

Esta bodega presenta varias ventajas que la convierten en una candidata idonea para alojar a la nueva planta de recuperación de rebaba; Es una construcción independiente, y se ubica dentro del predio donde se encuentra la planta de maquinado, justo al final de las líneas de producción, que es precisamente donde se genera la rebaba que se necesita recuperar. Muy cerca de ella está el área destinada por la División Industrial para almacenar la rebaba recolectada de las líneas de maquinado, de manera que no habría que recorrer grandes distancias para llevarla a procesar. Igualmente, la zona destinada por la División Industrial para

## VII LOCALIZACION Y DISTRIBUCION DE LA NUEVA PLANTA

### 7.1 Descripción del local

Existe dentro del predio que ocupa la planta de maquinado de la División Industrial, una bodega que actualmente se utiliza para almacenar el producto terminado de pernos, pero por conveniencia de la empresa, todas las instalaciones y equipos utilizados para producir estos pernos, serán reubicadas a una de las plantas que el grupo posee en Aguascalientes, Ags.

Por lo anterior, la bodega mencionada quedará vacía y sin uso, disponible para cualquier actividad que requiera la División Industrial.

Esta bodega presenta varias ventajas que la convierten en una candidata idónea para alojar a la nueva planta de recuperación de rebaba; Es una construcción independiente, y se ubica dentro del predio donde se encuentra la planta de maquinado, justo al final de las líneas de producción, que es precisamente donde se genera la rebaba que se necesita recuperar. Muy cerca de ella está el área destinada por la División Industrial para almacenar la rebaba recolectada de las líneas de maquinado, de manera que no habría que recorrer grandes distancias para llevarla a procesar. Igualmente, la zona destinada por la División Industrial para

almacenar el material recuperado, se encuentra muy cerca de esta bodega.

La bodega tiene una altura media de 4.5 mts, ideal para este proceso, ya que no es muy baja como para impedir la operación normal de la planta, ni muy alta como para que resulte costosa la instalación de chimeneas, además de no tener ninguna columna intermedia que limite su utilización. El techo es de lámina de asbesto, ideal para plantas de fundición. Este local ya cuenta actualmente con alimentación de gas natural proveniente del cabezal general, energía eléctrica, agua y drenaje, así como instalación de lámparas de alumbrado general. Es un local bien ventilado, ya que la única pared que lo limita hacia el patio de maniobras de la planta de maquinado, tiene 20 mts de largo y está construida en su totalidad con celosía, lo que permite una importante circulación de aire. El área aproximada es de 320 mts<sup>2</sup>.

Además de lo anterior, en caso de que algún día se decida que esta nueva planta deba prestar servicios de maquila de fundición a otros clientes, esta ubicación le brindaría muchas ventajas, entre ellas el que está situada junto al patio de maniobras, permitiendo que el suministro y retiro de material se pueda hacer con camiones, ya que está dentro del mismo predio, pero independiente de la planta. Por lo mismo, también se evita el causar problemas a la planta existente por ruidos, maniobras, calor, vibraciones,

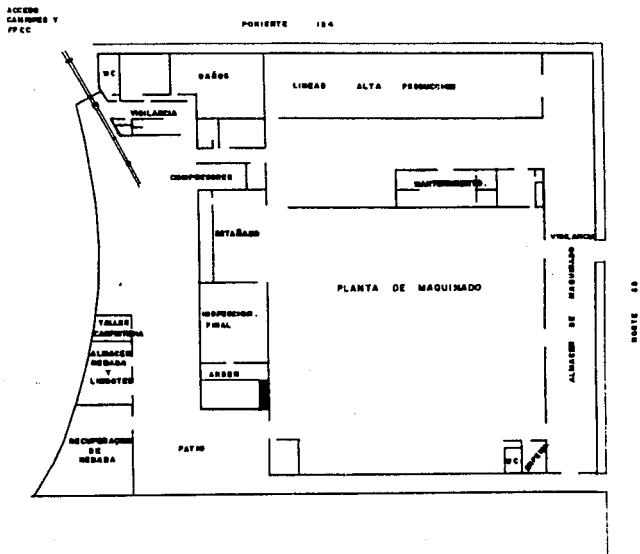
etc., y se impide también que el personal de esta nueva planta tenga un contacto muy estrecho con el personal de la División Industrial.

Por ser una construcción ya existente, no se tendrá que incurrir en costos ni trámites relativos a permisos de construcción.

## 7.2 Diagrama de localización

El diagrama 7.2 muestra claramente la ubicación del local considerado en el punto anterior.

Diagrama 7.2



### 7.3 Consideraciones para la distribución de planta

Los hornos considerados para esta propuesta de planta, para que puedan trabajar conjuntamente y en ubicación física paralela, necesitan una distancia mínima de 80 cm entre cada uno de ellos. Esta distancia es la idónea para no desperdiciar espacio, y para poder operarlos y darles servicio de mantenimiento preventivo y correctivo sin tener problemas de obstrucción.

Las normas de seguridad de operación y procesos de producción que imperan en la División Industrial, especifican, entre otros, los siguientes puntos:

La distancia existente entre hornos y lingoteras no debe ser menor a 1.5 m, debido al calor que éstas y el operador reciben del horno; Además, el área de trabajo que el operario requiere para alimentar el horno, extraer el material fundido, y vaciarlo en las lingoteras, por seguridad no debe ser menor a la distancia mencionada.

La parte superior del horno debe tener una altura relativa al operario, de 65 cm, y las lingoteras una de 30 cm aproximadamente.

El aluminio líquido debe ser vaciado en un tiempo máximo de 12 segundos, contados desde que se extrae del



crisol hasta que se vacía en las lingoteras, evitando así que se solidifique y/o se oxide por exceso de tiempo de contacto con el aire.

La velocidad máxima permisible para un operario cargando un bote conteniendo 5 Dm<sup>3</sup> de aluminio líquido, (que es la capacidad exacta de una lingotera) con un peso de 12.35 kg, es de 35 m/min.

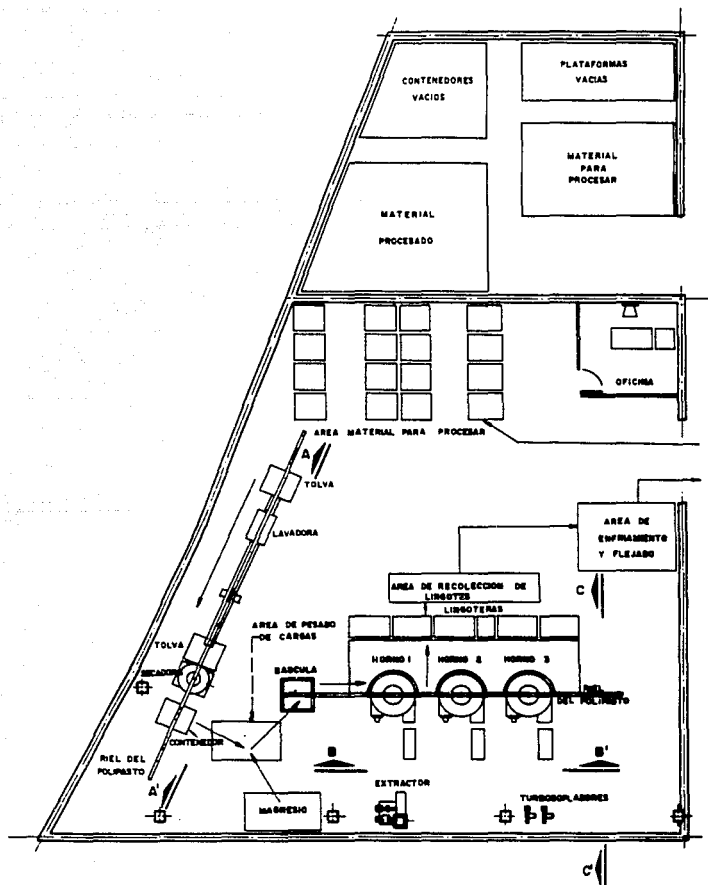
Con los datos anteriores se puede calcular la distancia máxima que debe de existir entre hornos y lingoteras:

$$D = (35 \text{ m/min} \times 1 \text{ min}/60 \text{ seg}) \times (12 \text{ Seg}) = 6.99 \text{ m.}$$

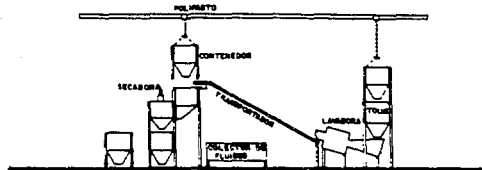
Por lo tanto la distancia máxima permisible entre hornos y lingoteras, será de 7.0 metros.

El diagrama 7.4 muestra la distribución de planta propuesta, mientras que el 7.5 muestra levantamientos de las diferentes secciones y equipos que integrarán la nueva planta de recuperación de rebaba; ambos planos se atienen a las consideraciones necesarias y que se mencionaron en este punto. A su vez, el diagrama 7.4 contiene las flechas que indican el recorrido del material, demostrando que la distribución de planta propuesta contempla este importante aspecto.

7.4 Diagrama de distribución de la planta propuesta

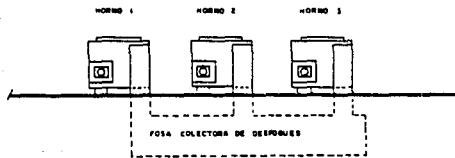


## 7.5 Plano de levantamiento de planta propuesta



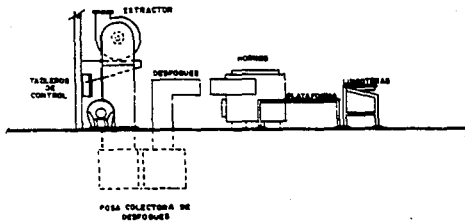
CORTE A - A'

LAVADORA Y SECADORA DE RESABA



CORTE B - B'

HORNOS



CORTE C - C'

EQUIPO DE COMBUSTION Y DE LINGOTEO

## VIII CALCULO DE MANO DE OBRA

### 8.1 Clasificación de actividades

Ya que son muchas las actividades que se necesitarán desarrollar en la nueva planta de recuperación de rebaba, es necesario clasificarlas de acuerdo al orden de importancia y a la frecuencia que tengan cada una de ellas, ya que simultáneamente a las descritas en los puntos anteriores se llevan a cabo otras labores, pudiendo tener así dos grupos: actividades principales, y actividades secundarias.

Como principales se considerarán aquellas actividades que de sufrir demoras, necesariamente repercutirán en el tiempo de producción, y/o en la calidad del producto, y/o que alteren las normas de procesos de producción de la División Industrial; estas actividades son las siguientes:

- Cargar lavadora y secadora
- Cambiar contenedor de lavadora y secadora
- Cargar crisol con rebaba
- Esperar fusión
- Agitar el producto
- Introducir termopar
- Esperar a que la temperatura llegue a 750 grados C.  
máximo
- Sacar termopar

- Espolvorear cobertura para fundición
- Dejar reposar el metal de 10 a 15 minutos
- Esperar a que la temperatura descienda a 730 grados C.
- Agregar desgasificador
- Adicionar Magnesio
- Extraer escoria
- Obtener muestra para el laboratorio metalúrgico
- Lingotear a una temperatura de 710 (mas menos 20) grados Centígrados.
- Desnatar lingotes al 100% (acabdo espejo)
- Estampar número de lote de producción en lingotes
- Esperar solidificación de lingotes
- Extraer lingotes de lingoteras
- Recolectar lingotes
- Esperar a que se enfríe el material
- Marcar los lingotes de acuerdo al código de colores

Como actividades secundarias se considerarán aquellas que no afecten directamente a la productividad y/o a la calidad del producto, y que puedan ser realizadas durante el tiempo ocioso del operador:

- Llevar contenedor vacío y traer rebaba de la planta para procesarla
- Pesar cargas de rebaba
- Acomodar lingotes sobre plataforma y flejar estibas de 68 piezas cada una (atado)

- Pesar Magnesio
- Limpiar area de trabajo y sacar basura
- Limpiar y pintar herramientas de trabajo
- Llevar material recuperado a la planta
- Traer plataforma vacia

## 8.2 Consideraciones para la determinación de tiempos

Al ser este estudio la propuesta de una planta que aún no existe, no se pueden conocer con total exactitud los tiempos de las diferentes actividades que componen el proceso productivo que se desarrollará en ella, pero si se pueden estimar con bastante aproximación, ya que por un lado, los equipos considerados son iguales a los que operan actualmente en la División Industrial, pudiéndose obtener fácilmente el tiempo ciclo para cada uno de ellos, y por otro, las Normas de Procesos de Producción determinan específicamente algunos de los tiempos y procedimientos que se deben seguir. Además, se tiene la ventaja de que los procesos productivos que se llevan a cabo en la División Industrial, en lo que a fundición se refiere, son muy parecidos a los que se harían en la planta de recuperación de rebaba, pudiendo recurrir a ellos en cualquier momento con el fin de aclarar dudas, contando también con la experiencia que la misma División Industrial tiene en estos procesos.

