

6
290



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**ESTUDIO PARA LA FABRICACION
DE QUINTAS RUEDAS**

TRABAJO ESCRITO VIA DE EDUCACION CONTINUA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO METALURGICO
PRESENTA EL SR.
AURELIO DIMAS SANCHEZ

México, D. F.

1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

I N D I C E

	<u>PAGINA</u>
1. INTRODUCCION	1
1. GENERALIDADES	2
2. ANALISIS DEL MERCADO	5
3. DESCRIPCION DEL PROCESO	6
4. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	29
5. ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	54
6. CONCLUSIONES	73
7. BIBLIOGRAFIA	74

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

Ante la difícil situación por la que atraviesa el país, nos hemos visto - en la necesidad de ser autosuficientes en el desarrollo de nuestra tecnología.

Tal es el objetivo que presento en esta Tesis y que es de proponer un sig toma de aseguramiento de calidad en la fabricación de una pieza automotriz llamada Quinta Rueda, a petición de una compañía francesa.

En este trabajo se propone tanto la ingeniería del producto, como la ingeniería del proceso, con el objeto de tener finalmente un producto de alta calidad a bajo costo para que sea posible competir en el Mercado Internacional.

Actualmente existe la posibilidad de exportar esta pieza a Francia por lo que esto traería como consecuencia, generación de empleo y obtención de divisas.

Este proyecto se desarrolló en Fundiciones de Hierro y Acero, S.A. de C.V. pero puede ser desarrollado en cualquier otra fundición que cuente con el equipo necesario.

1. GENERALIDADES.

Una de las tendencias de la industria en los países desarrollados es el cambio en la política de manufactura de una gran cantidad de productos. Una cantidad de éstos, que tradicionalmente venían fabricando y que requieren de una tecnología relativamente sencilla ha dejado de producirse en estos países para empezar a importarse de los países subdesarrollados y en vías de desarrollo. Lo anterior ofrece unas perspectivas de mercado inmensas, para las cuales debe estar preparada la industria de nuestro país, ya que de lo contrario quedaremos al margen de esta oportunidad de desarrollo.

Dentro del contexto anterior la industria de la fundición es especialmente favorecida, ya que presenta importantes tendencias en cuanto a la importación de países desarrollados antes mencionada, siendo el principal importador Estados Unidos.

En el caso de estudio de la presente tesis se trata de un cliente francés que pretende la importación de quintas ruedas de trailer.

Al fin de tener un panorama general de la compañía en la que se realizó este estudio, a continuación se da una breve descripción de la misma.

Fundiciones de Hierro y Acero, S.A. de C.V., inició sus operaciones en 1948, siendo pionera de la industria de la fundición en México.

En la actualidad FIASA provee de piezas vaciadas a las industrias: ferroviaria, siderúrgica, azucarera, minera, cementera, petrolera y química. FIASA

dispone de dos plantas productoras: la fundición y la laminadora ubicadas en la ciudad de México y la planta de ensamble de ademes caminantes, en la ciudad de Monclova, Coahuila.

Las instalaciones para la producción de hierro y acero moldeado se dividen en dos: una línea de fabricación de ruedas de ferrocarril doble vida de 33" y 36", con una capacidad anual de 15,000 toneladas y la división de Piezas Misceláneas.

La división de Piezas Misceláneas se divide a su vez en tres áreas de moldeo: moldeo de sandslinger, moldeo en máquinas compactadoras y moldeo en piso. El presente proyecto de inversión contempla la instalación de una cuarta sección de moldeo que utilizaría arenas autofraguantes. En las condiciones actuales se tiene una capacidad instalada de 4,000 toneladas de piezas que van de 2 kilogramos hasta 30 toneladas.

Se cuenta con 4 hornos de arco eléctrico, uno con capacidad de 14 toneladas, dos de 3.5 toneladas y un cuarto horno de 500 kilogramos de capacidad.

La línea de laminación cuenta con capacidad de 17,460 toneladas anuales de varilla R42 de 3/8".

Se cuenta con un taller mecánico habilitado con maquinaria de precisión, en el cual se desarrollan los maquinados de las piezas que así lo requieren.

Los principales clientes de FHASA son la industria minera y cementera. -

Estas piezas se producen en diferentes aleaciones, dependiendo de las condiciones de abrasión, temperatura o ciclos de fatiga a que serán sometidas durante su trabajo.

Las principales piezas que FHASA provee a estas industrias son: lanas y barras para molino, mantos y ruedas para quebradora, etc.