Por lo anterior, las hojas de tomas de tiempos que aparecen en este capítulo, corresponden a equipos y/o actividades llevadas a cabo en la División Industrial, y que se pueden considerar como modelos fieles de las operaciones que se desarrollarán en la nueva planta de recuperación de rebaba.

#### 8.2.1 Jornadas de Trabajo

Aunque para efectos de proyecto esta propuesta de planta es independiente de la División Industrial, no se pueden pasar por alto las políticas que imperan en ella, ya que de llevarse a cabo la instalación de esta nueva planta, tendría también que adaptarse a dichas disposiciones, muchas de las cuales no solo son de la empresa, sino del grupo entero o de carácter sindical: De modo que si en un inicio se considerara que no existen ciertas políticas, como por ejemplo la de horarios de trabajo, sueldos y salarios, días hábiles al mes, etc., no serviría de nada este trabajo, ya que no estaría reflejando las condiciones normales de operación a las que estaría sometida la nueva planta de recuperación de rebaba.

Una de las políticas establece que debido a los días festivos y a las vacaciones de los trabajadores, se deben

considerar 276.3 días hábiles promedio en un año, de modo que:

$$(276.3 \text{ días hábiles/año}) / (12 \text{ meses/año}) =$$

23.02 días hábiles/mes

23.02 días hábiles al mes en promedio, o sea que cada vez que se hable de un mes de producción, se estará hablando de 23.02 días de labor, independientemente del mes de que se trate. Este dato ya fue utilizado en el punto 6.2, donde se realizó el cálculo de requerimiento de hornos.

Igualmente, cada vez que se hable de un año de producción, se estará hablando de la producción de 276.3 días hábiles, independientemente del año de que se trate.

Los horarios y duración de los turnos de trabajo, son como sigue:

Turno	Hora de entrada	Hora de salida	Tiempo para comer (hrs)	Horas hábiles *
1	7:00	15:30	0.5	8.0
2	15:30	23:30	0.5	7.5
3	23:30	7:00	0.5	7.0

\* Se considerarán 7.5 hrs hábiles promedio por turno.



### 8.3 Establecimiento de tiempos

Los tiempos que se describen a continuación, están dados en base a equipos de producción similares a los que se planea instalar en la nueva planta de recuperación de rebaba, y/o a las normas de producción que imperan en la División Industrial, las cuales no pueden ser modificadas ya que se alteraría la calidad del producto.

Se sabe que el tiempo estándar necesario para que un horno de crisol con capacidad para mil libras de aluminio líquido complete el proceso de fusión, es de 180 minutos.

Las normas de seguridad y de procesos de producción estipulan lo siguiente, según se describió en el punto 7.3:

El tiempo máximo que se debe utilizar para vaciar el caldo del crisol a la lingotera, es de 12 segundos.

La velocidad máxima permisible para un operario cargando un bote de vaciado lleno de aluminio líquido, es de 35 m/min.

El tiempo mínimo necesario para que el caldo solidifique en la lingotera, y permita que el lingote sea extraído, es de 9 minutos.

El equipo para lavado y secado de rebaba es capaz de procesar 10,800 kg/día de rebaba seca, pero los requerimientos son de un máximo de 7,350 kg/día. Considerando que cada contenedor puede almacenar aproximadamente 340 kg de rebaba limpia y seca, se puede hacer el siguiente cálculo para determinar con que frecuencia será necesario cambiar el contenedor sobre el cual cae la rebaba procesada:

$$7,350 \text{ kg/día} / 340 \text{ kg/contenedor} \sim 22 \text{ contenedor/día}$$

Para la producción requerida será necesario cambiar 22 veces al día el contenedor sobre el cual cae la rebaba limpia y seca. El siguiente cálculo determina cada cuanto hay que cambiarlo:

$$(24 \text{ hr/día} \times 60 \text{ min/hr}) / 22 \text{ cont/día} = 65.45 \text{ min/cont}$$

Como se demostrará en el punto 8.3.2 por medio del estudio de tiempos, se necesitan 2.72 minutos para retirar y sustituir el contenedor de la lavadora de rebaba, por lo que es necesario deducir este tiempo del recién obtenido:

$$65.45 \text{ min} - 2.72 \text{ min} = 62.73 \text{ min}$$

Lo anterior indica que será necesario cambiar cada 62.73 minutos máximo, el contenedor sobre el cual cae la

rebaba limpia y seca, pero como el equipo es capaz de procesar una cantidad de rebaba mayor que la que realmente se necesita, se podría cambiar el contenedor en un tiempo mínimo de:

$$10,800 \text{ kg/día} / 340 \text{ kg/contenedor} \sim 32 \text{ contenedor/día}$$

$$(24 \text{ hr/día} \times 60 \text{ min/hr}) / 32 \text{ cont/día} = 45 \text{ min/cont}$$

$$45 \text{ min} - 2.72 \text{ min} = 42.28 \text{ min}$$

Los cálculos anteriores indican que se puede hacer una mezcla de tiempos en cuanto al retiro de contenedores de rebaba limpia y seca se refiere; En otras palabras, se pueden retirar los contenedores en un lapso máximo de 62.73 minutos y en un mínimo de 42.28 minutos, siempre y cuando se cumpla con la cuota fija de 22 contenedores al día. Esta situación es importante porque permite cierta flexibilidad, y la posibilidad de programar la ejecución de estas actividades durante el tiempo ocioso de los operarios, sin que la producción o la calidad del producto se vean afectadas.

Se puede hacer el mismo cálculo para determinar la frecuencia de alimentación de la máquina, teniendo lo siguiente:

$$65.45 \text{ min} - 2.37 \text{ min} = 63.08 \text{ minutos tiempo máximo}$$

$$45.00 \text{ min} - 2.37 \text{ min} = 42.63 \text{ minutos tiempo mínimo}$$

En ambos casos el tiempo mínimo puede, y debe ser acumulativo, por ejemplo, si el primer retiro del contenedor de la máquina se hace a los 42.28 minutos (tiempo mínimo) hay una diferencia contra el tiempo máximo de:

$$62.73 \text{ min} - 42.28 \text{ min} = 20.45 \text{ min}$$

Estos 20.45 minutos de diferencia se deberán compensar en algún otro momento del proceso, o de lo contrario se tendría una producción mayor de la requerida, pero que sería difícil de determinar, y por lo tanto contraproducente para el estudio de tiempos y la determinación de la mano de obra necesaria.

Los dos únicos requisitos que se deben observar son: que en el momento en que se requiera que la lavadora y secadora de rebaba entre en operación, se cuente con la alimentación de material necesaria, y que la máquina tenga un contenedor para recibir la rebaba que se esté procesando.

### 8.3.1 Consideraciones para el estudio de tiempos

La Cia. Norris & Elliot realizó un profundo estudio sobre medición del trabajo y establecimiento de tiempos en los procesos de fabricación de la División Industrial, el que se sigue fielmente y se aplica para todos los procesos de producción. Dicho estudio establece principalmente la manera como se deben de considerar los tiempos de producción, y como se deben de tratar las mediciones del trabajo, dependiendo de los elementos que afecten a la actividad desarrollada, como pueden ser por ejemplo el esfuerzo físico, el esfuerzo mental, la monotonía, el porcentaje del tiempo de actividad con respecto al tiempo total de trabajo, etc.

También diseñó unas hojas para estudio de tiempo, mismas que se utilizarán para este trabajo, en las cuales se anotan los datos básicos de la actividad a la cual se esté midiendo, como la fecha, número de estudio, nombre o descripción de la operación, número de máquina, hora del estudio, duración del mismo, y las condiciones de operación bajo las que se llevó a cabo la medición, como la presión del aire o gas, estado del herramental, etc.

Estas hojas tienen espacio para tomar diez lecturas, indicando el número de piezas producidas por cada lectura (cuando así proceda). También tienen 5 columnas muy

importantes, mismas que se mencionan y describen a continuación:

**Promedio o Tiempo Promedio:** Es el promedio aritmético resultante de la suma de las lecturas tomadas, entre el número de lecturas realizadas.

**Mínimo o Tiempo Mínimo:** El tiempo mínimo fué establecido por Norris & Elliott como el menor tiempo que suceda por lo menos en un 20% de las lecturas, y se calcula de la siguiente manera: Se cuenta el número total de lecturas tomadas y se calcula el 20% de esta cantidad. Los valores de las lecturas se ordenan de forma ascendente y se empiezan a contar, de menor a mayor, hasta que se iguale o supere el de la cantidad obtenida como el 20% de las lecturas, cuyo valor será el tiempo mínimo.

**Tiempo Consistente:** Es el promedio aritmético entre el Tiempo Promedio y el Tiempo Mínimo.

**Factor de Nivelación:** Como cada actividad puede ejecutarse a distintas velocidades, es necesario calificar la habilidad del operario a fin de obtener tiempos consistentes al 100% de eficiencia. La calificación de la habilidad y velocidad del operario se determina por medio del Factor de Nivelación, el cual vale 100 para una actividad desarrollada al 100% de velocidad, o sea, un ritmo

normal de trabajo. El Factor de Nivelación se determina en base a la apreciación del tomador de tiempos, por lo que éste debe de conocer a fondo la actividad que se esté midiendo, y así evitar una mala apreciación, o que sea engañado por malicia del operario, ya sea por tratar de impresionar con su alta velocidad, o por hacer "tortuguismo" pretendiendo que trabaja a un ritmo muy acelerado.

Los trabajadores que quieren impresionar a los tomadores de tiempos, son los que por lo general son hábiles en su labor y lo quieren demostrar, pretendiendo que de alguna forma la empresa reconozca su pericia o los consideren trabajadores clave. La mayoría de las veces esto sucede con operadores jóvenes. El problema de esta situación, es que el tiempo fijado para llevar a cabo el proceso productivo de que se trate quedará fijado muy bajo, es decir, el tiempo registrado indicará que cualquier operario podrá realizar esa actividad en un tiempo menor del que realmente se requiere, y por consiguiente rara vez se podrán alcanzar los pronósticos de producción fijados en base a las mediciones realizadas.

Los trabajadores que finjen trabajar a un ritmo muy acelerado, haciendo labores o movimientos innecesarios para llevar a cabo su tarea, son por lo general los mas viejos y con mayor experiencia. Lo hacen con tanta habilidad que un tomador de tiempos que no conozca a fondo la actividad

caería inevitablemente en el truco. La idea principal de estos operadores es que se les fije un tiempo muy alto, para que así se les exija menor producción, y puedan cumplir con su cuota con mayor facilidad; además en los casos en que se les otorguen premios o incentivos con miras a obtener mayor producción, los trabajadores conseguirán estas bonificaciones extras sin realizar mayor esfuerzo.

El Factor de Nivelación es uno de los puntos mas importantes dentro del estudio de tiempo, ya que hace que las lecturas, que son simplemente la historia de ejecución de operaciones por personas y condiciones determinadas, se conviertan en una norma de tiempo, es decir, que el tiempo fijado sirva como base productiva para cualquier trabajador que desarrolle esta actividad bajo las mismas condiciones de trabajo.

Tiempo Ajustado Neto: El Tiempo Ajustado Neto o T.A.N., como también aparece en algunas secciones de la hoja de estudio de tiempo, es el producto de la multiplicación del Factor de Nivelación, expresado en porcentaje, por el Tiempo Consistente.

Concesiones personales, demoras y suplementarias (P.D.S.): La Cía. Norris & Elliott estableció que al tiempo ajustado neto obtenido se le debía de hacer ciertas concesiones por conceptos personales (P- ir al baño o



cualquier otra actividad netamente personal), por demoras (D- falta de materia prima, herramental, desperfectos en la maquinaria, etc.), y por conceptos suplementarios (S- atencion a otros compañeros o a jefes, etc.). Estas concesiones o modificaciones al tiempo ajustado neto, se dan en porcentajes que varían dependiendo del tipo de actividad de que se trate, y siempre serán para aumentar el tiempo de producción. A este nuevo tiempo obtenido se le llama Tiempo de Operación o Tiempo Estándar, cuya velocidad debe ser tal que permita producir toda la jornada de trabajo sin crearle una fatiga excesiva al operario.

La concesión necesaria para necesidades personales en actividades dentro de la planta de fundición, fué considerada por Norris & Elliott como un 5% (cinco por ciento), mientras que la correspondiente a demoras en un 6% (seis por ciento), y la relativa a suplementarios en un 4% (cuatro por ciento), sumando todas juntas 15% (quince por ciento).

En ocasiones , cuando procede, el tiempo de operación o tiempo estándar se determinará después de hacer las concesiones pertinentes por concepto de incentivo.

En resumen, el tiempo estándar o tiempo de producción para este proyecto, estará dado por el tiempo ajustado neto mas una concesión de un 15% (quince por ciento) debido a conceptos personales, demoras y suplementarios.

La Cía. Norris & Elliott también estableció que los procesos de operación que involucren máquinas u otros equipos de producción, en los cuales la actividad del hombre no afecte su ciclo productivo, no se verán afectados por las concesiones P.D.S.. Esto se debe a que las máquinas no sufren retrasos por conceptos personales, por demoras o por los aspectos suplementarios descritos anteriormente, de tal manera que el tiempo ajustado neto para ciclos productivos realizados por máquinas o equipos de producción, será igual al tiempo estándar o tiempo de producción de ese proceso.

Los hornos son equipos de producción comprendidos en el concepto anterior. Existen también algunos procesos productivos en los que no intervienen ni el hombre ni las máquinas o equipos de producción, y que tampoco se ven afectados por las concesiones P.D.S., como por ejemplo el tiempo de espera de solidificación o los demás tiempos específicamente mencionados en las normas de procesos de producción de la División Industrial.

### 8.3.2 Estudio de tiempos

A continuación se presentan las hojas de estudio de tiempos de las diferentes actividades que integran el proceso productivo propuesto para la nueva planta de recuperación de rebaba, exceptuando aquellos que son determinados específicamente por las normas de procesos de producción que imperan en la División Industrial.

## ESTUDIO DE TIEMPO

1-22

Folio No            **C-** Página No             
 No. de            de            Producto             
 Fecha            Planta             
 Sección            Medidas Generales             
 Descripción de la Operación Alimentar lavadora o secadora con polipasto  
 Material            Avance            Rev/Min             
 Nombre de la Máquina            No.            Peso Principio            Peso Final           

No. DE TARJETA		T. EMPREZO	T. TERMINO	T. BRUTO	T. FUERA	T. NETO											
NOMBRE		T. H. N.	P. O. P.	INCENTIVO	T. ESTANDAR	ALU. O.	ESPECIAL										
T. ESTUDIOS		LECTURAS EN CENTESIMOS										PRIMARIO	SECUNDARIO	T. TERCEROS (CONSISTE)	T. TERCEROS (EXTRIN)	T. IMPC AJUSTAC NETO	
DESCRIPCION DE ELEMENTOS	LEY O REAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10%					
1 Alimentación con polipasto	L	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.12	1.99	2.06	100	2.06
2	L																
3	L																
4	L																
5	L																
6	L																
7	L																
8	L																
9	L																
10	L																
11	L																
12	L																
13	L																
14	L																
15	L																
16	L																
RESERVACIONES																	

DIBUJO A LA VOLTA

## ESTUDIO DE TIEMPO

2 22

Estado No C- \_\_\_\_\_ Fecha No \_\_\_\_\_  
 Maq No \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ Planta \_\_\_\_\_  
 Sección \_\_\_\_\_ Medidas Generales \_\_\_\_\_  
 Descripción de la Operación Cambiar cartonerador y realizar rodado de la máquina secadora  
 Material \_\_\_\_\_ Avance \_\_\_\_\_ Rev/Min \_\_\_\_\_  
 Nombre de la Máquina \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Peso Principio \_\_\_\_\_ Peso Final \_\_\_\_\_

No. DETARJETA		T. EMPESO	T. TERMINO	T. BRUTO	T. FUERA	T. NETO																	
NOMBRE		T. A. N.	P. O. G.	INCENTIVO	T. SEQUENCIAR	PLUGO	T. ESPECIAL																
T. ESTUDIOS		LECTURAS EN CENTESIMOS										PRELIMINAR	RECORRIDO	TIEMPO COMPLETADO	FACTUR. INVENTARIACION	TIEMPO AJUSTADO NETO							
DESCRIPCION DE ELEMENTOS	LECT. V. PRUEB.	LECTURAS EN CENTESIMOS										TOTAL											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							11					
1	Cambiar cartonerador y llevar rodado	L	1	30	22	1	31	36	35	2	37	38	39	40	41	42	1.20	1.21	2.49	75	2.3		
2		L																					
3		L																					
4		L																					
5		L																					
6		L																					
7		L																					
8		L																					
9		L																					
10		L																					
11		L																					
12		L																					
13		L																					
14		L																					
15		L																					
16		L																					

DIBUJO A LA VUELTA

## ESTUDIO DE TIEMPO

Estudio No. C- Fecha No. \_\_\_\_\_  
 Hora No. \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ Proceso \_\_\_\_\_  
 Fecha \_\_\_\_\_ Sigla \_\_\_\_\_  
 Sección \_\_\_\_\_ Medidas Generales \_\_\_\_\_  
 Descripción de la Operación Limpiar mano por 14. kg  
 Material \_\_\_\_\_ Avance \_\_\_\_\_ Rev./Min \_\_\_\_\_  
 Nombre de la Máquina \_\_\_\_\_ No. \_\_\_\_\_ Paso Principio \_\_\_\_\_ Paso Final \_\_\_\_\_

NO DE FOLIETA	T. EMPREO	T. TERMINO	T. BRUTO	T. PURO	T. NETO												
NOMBRE	T. P. M. 4.34	T. P. B. 4.55	INERTIVO	T. ESTANDAR 4.74	T. P. U. L. 4.54	T. ESPECIAL											
T. ESTUDIOS	LECTURAS EN CENTESIMOS																
DESCRIPCION DE ELEMENTOS	LECT. P. REAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	PREVISION	REVISION	T. ESTANDAR	T. P. U. L.	T. ESPECIAL
1 Limpiar mano por 14. kg	4.34											4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
RESERVACIONES																	
DIBUJO A LA FUERTA																	

## ESTUDIO DE TIEMPO

Estudio No. C- Página No. \_\_\_\_\_  
 Fecha No. \_\_\_\_\_ Producto \_\_\_\_\_  
 Fecha \_\_\_\_\_ Planta \_\_\_\_\_  
 Sección \_\_\_\_\_ Medidas Generales \_\_\_\_\_  
 Descripción de la Operación Preparación de Sulfato  
 Material \_\_\_\_\_ Avance \_\_\_\_\_ Rev/Min \_\_\_\_\_  
 Nombre de la Máquina \_\_\_\_\_ Peso Principio \_\_\_\_\_ Peso Final \_\_\_\_\_

Nº DE TABLETA	NOMBRE	LECTURAS EN CENTÉSIMOS											RECORRIDO PUNTA SEGUNDO MINUTOS VALOR ANTICIPA	TIEMPO ESTIMADO NETO			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL					
1	Recargar materia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Introducir termobar																
3	Recargar horno																
4	Recargar termobar (completado)																
5	Recargar escoria																
6	Recargar termobar																
7	Recargar materia																
8	Recargar materia																
9	Recargar escoria																
10	Introducir termobar y recargar materia en el mismo																
11	Recargar termobar (completado)																
12	Introducir desgasificador																
13	Recargar escoria																
14	Recargar magnesio																
15	Recargar escoria																
16	Recargar materia de caldo / materia																
OBSERVACIONES																	

DIBUJO A LA FUERTA

## ESTUDIO DE TIEMPO

Estudio No C- Parte No \_\_\_\_\_  
 Fecha No \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ Producto \_\_\_\_\_  
 Sección \_\_\_\_\_ Medida General \_\_\_\_\_  
 Descripción de la Operación Preparación de la solución de manipulación  
 Material \_\_\_\_\_ Avance \_\_\_\_\_ Rev./Min \_\_\_\_\_  
 Nombre de la Máquina \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Peso Principio \_\_\_\_\_ Peso Final \_\_\_\_\_

No. DE TARJETA	T. ARRANQUE	T. TERMINO	T. BRUTO	T. PUESTA	T. NETO																				
NOMBRE	LECTURAS EN CENTESIMOS																								
T. ESTUDIOS	LECTURAS EN CENTESIMOS																								
DESCRIPCION DE ELEMENTOS	LECTURAS EN CENTESIMOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA	CUARTA	QUINTA	SEXTA	SEPTIMA	OCTAVA	NOVENA	DIEZ	EMPEZADO	TERMINADO	
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
Observaciones:	Tiempo total : 38.71																								
	Tiempo de manipulación : 18.1																								
	Tiempo neto : 20.60																								
	P.M.S. : 18.71 - 158																								

## ESTUDIO DE TIEMPO

6 22

Estado No                      **C-** Parte No                       
 No a No                      de                      Proceso                       
 Fecha                      Día                       
 Sección                      Medidas Generales                       
 Descripción de la Operación Medido del trabajo a lasoperarias, y desatado  
 Material                      Avance                      Rev/Min                       
 Nombre de la Máquina                      No                      Peso Principio                      Peso Final                     

No de TARJETA	T EMPEZO		T TERMINO		T BRUTO		T PUESTA		T NETO									
	T A N	T A S	T A N	T A S	T A N	T A S	T A N	T A S	T A N	T A S								
NOMBRE	3.57		3.23		INCENTIVO		T ESTANDBY		2.31									
T ESTUDIOS	LECTURAS EN CENTESIMOS																	
DESCRIPCION DE ELEMENTOS	LECT V READ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	PRESTACION	TIEMPO PROMEDIO	TIEMPO CONSTANTES	TIEMPO DE INACTIVACION	TIEMPO AJUSTADO NETO	
1	L	0.17	3.40	6.60	1.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.15	9.40	9.46	90	6.53
2	L																	
3	L																	
4	L																	
5	L																	
6	L																	
7	L																	
8	L																	
9	L																	
10	L																	
11	L																	
12	L																	
13	L																	
14	L																	
15	L																	
16	L																	

RESERVA: 0000

DIBUJO A LA PUESTA



## ESTUDIO DE TIEMPO

Estudio No. C- Zona No. \_\_\_\_\_  
 No. e No. \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ Producto \_\_\_\_\_  
 fecha \_\_\_\_\_ Planta \_\_\_\_\_  
 Sección \_\_\_\_\_ Medidas Generales \_\_\_\_\_  
 Descripción de la Operación Estampado de No. de lots de producción en 28 líneas  
 Material \_\_\_\_\_ Avance \_\_\_\_\_ Rev/Min \_\_\_\_\_  
 Nombre de la Máquina \_\_\_\_\_ No. \_\_\_\_\_ Paso Principio \_\_\_\_\_ Paso Final \_\_\_\_\_

No. DE TARJETA	NOMBRE	Y EMPUJO		Y TERMINO		Y BRUTO		Y ESTANDO		Y FUERA		Y OTRO				
		P. N.	P. S.	RENTING	ESTANDO	FLUJO	Y ESPECIAL									
Y ESTUDIO		LECTURAS EN CENTESIMOS										PROMEDIO	DEVIACION	TIEMPO COMPLETADO	% DE INEFICACIA	TIEMPO AJUSTADO NETO
DESCRIPCION DE ELEMENTOS	LECT. PRAB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
1	Estampar 28 líneas	L	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	1.34	1.21	1.27	76	1.17
2		L														
3		L														
4		L														
5		L														
6		L														
7		L														
8		L														
9		L														
10		L														
11		L														
12		L														
13		L														
14		L														
15		L														
16		L														

OBSERVACIONES

DIBUJO A LA VUELTA



## ESTUDIO DE TIEMPO

Estudio No C- Parte No \_\_\_\_\_  
 Hoja No \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ Producto \_\_\_\_\_  
 Fecha \_\_\_\_\_ Año \_\_\_\_\_  
 Sección \_\_\_\_\_ Medidas Generales \_\_\_\_\_  
 Descripción de la Operación Calzar lingotes y sacar y llevar plataforma a área de enfriamiento  
 Material \_\_\_\_\_ Avance \_\_\_\_\_ Rev./Min \_\_\_\_\_  
 Número de la Máquina \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Paso Principio \_\_\_\_\_ Paso Final \_\_\_\_\_