Tradicionalmente FHASA ha proporcionado sus servicios a la industria azucarera, desde hace más de 30 años surte partes fundidas para los trapiches y - demás equipos de los ingenios, algunos ejemplos de las piezas que suministra son: coronas, raspadores, cuchillas y martillos, a los cuales se les da el acabado y dimensiones finales mediante el maquinado.

FHASA, como filial del grupo SIDERMEX, es la principal proveedora de piezas coladas para la industria siderúrgica, a la cual suministra toda clase de piezas.

En la ciudad de Monclova se cuenta con la planta de fabricación de ademes caminantes, en la cual se fabrican estos equipos utilizados en la explotación de las minas de carbón por el método de frente continuo. FHASA es el único fabricante en México de estos equipos, los cuales se producen bajo patente de la compañía Dowty Minning Equipment Co. de Inglaterra.

FHASA da empleo a 746 personas, divididos de la siguiente manera:

- a). Planta México. 472 obreros, 151 empleados y 8 ejecutivos.
- b). Planta Monclova. 35 obreros, 44 empleados y un ejecutivo.

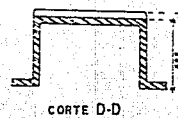
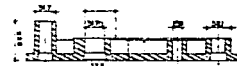
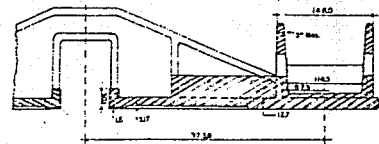
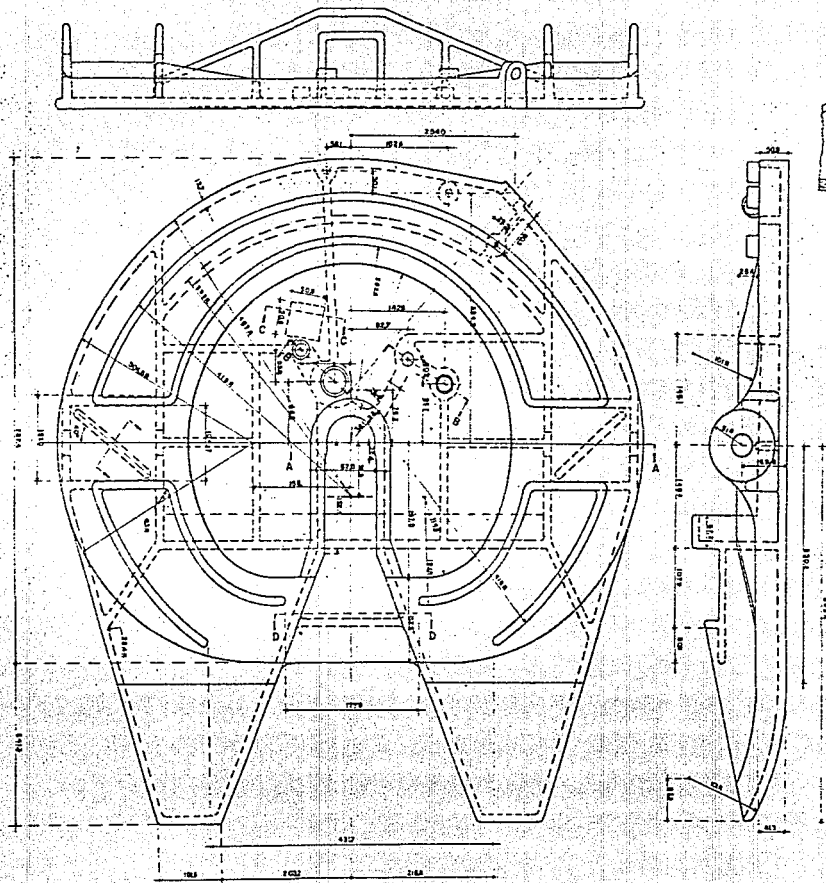


FIG. 1.- DIAGRAMA DE LA

QUINTA RUEDA

2. ANALISIS DEL MERCADO

El grupo francés Acieries Et Fonderies de Lést requiere de la fabricación de quintas ruedas para trailer.

El material requerido es un Acero bajo Carbono (ASTM - A297 WCB) con la siguiente composición química:

	%C	%Mn	%Si	%P	%S	%Cu	%Ni	%Mo	%Cu
WCB	0.25	0.60	0.35	0.040	.040	.4 Max	.5 Max	.25 Max	.5 Max

El cliente firmará un convenio por diez años, bajo las siguientes bases:

- 2.1 En el precio de venta que ofrece el cliente es tal y como está en el mercado internacional y es de 1.50 U.S. por kilogramo.
- 2.2 El cliente garantiza una compra mensual de 200 toneladas de piezas, - que es su requerimiento de este producto con la posibilidad de ampliar la producción a 320 toneladas mensuales.
- 2.3 El cliente pide a cambio de la firma del contrato y de la venta de - tecnología una comisión del 6% sobre el precio de venta.
- 2.4 La comercialización del producto en el extranjero será por parte del cliente, por lo cual pide una comisión del 5% calculada a partir del precio de venta.
- 2.5 Como una condición interesante para reducir los costos de producción, el cliente ofrece asegurar un rendimiento en molde del 85%.
- 2.6 El peso de la pieza es de 95 kilogramos, antes del maquinado.
- 2.7 No se considera ningún maquinado en las piezas.

3. DESCRIPCION DEL PROCESO

3.1 Fusión

Se deberá observar que los materiales cargados al horno (chatarra, fundas y ferroaleaciones) estén completamente secos.

De ser necesario se les debe colocar un mechero antes de que se alimenten al horno, para precalentarlos y eliminar cualquier remanente de humedad.

No se utilizará para el tipo de acero considerado chatarra con contenidos de elementos residuales que superen los siguientes valores:

P	S	Cr	Ni	Cu	Sn	Mo	V
0.05	0.04	0.40	0.40	0.20	0.015	0.025	0.20

La carga deberá prepararse como sigue:

Chatarra de recuperación de procesos anteriores:	40%
Chatarra de acero al carbono:	60%

Una vez revisadas las condiciones del horno y realizada la reparación, se agregan 40 kilogramos de caliza por tonelada de chatarra que será cargada inmediatamente después, así como los kilogramos de grafito que sean necesarios para que al fundir completamente la carga, tengamos 0.50% de carbono antes de oxidar (10 Kg de grafito por tonelada).

Se procede a fundir la carga con la práctica de uso de taps, tantas veces como recargas sean necesarios. Al fundir el 90% de la carga se agregan 20 Kg de mineral de hierro/ton de chatarra y se eleva la temperatura a 1520°C

sacando en este momento la mayor parte de escoria, así como una muestra de acero que se enviará al laboratorio metalúrgico.

El contenido de carbono después de fundir la carga no deberá exceder de 0.60% con el fin de no sobrecalentar el metal.

El contenido de carbono se checará por medio de un vaso carbodeterminador que deberá marcar una temperatura de solidificación de 1490°C aproximadamente y se elevará la temperatura a 1560°C. Después de esto se checará otro vaso carbodeterminador para saber cuantos puntos de carbono se eliminaron durante el hervido que se provocó con la adición de mineral de hierro y el aumento de temperatura. En caso de ser necesario se inyecta oxígeno hasta lograr que el vaso marque una temperatura de solidificación de 1520°C equivalente a 0.15% de carbono.

Después de dejar reposar el baño durante 5 minutos, se bloqueará con 0.25 kilogramos de aluminio en estrella por tonelada de acero por medio de una barra o un tubo al fondo del horno. 0.65% de silicio con 7.7 kilogramos de Fe Si 75% por tonelada, 1% de manganeso con 7.7 kilogramos de Fe Mn (AC) por tonelada de metal que nos aportarán 0.031% de carbono a nuestra carga.

Se agregan 20 kilogramos de caliza por tonelada de acero, así como 10 kilogramos de revoltura por tonelada, se eleva la temperatura a 1630°C, se agrega otra vez la misma cantidad de revoltura y se agita perfectamente el baño con una barra metálica, para homogeneizar el baño y asegurar la completa disolución de las ferroaleaciones agregadas y se saca la mayor parte de escoria.

Se toma una muestra que se enviará al laboratorio metalúrgico para el análisis preliminar.

Mientras se espera el resultado se agregarán pequeñas cantidades de mezcla reductora al horno para evitar la oxidación de la misma y con ello la pérdida de elementos como manganeso y silicio.

Al recibir el resultado del laboratorio se ajustará el análisis dentro del horno hasta llegar al siguiente análisis:

Carbono	0.25%
Manganeso	1.60%
Silicio	0.60%
Cromo	0.30%
Molibdeno	0.17%

Se elevará la temperatura a 1640°C y se agitará el baño.

La temperatura de vaciado será de 50°C arriba de la temperatura solicitada por el área de vaciado.

Agregar a la olla 0.5 kilogramos de carburo de calcio (desulfol) por tonelada de acero después de vaciar la cuarta parte de la carga.

El grafito necesario para ajustar el contenido de carbono se deberá agregar directamente sobre el chorro de metal en el momento de sangrar el horno.