No. DE TARJETA	Y EMPREZO		Y TERMINO		Y BRUTO		Y PUERA		Y OTRO					
	T. A. M.	P. R. E.	N. C. E. T. I. V. O.	T. E. S. T. A. D. O. R.	T. A. M.	P. R. E.	T. A. M.	P. R. E.	T. A. M.	P. R. E.				
NOMBRE	LECTURAS EN CENTESIMOS										PROMEDIO	RANGO	DEVIACION ESTADÍSTICA	TIEMPO JUSTIFICADO
Y ESTUDIOS	LECT. O. P. A. S.	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
DESCRIPCION DE ELEMENTOS														
1	Calzar lingotes, estibar y llevar a la plataforma a enfriamiento	P	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30
2		L												
		P												
3		L												
		P												
4		L												
		P												
5		L												
		P												
6		L												
		P												
7		L												
		P												
8		L												
		P												
9		L												
		P												
10		L												
		P												
11		L												
		P												
12		L												
		P												
13		L												
		P												
14		L												
		P												
15		L												
		P												
16		L												
		P												

RECONOCIDOS

DIBUJO A LA FUERZA





## ESTUDIO DE TIEMPO

Estudio No.            **C-**            Parte No.             
 Maq. No.            de            Planta            Producto             
 Fecha                                  Meddas Generales             
 Sección             
 Descripción de la Operación             
 Material            Avance            Rev/Min             
 Nombre de la Máquina            No.            Paso Principio            Paso Final           

No. DE TARJETA		* EMPESO		* TERMINO		* BRUTO		* PUERA		* NETO											
NOMBRE		T. O. N.		P. O. B.		INCENTIVO		* RESPONDER		* EFECTIVO											
* ESTUDIOS		LECTURAS EN CENTESIMOS																			
DESCRIPCION DE ELEMENTOS	L. EST. * REAS	LECTURAS EN CENTESIMOS										TOTAL	MOMENTO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	SEXTO	TIEMPO ANALIZADO		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
1	L																				
2	L																				
3	L																				
4	L																				
5	L																				
6	L																				
7	L																				
8	L																				
9	L																				
10	L																				
11	L																				
12	L																				
13	L																				
14	L																				
15	L																				
16	L																				

RESERVA PARA

DIBUJO A LA VUELTA

## ESTUDIO DE TIEMPO

Estudio No C- Parte No \_\_\_\_\_  
 No de Ma \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ Producto \_\_\_\_\_  
 Fecha \_\_\_\_\_ Planta \_\_\_\_\_  
 Sección \_\_\_\_\_ Medidas Generales \_\_\_\_\_  
 Descripción de la Operación Quitar y poner escoria  
 Material \_\_\_\_\_ Avance \_\_\_\_\_ Rev/Min \_\_\_\_\_  
 Nombre de la Máquina \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Peso Principal \_\_\_\_\_ Peso Final \_\_\_\_\_

Nº DE TARJETA	NOMBRE	F. EMPESO	F. TERMINO	F. BRUTO	F. PUNTA	F. NETO	LECTURAS EN CENTESIMOS											PUNTA	SEGUNDA	TIEMPO (CONSTANTE)	RELACION	TIEMPO ANALIZADO
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL					
1	Quitar y poner escoria de 18247-3	L																0.5	0.630.54	95	0.50	
2		L																				
		P																				
3		L																				
		P																				
4		L																				
		P																				
5		L																				
		P																				
6		L																				
		P																				
7		L																				
		P																				
8		L																				
		P																				
9		L																				
		P																				
10		L																				
		P																				
11		L																				
		P																				
12		L																				
		P																				
13		L																				
		P																				
14		L																				
		P																				
15		L																				
		P																				
16		L																				
		P																				





## ESTUDIO DE TIEMPO

Et. de No. C- 15 22  
 Hoja No. \_\_\_\_\_ Fecha No. \_\_\_\_\_  
 No. de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ Planta \_\_\_\_\_  
 Sección \_\_\_\_\_ Medidas Generales \_\_\_\_\_  
 Descripción de la Operación Arriar y cargar la cañafaja  
 Material \_\_\_\_\_ Avance \_\_\_\_\_ Rev/Min \_\_\_\_\_  
 Nombre de la Máquina \_\_\_\_\_ No. \_\_\_\_\_ Peso Final \_\_\_\_\_

NOMBRE	T. EMPLEO		T. TERMINO		T. BRUJO		T. PUESTO		T. ESPECIAL								
	T. A. N.	T. P. B.	T. A. N.	T. P. B.	T. A. N.	T. P. B.	T. A. N.	T. P. B.	T. A. N.	T. P. B.							
LECTURAS EN CENTESIMOS																	
DESCRIPCION DE ELEMENTOS	LECTURAS P. A. N.	LECTURAS EN CENTESIMOS									TOTAL	PROMEDIO	BRUJO	T. A. N. (CONSTANTE)	T. P. B. (CONSTANTE)	T. A. N. (CONSTANTE)	T. P. B. (CONSTANTE)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9							
1. CARGAR Y CARGAR CAÑAFAJA	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	550	0.62	0.55	0.59	100		0.59
2. _____	L																
3. _____	P																
4. _____	L																
5. _____	P																
6. _____	L																
7. _____	P																
8. _____	L																
9. _____	P																
10. _____	L																
11. _____	P																
12. _____	L																
13. _____	P																
14. _____	L																
15. _____	P																
16. _____	L																

RESERVACIONES

DIBUJO A LA VUELTA





## ESTUDIO DE TIEMPO

15-22

Estudio No C- Forma No \_\_\_\_\_  
 Ma o No \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ Producto \_\_\_\_\_  
 Fecha \_\_\_\_\_ Planta \_\_\_\_\_  
 Sección \_\_\_\_\_ Medidas Generales \_\_\_\_\_  
 Descripción de la Operación Completa y montaje de ensamblaje  
 Material \_\_\_\_\_ Avance \_\_\_\_\_ Rev/Min \_\_\_\_\_  
 Nombre de la Máquina \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Peso Principio \_\_\_\_\_ Peso Final \_\_\_\_\_

No DE TARJETA	EMPRESA	TERMINO	BRUTO	FUERA	NETO	LECTURAS EN CENTESIMOS											PUNTO	SEGUNDO	TIEMPO (MINUTOS)	SEGUNDO	REPLICACION	TIEMPO SUJETO NETO					
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL											
1	COMPLETA Y MONTAJE DE ENSEMBLAGE	L	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	0,18	0,14	1,16	110	0,18
2		L																									
3		L																									
4		L																									
5		L																									
6		L																									
7		L																									
8		L																									
9		L																									
10		L																									
11		L																									
12		L																									
13		L																									
14		L																									
15		L																									
16		L																									
17		L																									
18		L																									
19		L																									
20		L																									

RESERVACIONES \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

DIBUJO A LA VUELTA

## ESTUDIO DE TIEMPO

Estudio No                      **C-** Forma No                       
 Maq No                      de                      Producto                       
 Fecha                      Plant                       
 Sección                      Med del Generales                       
 Descripción de la Operación Llevar contenedor vacío a la planta y pasar una línea  
 Material                      Avance                      Rev/Min                       
 Nombre de la Máquina                      No                      Peso Principio                      Peso Final                     

NO DE TARJETA	EMPRESA		TERMINO		GRUPO		FUERA		NETO									
	NOMBRE	T. S. N.	P. P. S.	INCENTIVO	ESTANDAR	PLANT	ESPECIAL											
ESTUDIOS		LECTURAS EN CENTESIMOS																
DESCRIPCION DE ELEMENTOS	REV V P O R A S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	PRIMERO	SEGUNDO	TIEMPO (CONSTITUI)	VALOR MILLONER	% DE AUMENTO NETO	
1	Llevar contenedor vacío	L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Llevar contenedor lleno	L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3		L																4.17
		P																
4		L																
		P																
5		L																
		P																
6		L																
		P																
7		L																
		P																
8		L																
		P																
9		L																
		P																
10		L																
		P																
11		L																
		P																
12		L																
		P																
13		L																
		P																
14		L																
		P																
15		L																
		P																
16		L																
		P																

RESERVACIONES

DIBUJO A LA VUELTA

## ESTUDIO DE TIEMPO

20 22

Et. de No. C- Zona No. \_\_\_\_\_  
 No. de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ Producto \_\_\_\_\_  
 Fecha \_\_\_\_\_ Planta \_\_\_\_\_  
 Sección \_\_\_\_\_ Medidas Generales \_\_\_\_\_  
 Descripción de la Operación Pesar sacos de cebada  
 Material \_\_\_\_\_ Avance \_\_\_\_\_ Rev/Min \_\_\_\_\_  
 Nombre de la Máquina \_\_\_\_\_ No. \_\_\_\_\_ Peso Principio \_\_\_\_\_ Peso Final \_\_\_\_\_

No. de TARJETA	NOMBRE	LECTURAS EN CENTESIMOS											TOTAL	PREMIUM	PENAL	TIEMPO CONSISTENTE	FACTOR INFLACION	TIEMPO AJUSTADO NETO
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11						
1	Pesar contenedor en balanza	L	37	24	27	35	28	32	26	30	27	33	27	0,30	0,26	0,28	25	0,26
2	Pesar contenedor y ajustar 14 sacos a 340 kg	L	29	26	28	29	32	33	30	27	30	27	0,30	0,27	0,29	100	0,29	
4	Pesar contenedor a pesa de 300 kg	L	14	17	13	16	15	17	12	15	13	15	0,15	0,13	0,14	100	0,14	
4		L																
4		P															0,69	
5		L																
5		P																
6		L																
6		P																
7		L																
7		P																
8		L																
8		P																
9		L																
9		P																
10		L																
10		P																
11		L																
11		P																
12		L																
12		P																
13		L																
13		P																
14		L																
14		P																
15		L																
15		P																
16		L																
16		P																

RESERVACIONES

DIBUJO A LA VUELTA

## ESTUDIO DE TIEMPO

21 22

Estudio No C- Plant No \_\_\_\_\_  
 Año No \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ Planta \_\_\_\_\_  
 Fecha \_\_\_\_\_ Producto \_\_\_\_\_  
 Sección \_\_\_\_\_ Medidas Generales \_\_\_\_\_  
 Descripción de la Operación Prueba y sincronización de cargas de Mergado  
 Material \_\_\_\_\_ Avance \_\_\_\_\_ Rev/Min \_\_\_\_\_  
 Número de la Máquina \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Paso Principio \_\_\_\_\_ Paso Final \_\_\_\_\_

Nº DE TARJETA	Y EMPUJO		Y TORNILLO		Y BRUJO		Y FUERA		Y NETO		PUNTO	ESPESOR						
	T. A. M.	P. D. S.	P. D. S.	AGUJERO	T. ESTANCO	PUNTO	ESPESOR	T. ESTANCO										
NOMBRE		LECTURAS EN CENTESIMOS										PUNTO	ESPESOR	TIEMPO CONSISTENTE	FACTOR DE EFICIENCIA	TIEMPO AUGMENT NETO		
DESCRIPCION DE ELEMENTOS		LECT. DE ARR.	1	2	3	4	5	6	7	8	9						10	TOTAL
1	Prueba Mergado en bruto y limpio	L	2.30	3.11	3.22	2.43	2.88	3.27	2.58	3.63	3.5	3.2	32.46	3.25	2.88	3.06	75	2.91
		P											3.17					
2	Prueba Mergado a color	L	1.35	1.31	1.33	1.38	1.28	1.30	1.32	1.29	1.36	1.31	1.35	0.33	0.29	0.31	100	1.31
		P											1.37					
3	Prueba Mergado a color con Mergado a al color de simulación	L	1.42	1.38	1.39	1.42	1.38	1.39	1.40	1.39	1.41	1.36	1.66	1.37	0.29	0.33	100	1.33
		P											1.37					
4		L																1.55
		P																
5		L																
		P																
6		L																
		P																
7		L																
		P																
8		L																
		P																
9		L																
		P																
10		L																
		P																
11		L																
		P																
12		L																
		P																
13		L																
		P																
14		L																
		P																
15		L																
		P																
16		L																
		P																

OBSERVACIONES

DIBUJO A LA FUERTA





#### 8.4 Frecuencia de las Actividades Secundarias

La frecuencia de ocurrencia de las actividades secundarias está dada en función de la frecuencia de ocurrencia de las actividades principales. Esto se debe a que las actividades secundarias son aquellas que complementan a las principales, sin las cuales las actividades secundarias no tendrían ninguna razón de existencia.