Al terminar de sangrar el horno, se tomará una muestra de metal para de—

terminar el análisis final, sumergiendo la cucharilla por lo menos a la mitad de la olla, se checa la temperatura y en este momento se agregarán 0.5 kilogramos de aluminio en estrella por tonelada de acero por medio de una barra hasta el fondo de la olla.

Debemos asegurarnos de que la olla de vaciado esté completamente seca y - que el precalentamiento sea lo más homogéneo posible para evitar descensos de temperatura en el momento de vaciar las piezas.

El sangrado del horno a la olla deberá ser rápido con el fin de evitar -- que el metal esté demasiado tiempo en contacto con el oxígeno del aire.

3.2 Modelos

Se deberá tener un control estricto del almacén de modelos a fin de tener perfectamente identificados los modelos y el estado en que se encuentran.

Antes de meter un modelo a la línea este debe ser inspeccionado al 100% a fin de evitar utilizar modelos defectuosos o dañados.

Se debe mantener un registro de todos los modelos.

Después de modificaciones mayores a los modelos o después de un período - de tiempo largo sin ser utilizados se debe fabricar una pieza prototipo para - verificar la calidad de la misma, en caso de ser satisfactoria, el departamen- to de control de calidad tomará la decisión de ponerla en el departamento de -

producción.

3.3 Moldeo

El método de moldeo que se utilizará es el de autofraguado a base de resinas fenólicas y furánicas, dado lo relativamente nuevo de este proceso, ahondaremos en la teoría y características operativas del mismo.

3.3.1 Las Resinas Autofraguantes

Puede afirmarse que la tendencia de la industria de la fundición - tiende a sustituir el moldeo en verde tradicional por el moldeo con aglomerantes químicos, es decir, de fraguado a temperatura ambiente.

Esta tendencia empezó a manifestarse de manera clara hace poco más de una década a nivel mundial aunque su introducción en México ha sido relativamente lenta en comparación con otros países. Los factores causales del auge de las resinas autofraguantes se debe a varias causas, pero podemos agruparlos principalmente en dos bloques. Por un lado la exigencia planteada por los proyectistas a los fundidores de producir piezas cada vez más precisas y de mejor calidad, muy especialmente en moldes de gran tamaño. Por otro lado, las exigencias de los trabajadores en cuanto a hacer desaparecer los ruidos brutales del moldeo por sacudidas y el polvo de arena flotando siempre en el ambiente, inconvenientes inseparables del moldeo en verde.

El moldeo en verde o moldeo con autofraguantes se ha abierto camino, la necesidad de elegir entre moldeo en verde o moldeo con autofraguantes en tal -

caso el moldeo con autofraguantes tiene indiscutibles ventajas cuando se dan - las siguientes condiciones:

- Moldeo en lotes medianos, cortos o de prototipos.
- Piezas de geometría muy complicada y con paredes finas.
- Piezas que requieren estabilidad dimensional.
- Piezas que por su tamaño excedan las posibilidades de las líneas de moldeo en verde convencionales.
- Cuando el capital disponible para la inversión es escaso.

Existen actualmente en el mercado tres grandes familias de resinas de - - aglomerantes orgánicos:

- Furánicos aparecidos en 1958.
- Alkídicos - Uretano, aparecidos en 1964.
- Fenólicos - Uretano, aparecidos en 1970.

Cada una de estas resinas sirve para determinadas aplicaciones dependiendo de sus propiedades, en el caso de estudio de la presente tesis ocuparemos - las resinas Fenólico - Uretano por las ventajas que listaremos más adelante.

3.3.2 Ventajas Generales del Moldeo con Autofraguantes respecto al Moldeo en Verde.

- a). La clásica pareja de moldeadores es sustituida por una mezcladora con tínua, la cual no sólo cuesta mucho menos sino que no precisa obra ci vil prácticamente.
- b). El área ocupada por la arquería y su correspondiente obra civil dismi nuyen considerablemente.