Las labores relacionadas con las actividades secundarias de limpiar el área de trabajo y sacar la basura generada, deberán ser realizadas una vez al día, pudiendo ser esto a cualquier hora o incluso por partes, de acuerdo a la carga de trabajo que tenga el personal de la planta. La idea general de esta actividad es la de mantener un área de trabajo ordenada y limpia, evitando así accidentes y la mala imagen que daría la nueva planta de recuperación de rebaba, de no tenerse el debido cuidado en este aspecto.

Las actividades de pesar cargas de rebaba, alimentar lavadora o secadora de rebaba, cambiar contenedor, retirar rebaba seca, llevar a la planta el contenedor vacío y traer uno lleno de rebaba, están dadas en función de la actividad de la lavadora y secadora de rebaba. Por cada vez que esta máquina opere, se requiere que se desarrolle una vez cada una de las actividades mencionadas. La lavadora y secadora

de rebaba operará una vez por cada ciclo completo de cada uno de los hornos de fundición, lo que también indica que las actividades de este párrafo se deberán desarrollar una vez cada una de ellas por cada vez que alguno de los hornos realice su ciclo productivo completo.

Las actividades secundarias restantes, que son las relacionadas con la limpieza y pintado de las herramientas de fundición, el pesado de cargas y almacenamiento de magnesio, el flejado de estibas de 68 lingotes cada una, y la entrega del material recuperado trayendo una plataforma vacía, se deberán realizar igualmente una vez cada una de ellas por cada vez que alguno de los hornos de fundición realice su ciclo completo.

La frecuencia con que deben efectuarse las diversas actividades secundarias mencionadas en los párrafos anteriores, garantizan el perfecto funcionamiento de la nueva planta de recuperación de rebaba. En caso de que estas actividades se realizaran con una frecuencia menor a la mencionada, se incurriría en el serio problema de falta de material disponible para procesar, o de contenedores y/o plataformas para poder realizar las actividades necesarias, afectándose seriamente la producción o incluso la calidad, como es el caso del limpiado y barnizado de las herramientas de fundición.

No todas las actividades secundarias se podrían realizar con una frecuencia mayor a la determinada, por ejemplo, no se puede entregar material a la planta si el ciclo productivo no se ha terminado. Sin embargo existen otras actividades secundarias que sí se podrían realizar con mayor frecuencia. Esto no traería ningún problema siempre y cuando se lleve el debido control de ello.

#### 8.5 Diagrama Hombre-Máquina

El diagrama 8.5, que es un diagrama hombre-máquina, muestra claramente como se podría distribuir la carga de trabajo de todas las actividades que componen el ciclo productivo de la nueva planta de recuperación de rebaba. Esta distribución es necesaria para determinar la cantidad de trabajadores que se requieren para realizar las labores de esta planta proyecto, así como especificar las actividades que debe realizar cada uno de ellos, permitiendo apreciar en que momentos del ciclo productivo existen tiempos muertos o carga de trabajo excesiva, y determinar el porcentaje de utilización de cada uno de los obreros.

De igual manera, este diagrama permite visualizar en que momento se encuentra ocupada una determinada máquina, o saber quién la opera, determinando también el porcentaje de utilización de ella.





### 8.6 Mano de Obra Directa Necesaria

Según el diagrama 8.5, se puede observar claramente que el total de las actividades de la nueva planta de recuperación de rebaba podrían ser realizadas con dos hombres, uno con un porcentaje de utilización del 64%, y el otro con un porcentaje del 66%. El segundo caso se daría si el trabajador No. 1 realizara también las labores que realiza el trabajador No. 3, que son las relacionadas con la lavadora y secadora de rebaba; Según el diagrama hombre-máquina 8.5, el trabajador No. 1 tiene tiempo suficiente para realizar esas labores, incluso el diagrama está diseñado especialmente para que las pueda realizar, sin embargo se determinó como tres el mínimo de trabajadores necesarios, ya que existen algunos aspectos que dicho diagrama no contempla y que son los siguientes:

- Como se determinó en el punto 8.2.1, cada obrero tiene 0.5 hrs para comer, y si se observa el diagrama 8.5, se notará que ni el trabajador No. 1, ni el trabajador No. 2 cuentan con esos 30 minutos continuos necesarios.

- La Cia. Norris & Elliott estableció que para el número de trabajadores que según el diagrama hombre-máquina se requieren para una determinada actividad, habría que añadirle un 8% de necesidades mayores. Esto se debe a que dicha Cia. observó que en la División Industrial, gran parte

de los obreros llegaba hasta diez minutos tarde a laborar, ya que es la tolerancia máxima que se otorga para poder entrar a la planta, pero los obreros la consideran como su hora normal de entrada, observando también que tardan otros diez minutos en presentarse a su lugar de trabajo, y que igualmente toman otros diez minutos del tiempo de trabajo para prepararse a salir de la empresa, ésto es al final de su turno.

También observaron que el personal de la División Industrial se toma diez minutos antes de su turno de comida, para lavarse las manos y llegar a ganar lugar al comedor, y diez minutos después de la comida, tiempo que utilizan en lavarse los dientes y regresar a su lugar de trabajo.

Norris & Elliott determinó también que en la División Industrial se tiene un 5% de ausentismo.

Debido a los puntos anteriores es por lo que se estableció un mínimo de tres obreros por turno.

El diagrama hombre-máquina está hecho exprofeso con poca carga para uno de los trabajadores, con el objetivo de indicar que en caso extremo se podría operar la planta con dos obreros, si es que el tercero llegara a faltar. El único problema sería durante la hora de la comida, donde el mayor

tiempo disponible sería de 21.98 minutos del trabajador No. 2, en cuyo caso el problema se podría resolver de la siguiente manera:

El trabajador No. 2 adelantaría sus labores secundarias, de tal manera que pueda acumular los 30 minutos necesarios para que tome sus alimentos. El mismo trabajador No. 2 deberá también adelantar sus labores secundarias, de forma que pueda cubrir el puesto del trabajador No. 1, mientras éste dispone de sus 0.5 horas de comida; Además de lo anterior, hay que tomar en cuenta un convenio de tipo sindical que existe en la División Industrial, por medio del cual en casos de extrema necesidad, un trabajador podrá restar tiempo a su horario de comida, o incluso no disponer de él, a cambio de una hora de trabajo pagada a razón de sueldo triple. Esta es una medida que usualmente se toma en la División Industrial, y que tanto para la empresa como para el obrero resulta benéfica, ya que la empresa invierte tres horas de sueldo extra y se ahorra ocho del trabajador ausente, y el obrero gana en media hora lo que ganaría en tres horas de trabajo normal. Esto lo aceptan tanto el sindicato como los obreros, porque como se mencionó anteriormente, ocurre únicamente en casos de extrema urgencia, teniendo un límite máximo de ocurrencia de este evento por cada trabajador, de dos veces en un lapso de treinta días, es decir, que un mismo trabajador no puede interrumpir o perder sus alimentos por este motivo en más de



dos ocasiones en treinta días, además de que este convenio no es de ninguna manera impositivo, es decir, que cualquier trabajador puede declinar la "oferta" por parte de la empresa, pero en la realidad se observa que prácticamente todos la aceptan.

#### 8.7 Mano de Obra Indirecta Requerida

Es necesario contar con una persona que ejerza el puesto de jefe, o de responsable de la nueva planta de recuperación de rebaba, el cual deberá encargarse de que se lleven a cabo todas las actividades necesarias para que la nueva planta funcione eficientemente. También será el intermediario entre la División Industrial y esta planta proyecto, teniendo que llevar cuentas claras de la cantidad de rebaba recibida para procesar, cantidad de rebaba procesada, cantidad de material procesado y entregado a la División Industrial, ausentismo de sus trabajadores, registro de mantenimiento tanto correctivo como preventivo al equipo en general, registro de consumos de herramental, etc., así como de recoger un reporte diario que cada uno de los trabajadores debe de entregarle, en donde se detallan las horas de entrada y salida del trabajo, así como el horario de comida, la cantidad producida y todos los aspectos especiales que haya habido durante su turno, o las observaciones o apreciaciones personales que el obrero tenga que hacer.

En pocas palabras, esta persona será la responsable de controlar y dirigir a los obreros que realicen las actividades productivas, y de entregar cuentas de ello al gerente del departamento de fundición de la División Industrial, quién sería su jefe inmediato.

Esta persona podrá tener un horario de labores diferente al del personal de la planta proyecto, y no se requiere que esté presente durante los tres turnos, ya que sus actividades las puede realizar perfectamente bien durante su turno normal de trabajo.

## IX ANALISIS DE COSTOS

### 9.1 Consideraciones

Los valores encontrados a lo largo de la presente tesis, están expresados en pesos constantes.

Los importes mencionados en los siguientes puntos, no incluyen el 15% de Impuesto al Valor Agregado, el cual no será considerado debido a que este impuesto es transferible, se paga en el momento de la compra, y se cobra en el momento de la venta, y por lo tanto no representa ninguna carga ni beneficio económico.

No se encontrará ninguna partida referente a la compra de materia prima, ya que ésta es suministrada por la División Industrial para que sea maquilada por la nueva planta de recuperación de rebaba.

Como la nueva planta de recuperación de rebaba funcionará únicamente como "maquiladora" para fines de este proyecto, y a que toda la materia prima es proporcionada para su transformación por la División Industrial, no se tendrán inventarios de materia prima, producto terminado o en proceso, dado que esta planta no es la dueña de dichos inventarios. La única materia prima que se tiene que comprar es el Magnesio, pero debido a su bajo consumo y costo, el importe por este concepto se incluyó dentro de la

partida de gastos por mantenimiento. En cuanto a inventarios, el único que existe es el de herramientas o accesorios de fundición, el que como se puede observar, se mantiene constante, y su importe económico no es representativo. También, dado que los gastos y consumos son pagados de contado, no se tiene una partida de cuentas por pagar, ya que a nadie se le debe nada.

En esta planta proyecto no existen partidas por gastos de venta y comercialización, dado que en ningún momento se pretenderá comercializar los productos que en ella se recuperan. Si a futuro se le dá el giro de maquiladora a terceros, probablemente entonces se incurra en esos gastos, pero será una situación que deberá analizarse en su momento.

## 9.2 Hornos y Equipo de Combustión

La inversión inicial en lo que a hornos y equipo de combustión en general se refiere, incluyendo el costo de instalación de cada uno de ellos, se puede resumir en la tabla 9.2 que se presenta a continuación

Tabla 9.2 Hornos y equipo de combustión

Descripción	Cantidad Requerida	Costo Unitario	Importe Total
Quegador de Gas Natural	3	965,000	2'895,000
Turbo Soplador con motor de 3 HP	2	2'500,000	5'000,000
Ventilador para chimenea c/motor 5 HP	1	3'000,000	3'000,000
Válvula de Orificio limitante	3	130,000	390,000
Válvula para Gas de Alta Presión 3"	1	330,000	330,000
Válvula para Gas 1"	3	70,000	210,000
Válvula para Aire 3"	3	145,000	435,000
Regulador para Gas	1	1'280,000	1'280,000
Válvula de Seguridad	3	1'300,000	3'900,000
Crisol de Carburo de Sil.	3	1'050,000	3'150,000
Base para Crisol	3	130,000	390,000
Termopar	3	75,000	225,000
Manómetro Alta Presión	3	35,000	105,000
Manómetro Baja Presión	3	20,000	60,000
Fabricación de Hornos. Incluye carcaza, materiales internos y mano de obra	3	6'500,000	19'500,000
Obra Civil p/Extractor y Desfogue. Inc. mano de obra y materiales refractrios y aislantes	1 Lote	35'000,000	35'000,000
Fabricación del Tablero de Control Completo	3	1'750,000	5'250,000

Descripción	Cantidad Requerida	Costo Unitario	Importe Total.
Fabricación y colocación de chimenea	1	2'960,000	2'960,000
Suministro y colocación de la tubería necesaria según planos	1 Lote	10'000,000	10'000,000
Compra escritorio, sillas, sumadora, etc.	1 Lote	2'000,000	2'000,000
T O T A L. \$			96'080,000

### 9.3 Equipo de Servicio

Dentro de la partida de equipo de servicio, existen algunos accesorios que tienen una rotación constante, es decir, que cada determinado tiempo se requiere sustituirlos por nuevos. Debido a que los importes correspondientes a estos accesorios serán liquidados de contado, se catalogaron dentro de la partida de gastos y consumos.

Existen también equipos de servicio que únicamente se adquieren una vez, o que la sustitución de ellos es a largo plazo, como son los casos del polipasto, de la carretilla hidráulica, o de los hornos, por lo que se consideraron como parte del activo fijo y su importe se incluyó dentro de la partida de inversión inicial.

La tabla 9.3.1 contiene la descripción de cada uno de los equipos o accesorios de fundición que requieren ser sustituidos frecuentemente, así como la duración, el costo unitario, y el gasto mensual esperado para cada uno de ellos. Para mayor información sobre la obtención del consumo mensual esperado, referirse al apéndice 1.

Tabla 9.3.1

Nombre del accesorio	Duración aproximada ton	Costo unitario \$	Consumo mensual esperado Pzas	Gasto mensual \$
Termopar	60	45,000	2.47	111,150
Campana	57	19,000	2.60	49,400
Espumadera	57	19,000	2.60	49,400
Estrella	43	19,000	3.45	65,550
Bote de vaciado	43	19,000	3.45	65,550
Escantillón	110	15,000	1.35	20,250
Espátula	85	12,000	1.75	21,000
T O T A L				382,300

El dato anterior quiere decir que se requerirá erogar anualmente la cantidad de 4'587,600 pesos (382,300 X 12 meses), para poder reemplazar por nuevos los implementos mencionados.

En lo que respecta a los equipos de servicio para los cuales únicamente se considerará la inversión inicial, tenemos lo siguiente, representado en la tabla 9.3.2:

Tabla 9.3.2 Equipo de servicio

Descripción	cantidad	Costo unitario	Costo total
Polipasto (incluye instalación)	2	1'500,000	3'000,000
Carretilla hidráulica	1	550,000	550,000
Contenedores	20	300,000	6'000,000
Plataformas de metal	20	100,000	2'000,000
Varios	1 lote	1'000,000	1'000,000
Lingoteras (incluye armazón y montaje)	28	48,215	1'350,000
Plataforma de operador	1	780,000	780,000
		<b>T O T A L \$</b>	<b>14'680,000</b>

#### 9.4 Equipo Para Lavado y Secado de la Rebaba

Como se mencionó en el punto 5.7.2, los equipos para lavar y secar la rebaba, incluyendo sus transportadores, fueron seleccionados entre varios que son fabricados en serie por una empresa con sede en los Estados Unidos.

En ambos casos, a los costos obtenidos se les añadió otra partida equivalente a los costos de importación (flete, seguros, gastos de importación e impuestos y aranceles).



Esta partida se determinó en base a los presupuestos presentados por diversas empresas, dedicadas cada una al giro relativo de la correspondiente partida.

El equipo para secado de la rebaba ya incluye el transportador y las tolvas, tanto de carga como de descarga, necesarias para poder funcionar debidamente.

El costo de la lavadora es de:	16'500,000 pesos
El costo de la secadora es de:	22,750,000 pesos
Instalación de ambos equipos:	4'000,000 pesos

#### 9.5 Inversión Inicial

De los puntos anteriores se pueden extraer los datos para componer la tabla 9.5, los cuales integran la inversión inicial, es decir, lo que se requiere erogar para poder comprar e instalar los equipos y accesorios necesarios para que la nueva planta de recuperación de rebaba se encuentre en condiciones de operar por primera vez:

Tabla 9.5 Inversión inicial

Descripción	Importe en miles de Pesos
Hornos y equipo de combustión (Incluye instalaciones)	96'080
Equipo de servicio	14'680
Lavadora de rebaba	16'500
Secadora de rebaba	22'750
Instalación de lavadora y secadora	4'000
T O T A L	154'010

La inversión inicial es igual a 154'010,000 pesos.

### 9.6 Ventas

Las ventas corresponden a la única partida que no es de erogaciones. Es el único concepto por el cual la nueva planta de recuperación de rebaba podrá tener ingresos. Las ventas anuales se calculan multiplicando la cantidad total de kilogramos de rebaba procesada y entregada a la División Industrial, por el costo unitario del kilogramo procesado.

Actualmente la División Industrial paga a los proveedores externos 500 pesos por kilogramo de rebaba recuperada, de manera que esta cifra es la cantidad máxima que la nueva planta podría cobrar por sus servicios de recuperación. Dicho en otras palabras, es el ingreso máximo que la planta proyecto podría llegar a tener por kilogramo de rebaba procesada y entregada a la División Industrial.

En base a lo anterior es necesario hacer un cálculo para cada uno de los cinco años considerados a futuro para este proyecto, con el objeto de conocer las ventas reales para cada uno de ellos. Para este cálculo se tomaron los datos del punto 4.5.

La tabla 9.6.1 muestra el pronóstico de producción de pistones y la rebaba generada por ellos para los próximos cinco años:

Tabla 9.6.1

	AÑOS A FUTURO				
	1	2	3	4	5
Producción anual (mas 10%) en millones de pzas	5.94	6.38	6.93	7.59	7.92
Toneladas de rebaba generada al año, a razon de 22.5 kg de rebaba por cada 100 pzas maquinadas	1,337	1,436	1,560	1,708	1,782

Multiplicando los datos anteriores por mil para obtener los kilogramos de rebaba procesada, y a su vez por el precio unitario de venta, se obtiene la tabla 9.6.2, que refleja el pronóstico de ingresos anuales para cada uno de los cinco años de consideración para este proyecto:

Tabla 9.6.2

	AÑOS A FUTURO				
	1	2	3	4	5
Ventas anuales en millones de pesos	668.50	718.00	780.00	854.00	891.00

La tabla anterior muestra las ventas o ingresos anuales en millones de pesos, para cada uno de los próximos cinco años.

#### 9.7 Cálculo de insumos

##### 9.7.1 Consumo de Gas

El Gas Natural que se requiere para que este proyecto de planta opere, está determinado por el consumo de cada uno de los hornos de fundición, el cual se puede determinar mediante el siguiente cálculo:

La fórmula que determinará el consumo de Gas Natural por los tres hornos de fundición que se piensan instalar, es la siguiente:

$$3 \times \frac{(\text{Horas de trabajo} \times \text{Capacidad calorífica quemador})}{\text{Capacidad calorífica del Gas Natural}} =$$

en la cual, las horas de trabajo se refieren al tiempo de ocupación del quemador de cada uno de los hornos, mismo que se puede determinar del diagrama hombre-máquina y que es de:

$$\begin{aligned}
 &24 \text{ hr/día} \times 60 \text{ min/1 hr} = 1,440 \text{ min/día} \\
 &1440 \text{ min/día} / 194.80 \text{ min/ciclo} = 7.39 \text{ ciclo/día} \\
 &7.39 \text{ ciclo/día} \times 143.45 \text{ min utilización/ciclo} = \\
 &1,060.10 \text{ min utilización/día}
 \end{aligned}$$

Del cálculo anterior se obtiene que cada quemador permanece encendido un total de 1,060.10 minutos al día, o sea el tiempo efectivo de consumo de Gas Natural por cada quemador.

La capacidad calorífica de cada uno de estos quemadores es de 504,032.25 Kcal/hr, de donde se obtiene lo siguiente:

$$(504,032.25 \text{ Kcal/hr}) \times (1 \text{ hr}/60 \text{ min}) = 8,400.54 \text{ Kcal/min}$$

La capacidad calorífica del Gas Natural es de 8,640 Kcal/m<sup>3</sup>, con un costo de 234 pesos por metro cúbico.

Sustituyendo los datos anteriores en la fórmula, se tiene un consumo diario de:

$$3 \times \frac{(1,060.10 \text{ min/día}) \times (8,400.54 \text{ kcal/min})}{(8,640 \text{ kcal/m}^3)} = 3,096.16 \text{ m}^3/\text{día}$$

Multiplicando el consumo anterior por el costo del metro cúbico de Gas Natural, se obtiene:

$$(3,096.16 \text{ m}^3/\text{día}) \times (234 \text{ \$/m}^3) = 723,564.76 \text{ \$/día}$$

Multiplicando por el total de días hábiles al mes, se obtiene el importe total del consumo de Gas Natural en un mes:

$$(723,564 \text{ \$/día}) \times (23.02 \text{ día/mes}) = 16,656,460 \text{ \$/mes}$$

Multiplicando el importe mensual por doce, se obtiene el importe anual:

$$(16,656,460 \text{ \$/mes}) \times (12/\text{mes/año}) = 199,877,520 \text{ \$/año}$$

El importe total por el consumo de Gas Natural es de aproximadamente 199,878,000 pesos anuales en promedio.

### 9.7.2 Consumo de Energía Eléctrica

La demanda de energía eléctrica de esta planta proyecto, se centra principalmente en el consumo del alumbrado del local, mas el consumo de los diferentes equipos de producción.

El alumbrado de la nueva planta de recuperación de rebaba, está constituido por 19 lámparas tipo Slim-Line de 2 X 74. las cuales ya se encuentran instaladas en el local, siendo de una capacidad aproximada de 200 watts cada una de ellas. El consumo total de energía eléctrica de estas 19 lámparas es de:

$$(19 \text{ lámparas}) \times (200 \text{ Watts/lámpara}) = 3,800 \text{ Watts}$$

Por lo que respecta al equipo productivo, el consumo se determina en base a los motores que éste tenga. La tabla 9.7.2 muestra una relación de ellos, con sus respectivas capacidades:

Tabla 9.7.2

Descripción del uso	Capacidad del motor en HP	Cantidad de motores	Potencia total en HP
Extractor de chimenea	5	1	5
Polipasto	0.25	2	0.5
Turbosopladores	3	2	6
Transportador lavadora	3	1	3
Transportador secadora	3	1	3
Centrifugadora secadora	5	1	5
		T O T A L	22.5 HP

Los 22.5 HP de potencia total instalada, se deberán convertir a watts para poder calcular el consumo de energía eléctrica que tendrán estos motores; Para hacerlo hay que multiplicarlos por 746, que es el factor de conversión necesario para este cálculo:

$$22.5 \text{ HP} \times 746 = 16,785 \text{ Watts}$$

En total se consumen:

$$3,800 \text{ Watts} + 16,785 \text{ Watts} = 20,585 \text{ Watts}$$

$$(20,585 \text{ Watts}) \times (1/1,000 \text{ Kw/watts}) = 20.59 \text{ Kw}$$



El consumo anterior está dado de manera instantanea, es decir, para una fracción de tiempo muy pequeña, por lo que hay que multiplicarlo por el número de horas totales que se trabajarán durante el mes, para obtener el consumo en kilo watts Hora mensuales:

$$(20.59 \text{ Kw}) \times (23.02 \text{ día/mes}) \times (24\text{Hr/día}) = \\ 11,372.80 \text{ Kw Hr/mes}$$

Aproximadamente se consumirán 11,372.80 kw Hr mensuales, teniendo el kw Hr un costo promedio de 37.00 \$/kw, se tiene un gasto mensual en lo que a consumo de energía eléctrica se refiere de:

$$(11,372.80 \text{ Kw/mes}) \times (37.00 \text{ \$/Kw}) = 420,793.60 \text{ \$/mes}$$

Multiplicando por doce para obtener el gasto anual:

$$(420,793.60 \text{ \$/mes}) \times (12 \text{ mes/año}) = \\ 5,049,523 \text{ \$/año}$$

Se incurrirá en un costo aproximado de 5'050,000 pesos anuales por concepto de consumo de energía eléctrica.

### 9.8 Mano de Obra

Como se determinó en el punto 8.5, para realizar las actividades de la planta de recuperación de rebaba, se requieren 3 obreros por turno (mano de obra directa), los cuales pueden estar constituidos por dos oficiales y un ayudante general, de manera que en total se requieren en cuanto a mano de obra directa se refiere, 3 ayudantes generales y 6 oficiales.

En el punto 8.7 se hace mención a la necesidad de un responsable o encargado de la nueva planta de recuperación de rebaba, por lo que en cuanto a mano de obra indirecta se refiere, es necesaria la contratación de una persona con nivel de supervisor o jefe.

Los datos anteriores, junto con los sueldos establecidos por acuerdo entre la División Industrial y el sindicato, se pueden apreciar con mayor claridad en la tabla 9.8:

Tabla 9.8

Puesto	Personal necesario	Sueldo mensual	Total mensual
Ayudante general	3	345,000	1'035.000
Oficial	6	437,000	2'622.000
Jefe de planta	1	575,000	575,000
		T O T A L.	\$ 4'232.000

En atención a los gastos extras que forzosamente se deberán hacer sobre la cantidad anterior, se consideró un 30% (treinta por ciento) adicional, de tal forma que en total se erogarán mensualmente por concepto de sueldos y salarios, tanto de mano de obra directa como indirecta, un total de 5'501,000 pesos. Para mayor información sobre la determinación del 30% adicional sobre sueldos y salarios, referise al apéndice 2.

El total anual pagado por concepto de sueldos y salarios será de:

$$(5'501,000 \text{ \$/mes}) \times (12 \text{ mes/año}) = \\ 66'012,000 \text{ \$/año}$$

Se erogarán un total de 66'012,000 pesos anuales por concepto de sueldos y salarios

#### 9.9 Mantenimiento

El costo estimado anual por mantenimiento de los equipos productivos y de servicio, excluyendo los comprendidos en la tabla 9.3.1, están basados en datos estadísticos tomados de la División Industrial, los que incluyen todos los trabajos de mantenimiento que pudiera llevar una planta similar a la propuesta en este proyecto, considerando incluso materiales de limpieza.

Los gastos inherentes a la lavadora y secadora de rebaba fueron estimados en base a los datos proporcionados por los proveedores, así como a la experiencia que se tiene de ellos en las plantas de Mahle. GMBH en Alemania.

También se consideraron dentro del costo por mantenimiento los importes relacionados con el consumo de agua de la nueva planta.

Todo lo anterior en conjunto arroja un monto total aproximado de 30'000,000 de pesos anuales en promedio.

#### 9.10 Renta

Aunque este local no sería arrendado por la División Industrial para instalar la nueva planta de recuperación de rebaba, ésta tendrá que ser capaz de proporcionar los ingresos suficientes para pagar por este motivo. El importe que se fijó para este concepto es de 10'800,000 pesos anuales, que está acorde a su superficie y a la renta promedio que se pagaría por una bodega similar en esa zona.

## 9.11 Depreciaciones

De acuerdo a lo que indica la Ley del Impuesto Sobre la Renta que rige en nuestro País, en la Fracción V de su Artículo 45, toda maquinaria y equipo de fundición se debe depreciar a una tasa anual del 8% (ocho por ciento), de tal manera que la depreciación total de estos equipos se tendría en 12.5 años.

La tabla 9.11 contiene las partidas que están sujetas a depreciación según el contenido del párrafo anterior:

Tabla 9.11 Depreciaciones

Descripción	Costo en miles de Pesos
Equipo de fundición	61'080
Equipo de servicio	14'680
Lavadora de rebaba	16'500
Secadora de rebaba	22'750
T O T A L.	\$ 115'010

$$(115'010,000 \text{ pesos}) \times (0.08) = 9'200,800 \text{ pesos/año}$$

El importe por concepto de depreciación de los equipos de la nueva planta de recuperación de rebaba, será de 9'030,400 pesos anuales.

## 9.12 Costo Anual de Manufactura

El costo de manufactura se determina sumando los costos de mano de obra directa, mano de obra indirecta, depreciaciones, mantenimiento, consumos de gas natural y de energía eléctrica, renta y otros, como se muestran en la tabla 9.12:

Tabla 9.12 Costo de manufactura

Descripción	Importe en miles de Pesos
-----	
Mano de obra (directa e indirecta)	66'012
Depreciaciones	9'201
Mantenimiento	30'000
Consumo de gas natural	199'878
Consumo de energía eléctrica	5'050
Renta	10'800
Accesorios de fundición	4'587

T O T A L      \$    325'528

Total del costo de manufactura anual 325'528,000 pesos.

## X EVALUACION ECONOMICA

## 10.1 Cuentas por Cobrar

Como la División Industrial será, al menos en un principio y para fines de la evaluación de este proyecto, el único cliente de la nueva planta de recuperación de rebaba, ésta tendrá que acatar las políticas de pago que imperan en dicha División Industrial, las que son de treinta días a partir de la fecha de presentación a revisión de la factura correspondiente. Sin embargo, en la realidad estos treinta días nunca se cumplen, siempre se alargan un poco los plazos de pago, motivo por el cual se considerará una cartera de cuentas por cobrar equivalente a 45 días de venta. La tabla 10.1 representa las cuentas por cobrar al final de cada uno de los cinco años de estudio considerados para este proyecto, dadas en miles de pesos:

Tabla 10.1, Cuentas por cobrar (en miles de Pesos)

Año	Ventas anuales	Ventas mensuales	Cuentas por cobrar (1.5 meses)
Año 1	668`500	55`708	83`562
Año 2	718`000	59`833	89`750
Año 3	780`000	65`000	97`500
Año 4	854`000	71`167	106`750
Año 5	891`000	74`250	111`375

## 10.2 Estados de resultados proforma

La tabla 10.2 contiene el estado de resultados proforma para cada uno de los cinco años considerados para este estudio:

Tabla 10.2 Estados de resultados proforma (en miles de Pesos)

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas	668'500	718'000	780'000	854'000	891'000
Total de Mano obra	(66'012)	(66'012)	(66'012)	(66'012)	(66'012)
Utilidad Bruta	602'488	651'988	713'988	787'988	824'988
Gas natural	199'878	199'878	199'878	199'878	199'878
Electricidad	5'050	5'050	5'050	5'050	5'050
Renta	10'800	10'800	10'800	10'800	10'800
Herramental	4'587	4'587	4'587	4'587	4'587
Mantenimiento	30'000	30'000	30'000	30'000	30'000
Depreciación	9'201	9'201	9'201	9'201	9'201
Gastos Operación	259'516	259'516	259'516	259'516	259'516
Utilidad antes Impuestos	342'972	392'472	454'472	528'472	565'472
I. S. R.	123'470	141'290	163'610	190'250	203'570
P. T. D.	34'297	39'247	45'447	52'847	56'547
Utilidad neta	185'205	211'935	245'415	285'375	305'355



Para mayor explicación acerca de los cálculos de las partidas correspondientes a I.S.R. y P.T.U., referirse al apéndice 3.

### 10.3 Balances proforma

La tabla 10.3 muestra los balances proforma para cada uno de los cinco años considerados para este proyecto:

Tabla 10.3 Balances proforma en millones de pesos

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Activo Circulante</b>						
Caja y Bancos	154.01	307.61	545.33	820.71	1,140.08	1,467.02
C p/Cobrar	--	83.56	89.75	97.50	106.75	111.37
<b>Total A. Circul.</b>	<b>154.01</b>	<b>391.17</b>	<b>635.08</b>	<b>918.21</b>	<b>1,246.83</b>	<b>1,578.39</b>
<b>Activo Fijo</b>						
Maquinaria	--	115.01	115.01	115.01	115.01	115.01
Depreciación Acumulada	--	(9.20)	(18.40)	(27.60)	(36.80)	(46.00)
<b>Total A. Fijo</b>	<b>--</b>	<b>105.81</b>	<b>96.61</b>	<b>87.41</b>	<b>78.21</b>	<b>69.01</b>
<b>Total Activo</b>	<b>154.01</b>	<b>496.98</b>	<b>731.69</b>	<b>1,005.62</b>	<b>1,325.04</b>	<b>1,647.40</b>

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Pasivo</b>						
Cuentas por Pagar	--	0	0	0	0	0
P. T. O.	--	34.30	39.25	45.45	52.85	56.55
I. S. R.	--	123.47	141.29	163.61	190.25	203.57
<b>Total Pasivo</b>	--	<b>157.77</b>	<b>180.54</b>	<b>209.06</b>	<b>243.10</b>	<b>260.12</b>
<b>Capital Contable</b>						
Capital Social	154.01	154.01	154.01	154.01	154.01	154.01
Utilidad acumulada	--	--	185.20	397.14	642.55	927.92
Utilidad del Ejercicio	--	185.20	211.94	245.41	285.38	305.35
<b>Total Capital</b>	<b>154.01</b>	<b>339.21</b>	<b>551.15</b>	<b>796.56</b>	<b>1,081.94</b>	<b>1,387.28</b>
<b>Pasivo + Capital</b>	<b>154.01</b>	<b>496.98</b>	<b>731.69</b>	<b>1,005.62</b>	<b>1,325.04</b>	<b>1,647.40</b>

#### 10.4 Flujo Neto de Caja

El flujo neto de caja se calcula sumando a las depreciaciones acumuladas, la utilidad anual neta, obteniéndose para cada uno de los cinco años contemplados para el estudio de este proyecto, lo contenido en la tabla 10.4:

Tabla 10.4. Flujo neto de caja (en miles de Pesos)

Año	Inversión inicial	Depreciación acumulada	Utilidad anual neta	Flujo de caja neto anual
Año 0	(154,010)	---	---	(154,010)
Año 1	---	9'200	185'205	194'405
Año 2	---	18'400	212'935	231'335
Año 3	---	27'600	245'415	273'015
Año 4	---	36'800	285'375	322'175
Año 5	---	46'000	305'355	351'355

#### 10.5 Período de Recuperación

El período de recuperación es el tiempo que tardará el proyecto en reportar las utilidades necesarias para cubrir el costo de la inversión inicial, es decir, el tiempo en el cual el proyecto recuperará los gastos que se efectuaron para su implementación y puesta en marcha.

El período de recuperación se calcula a partir de los flujos netos de caja; en el año en que dichos flujos (positivos) excedan la cantidad equivalente a la inversión inicial, en ese año es cuando se verifica la recuperación de la misma. Para este caso en particular, y según se puede observar la tabla 10.4, durante el año 1 los flujos netos de caja sobre pasan el importe correspondiente a la inversión,

lo cual indica que la recuperación de la inversión del proyecto se dará durante el primer año de operación del mismo.

Para determinar en que momento del primer año se registra la recuperación de la inversión, es necesario dividir la inversión inicial entre el flujo neto de caja del primer año, teniendo lo siguiente:

$$\text{Per rec} = 154'010 / 194'405$$

$$\text{Per rec} = 0.79$$

Lo anterior indica que se requiere el 79% del tiempo de operaciones del primer año para poder recuperar la inversión inicial, es decir:

$$\text{Per rec} = 0.79 \times 12 \text{ meses} = 9.48 \text{ meses}$$

Aproximadamente en 9.5 meses de operaciones del primer año se recuperará la inversión inicial.

#### 10.6 Rendimiento Sobre la Inversión

El rendimiento sobre la inversión, o tasa interna de rendimiento, es un porcentaje que, como su nombre lo indica, muestra los réditos obtenidos por la inversión de un determinado capital durante un cierto período, expresados en

términos anualizados. El rendimiento sobre la inversión permite visualizar los beneficios que brinda una determinada inversión sobre otras alternativas, entre las que se pueden incluir las bancarias y bursátiles.

Para calcular la tasa de rendimiento sobre la inversión, se requieren los datos de inversión inicial y flujos netos de caja, estando determinado el resultado por la siguiente fórmula, en la que se tratará de encontrar una tasa de interés tal, que haga que el resultado de dicha fórmula (valor presente) valga "cero":

$$0 = \text{FNCT} (1+i)^{n-t}$$

donde:

FNCT = Flujo neto de caja para el periodo t

i = Tasa interna de rendimiento a calcular

n = Número de periodos considerados

t = Periodo en cuestión

Sustituyendo valores se tiene:

$$0 = -154,010 (1+i)^5 + 194,405 (1+i)^4 + 231,335 (1+i)^3 + 273,015 (1+i)^2 + 322,175 (1+i)^1 + 351,355$$

Calculando por tanteo para una  $i$  que haga que el valor de la ecuación sea igual a cero, tenemos un valor de  $i = 140.88$

La tasa interna de rendimiento del proyecto anterior es de 140.88% anual.

#### 10.7 Retorno Sobre Ventas

El retorno sobre ventas está dado por la siguiente fórmula:

$$RSV = \text{Utilidad despues de impuestos} / \text{ventas}$$

El retorno sobre ventas indica el porcentaje que de las ventas son realmente utilidad, ésto es despues de haber pagado impuestos y de haber efectuado cualquier erogación por el concepto que fuere. La tabla 10.7 representa el retorno sobre ventas para cada uno de los cinco años considerados para este proyecto.

Tabla 10.7

Año	Utilidad anual neta en miles de Pesos	Ventas anuales en miles de Pesos	Retorno sobre ventas
Año 1	185`205	668`500	28%
Año 2	212`935	718`000	30%
Año 3	245`415	780`000	31%
Año 4	285`375	854`000	33%
Año 5	305`335	891`000	34%

#### 10.8 Costo Actual Contra Alternativa Propuesta

La diferencia económica entre continuar con el método de recuperación de rebaba actual, o invertir en el nuevo proyecto, es el monto de la utilidad neta después de impuestos mostrada en la tabla 10.8.

Sin embargo, es importante mencionar que con el método de recuperación actual se tiene una merma muy importante, cercana al 22%. Esto se debe a los malos procesos productivos del proveedor, y a la falta de orden e interés, lo que provoca que los costos se eleven considerablemente, esto sin contar el tiempo que se requiere para que el personal del laboratorio metalúrgico de la División Industrial examine el lote completo de rebaba recuperada, y en su caso lo apruebe.

Con los métodos y equipos de producción que se instalarán en la planta proyecto, se prevee que la merma será reducida de un 22% a solo un 5% máximo, según la experiencia que se tiene en las plantas de Mahle, donde se cuenta con sistemas de fundición similares a los propuestos.

La tabla 10.8 muestra la diferencia económica que existiría entre el método de recuperación actual, y la planta propuesta, para cada uno de los cinco años considerados para el estudio de este proyecto, sin contar los posibles ahorros relativos a la reducción de merma, y a la eliminación de la inspección minuciosa a cargo del personal del laboratorio metalúrgico.

Tabla 10.8

Año	Ahorro económico con la planta propuesta
Año 0	(154`010)
Año 1	185`205
Año 2	211`935
Año 3	245`415
Año 4	285`375
Año 5	305`355



## XI Conclusiones y Recomendaciones

Los principales objetivos de este trabajo son el de evitar depender de terceros para la recuperación de la rebaba, cumplir puntualmente con las entregas y con la calidad esperada, todo ello a un costo menor del que actualmente se tiene.

Los problemas relacionados con evitar depender de terceros y entregar el material a tiempo cumpliendo con las expectativas de calidad, son relativamente fáciles de solucionar, ya que si se tiene el control total y absoluto de la empresa que procese la rebaba, se tendrá también el control total y absoluto sobre los tiempos de entrega y la calidad del producto.

Es en el aspecto económico donde se presentaba la mayor duda en cuanto a la conveniencia de la implementación de este proyecto, pero después de analizar el problema, se puede apreciar que a la División Industrial no solo le conviene, sino que realmente necesita la instalación de una planta similar a la propuesta.

La División Industrial tiene lineamientos muy firmes en cuanto a la toma de decisiones relacionadas con proyectos de inversión o de expansión se refiere. Dos de ellos son el que la tasa interna de rendimiento del proyecto debe ser, por lo

menos, 1.5 veces mayor que la tasa líder (CETES) en el momento de la consideración del proyecto, y la otra es que el periodo de recuperación de la inversión sea máximo de 1.5 años.

Como se puede apreciar, los dos requisitos anteriores, indispensables para la División Industrial, son ampliamente mejorados por los resultados esperados para este proyecto, ya que el periodo de recuperación de la inversión es de 9.5 meses, y la tasa interna de rendimiento es de 140.88% (anualizado), contra 55.44% (promedio anualizado) ofrecido por los CETES.

Además, esta planta proyecto no solo elimina los excesivos gastos pagados a terceros por la maquila de recuperación de la rebaba, sino que reporta considerables utilidades para la División Industrial.

Por todo lo anterior, se recomienda fuertemente la instalación e implementación del proyecto de planta para recuperación de rebaba descrita a lo largo del presente trabajo.

Sin embargo existe un aspecto muy importante que habría que considerar, y es el relacionado con el próximo tratado de libre comercio que se firmará entre México, Estados Unidos y Canadá; Si bien en este momento este proyecto de

planta es una inversión sumamente atractiva para la División Industrial, puede que en un futuro cercano no lo sea tanto, debido a que existe la posibilidad de que empresas extranjeras se establecieran en México, trayendo tecnología y equipos mas modernos que pudieran opacar el desempeño de la nueva planta de recuperación de rebaba.

Hay que recordar que la nueva planta de recuperación de rebaba constituirá un nuevo departamento dentro de la División Industrial, de tal forma que su futuro dependerá en gran medida del futuro de la empresa a la que pertenecerá; la División Industrial, como se indicó en el punto 1.1, es una exportadora de sus productos, lo que demuestra que tanto la calidad como el precio de sus productos se encuentran dentro de las exigencias del mercado internacional; Si esta planta proyecto pretende mejorar la calidad y precio de los pistones de la División Industrial, parece difícil que el tratado de libre comercio pudiera afectar grandemente su futuro.

También es importante mencionar que debido a la rapidez de recuperación de la inversión de este proyecto de planta, bien vale la pena invertir en él, pues en el peor de los casos y suponiendo que la competencia externa fuera demasiado severa y se tuviera que cerrar esta planta, la inversión ya se habría recuperado para ese momento, y además se contaría con utilidades generadas por la planta propuesta.

A pesar de lo anterior, se recomienda mucho modificar la política imperante en la División Industrial que limita la compra de nuevos equipos a que sean similares a los existentes, ya que se esto impide de manera muy importante el libre desarrollo tecnológico de la empresa. También se sugiere investigar y evaluar los nuevos equipos y tecnologías que se pudieran adoptar como producto del tratado de libre comercio.

## XII Areas de Futura Investigación

Existen otras aplicaciones para este proyecto que podrían resultar atractivas para la División Industrial, sin embargo, quiero resaltar dos areas que considero son de vital importancia la primera, y de mucho interés la segunda.

El area de vital importancia es la de realizar un estudio similar al presente, para evaluar la conveniencia de instalación de una planta, o ampliación de la descrita en este proyecto, que permita recuperar los pistones "chatarra", o sea los pistones que no cumplen las especificaciones mínimas de calidad, o que por algún otro motivo no fueron introducidos al mercado.

El area que considero pudiera ser de gran interés para la División Industrial, es la de poner a esta planta propuesta al alcance de cualquier cliente que solicite los servicios de recuperación o fundición de metales, ya que como se puede apreciar, este tipo de negocios reportan atractivas utilidades. En caso de que este punto se desee llevar a cabo, se recomienda hacer los estudios de mercado, de métodos de trabajo y de evaluación económica pertinentes, ya que variarían completamente de los considerados para esta tesis.

## Apéndice 1

El cálculo del consumo mensual esperado de los accesorios de fundición del punto 9.3, es el siguiente:

Para todos los casos la producción máxima mensual esperada es:

$$(1,782 \text{ ton/año}) / (276.3 \text{ días/año}) = 6.45 \text{ ton/día}$$

$$(6.45 \text{ ton/día}) \times (23.02 \text{ día/mes}) = 148.47 \text{ ton/mes}$$

## Termopar

Duración: 60 toneladas producidas/pza

Consumo mensual máximo esperado:

$$(148.47 \text{ ton/mes}) / (60 \text{ ton/pza}) = 2.47 \text{ pza/mes}$$

## Campana

Duración: 57 toneladas producidas/pza

Consumo mensual máximo esperado:

$$(148.47 \text{ ton/mes}) / (57 \text{ ton/pza}) = 2.60 \text{ pza/mes}$$

## Espumadera

Duración: 57 toneladas producidas/pza

Consumo mensual máximo esperado:

$$(148.47 \text{ ton/mes}) / (57 \text{ ton/pza}) = 2.60 \text{ pza/mes}$$

## Estrella

Duración: 43 toneladas producidas/pza

Consumo mensual máximo esperado:

$$(148.47 \text{ ton/mes}) / (43 \text{ ton/pza}) = 3.45 \text{ pza/mes}$$

## Bote de vaciado

Duración: 43 toneladas producidas/pza

Consumo mensual máximo esperado:

$$(148.47 \text{ ton/mes}) / (43 \text{ ton/pza}) = 3.45 \text{ pza/mes}$$

## Escantillón

Duración: 110 toneladas producidas/pza

Consumo mensual máximo esperado:

$$(148.47 \text{ ton/mes}) / (110 \text{ ton/pza}) = 1.35 \text{ pza/mes}$$

## Espátula

Duración: 85 toneladas producidas/pza

Consumo mensual máximo esperado:

$$(148.47 \text{ ton/mes}) / (85 \text{ ton/pza}) = 1.75 \text{ pza/mes}$$

## Apéndice 2

Determinación del factor de 30%, para el aumento considerado para erogaciones de sueldos y salarios utilizado en el punto 9.8.

Las leyes tanto del Seguro Social como del Impuesto Sobre la Renta, determinan una serie de cargos extras que el patrón deberá cubrir por su cuenta. Algunos de estos cargos dependerán de la antigüedad y del sueldo del trabajador, del riesgo de trabajo que tenga la empresa, y de las prestaciones que ésta otorgue a sus trabajadores, entre otros aspectos.

Para este cálculo se determinó que los trabajadores disfrutarían cada uno de 15 días de vacaciones al año, que la antigüedad de ellos es de cero años, puesto que se les acaba de contratar, y que el riesgo de la empresa es del 80% (ochenta por ciento).

Para iniciar, hay que aumentar al salario base de 4'232,000 pesos, un 4.52% que marca la ley del IMSS para obtener un salario integrado, lo que da: 4'423,286 pesos.



Sobre el sueldo integrado se tendrá que pagar lo siguiente:

Concepto	Porcentaje
Enfermedad y maternidad	8.40
Invalidez, vejez, cesantía y muerte	4.20
Guarderías	1.00
Riesgo de trabajo (5.7 x 0.8)	4.56
T O T A L	18.16%

Para la partida del riesgo de trabajo, el 0.8 representa el 80% de riesgo de trabajo que tiene la empresa, y el 5.7 se obtuvo de la suma de 4.2 mas 1.5. El primero indica el porcentaje que el patrón esta obligado a pagar por su cuenta, y el segundo al porcentaje que el trabajador debe pagar, ambos para los rubros de invalidez, vejez, cesantía y muerte.

Para el caso de los quince días de vacaciones de cada uno de los trabajadores, se multiplicó el sueldo base mensual de cada uno de ellos por doce, para conocer su salario anual, y este se dividió entre 365 para conocer su salario diario. La suma del salario base diario de cada uno de los trabajadores, multiplicado por quince, dan la cantidad extra que la empresa les tendrá que pagar al año por concepto de vacaciones, la cual suma la cantidad anual de 2'086.980. En vista de que los cálculos se deben realizar

para erogaciones mensuales, esta cantidad se debe dividir entre 12, obteniéndose: 173,915, lo que representa un 4.10% de 4'232,000 (suma de salarios base mensuales).

La prima vacacional corresponde a un 25% del importe total del pago por vacaciones (2'086,980), dividido entre 12 meses para así conocer el importe mensual, lo que da una cantidad de 43,478, que representan un 1.02% de 4'232,000 (suma de salarios base mensuales).

La ley también establece que la empresa debe pagar lo siguiente:

Concepto	Porcentaje
-----	-----
Impuesto sobre nóminas	2.00
Impuesto sobre remuneraciones federales	1.00
Infonavit	5.00
T O T A L,	8.00

Sumando todos los conceptos anteriores se tiene un porcentaje de 31.28%, pero para efectos prácticos del estudio, se redondeó a 30%.

### Apéndice 3

Determinación de los importes relativos a I.S.R. y P.T.U., utilizados en el punto 10.2

La ley Federal del Impuesto Sobre la Renta indica en su Artículo X, que las empresas deberán enterar el 36% (treinta y seis por ciento) de sus utilidades al fisco, por concepto de pago del Impuesto Sobre la Renta.

Por otro lado, la ley Federal del Trabajo establece que los trabajadores tienen derecho a percibir un porcentaje de las utilidades de la empresa. Dicho porcentaje lo determina la Comisión Nacional Para el Reparto de Utilidades, y el vigente es del 10% (diez por ciento), según se publicó en el Diario Oficial del 4 de Marzo de 1985.

El importe de la utilidad neta se calcula restándole a la utilidad antes de impuestos, el 46% de esa misma cantidad, que es el equivalente al pago del Impuesto Sobre la Renta, y la Participación de los Trabajadores de las Utilidades de la empresa.

## BIBLIOGRAFIA

Niebel W. B.

Ingeniería Industrial

Representaciones y servicios de ingeniería, S.A.

José Antonio Monroy Carrillo

Tesis. Manual de Ingeniería Industrial.

México 1987

C.P. Jaime A. Acosta Altamirano

C.P. Gerardo Ortiz Valero

Administración Financiera I

Escuela superior de comercio y administración

L. F. Weston

E. F. Brigham

Fundamentos de Administración Financiera

Interamericana

Robert W. Johnson

Administración Financiera

Cecsa