- c). El volumen de arena en circulación es mucho menor, ya que la relación arena-metal puede ser hasta de 2 : 1 en lugar de, por lo menos 5 : 1 en el moldeo verde.
- d). El tonelaje de acero reciclado es inferior, por dos razones: dada la mayor rigidez del molde, con la correspondiente mejor precisión dimensional, pueden reducirse las demasías en el mecanizado y, por otro lado, si la mezcla se hace con las debidas proporciones, la permeabilidad y facilidad de llenado del molde son muy buenas, por lo que puede disminuirse el volumen del sistema de alimentación.
- e). El modelaje es más barato. Las placas modelo empleadas en las moldeadoras son caras, porque tienen que ser capaces de soportar tremendas sacudidas y prensados. En la mezcladora desaparecen esos esfuerzos y basta con que las placas de modelo sean rígidas. En este sentido una de las tendencias revolucionarias del moldeo es la utilización de modelos de unícel que se dejan dentro del molde y se desintegran al vaciar, resulta mucho más económica en la fabricación de partidas pequeñas.
- f). Por las mismas razones, las cajas típicas de moldeo son sustituidas por camisas (Jackets) de chapa o madera, muchísimo más baratas, mucho más manejables y de menos mantenimiento. Los medios de transporte y elevación (transportadores de rodillos, polipastos, etc.) pueden ser más débiles ya que el peso de los moldes es bastante menor.
- g). El polvo de arena flotando en el ambiente, inseparable del moldeo en verde, desaparece. Persiste la necesidad de aspirar gases, pero en —

conjunto, la inversión en higiene y el correspondiente consumo de -- energía son íntimos.

Esto, unido a la ausencia de los ruidos brutales de las moldeadoras, -- hace más agradable el ambiente y plantas con menos problemas labora-- les.

- h). El desmoldeo es más rápido. Si la dosificación del aglomerante y el -- espesor de arena son correctos para el tipo de pieza en cuestión, -- veinte minutos después de la colada ya empieza a agrietarse el molde por sí mismo.
- i). Menos retornos. La mayor parte de los defectos de las piezas fundidas proceden de ese 3-4% de humedad necesario en el procedimiento de moldeo en verde. En el caso de los aglomerantes orgánicos se trabaja con muy poca humedad, lo que se traduce en una reducción de sopladuras y "templados". La dureza y la suave uniformidad de la pared contribuye a reducir costos de defectos propios del moldeo en verde.
- j). Al desaparecer las moldeadoras con sus tremendas sacudidas y prensa-- dos y al simplificarse en general el equipo, disminuyen los gastos de conservación. Se puede pensar, por ejemplo, en el enorme ahorro que -- supone el cambiar las cajas de moldeo tradicionales por camisas y aún más si se eliminan utilizando galletas, lo cual es el caso de estudio de esta tesis.
- h). Igualmente, la simplificación de la instalación de moldeo lleva consi-- go la reducción de la mano de obra y la menor exigencia de califica-- ción profesional de los operarios. Por eso resulta fácil para el per-

sonal pasar del moldeo en verde al moldeo en autofraguante.

3.3.3. Ventajas de la utilización de las resinas fenólico-uretano.

El desarrollo del sistema fenólico-uretano se debe a la firma norteamericana fabricante de productos para la fundición Ashland, la cual ha designado a este proceso "pep-set", nombre con el cual se designará de aquí en adelante.

Los agentes que hacen ventajosa la utilización del sistema pep-set se pueden enunciar de la siguiente manera:

- a). Velocidad de curado corta y curado simultáneo en toda la masa de la mezcla gracias a lo cual el tiempo de espera entre el moldeo y la colada es muy pequeño. Una hora después de hecho el molde o corazón ya puede colocarse.
- b). Tiempo de desmoldeo corto y regulable con bastante precisión mediante variaciones en la proporción de catalizador, entre 30 segundos y 15 minutos. Moldes y corazones pueden desmoldearse en 4 a 20 minutos con una vida de banco de 3 a 16 minutos, respectivamente. Si se aumentan las adiciones de catalizador (dentro de ciertos límites) no se perjudica la resistencia mecánica final, sino que ésta crece.
- c). Altos valores en relación a la vida de banco/tiempo de desmoldeado, que pueden alcanzar hasta el 75%. Esta propiedad es muy importante, puesto que da flexibilidad en los tiempos de llenado del molde y permite el desmoldeado casi inmediatamente después del acabado de aquel.

- d). Durante el proceso de fraguado, la mezcla hecha con este sistema pasa por un estado plástico intermedio, gracias a lo cual, mientras dura la vida de banco, se puede manejar la mezcla con buena fluidez y capacidad de llenado sin que pierda su resistencia a la tracción.
- e). Sirve lo mismo para moldes o corazones pequeños que para grandes, ya que la reacción tiene lugar simultáneamente en todos los puntos de la masa.
- f). Las propiedades mecánicas del producto ya curado: resistencia a la tracción, al rayado, a la erosión del caldo, son muy buenas y están contribuyendo a la tendencia actual a moldear en galletas, suprimiendo el uso de cajas de moldeo y hasta de las camisas.
- g). Gran precisión dimensional de los corazones y moldes debido a que en este proceso de fraguado no existen cambios dimensionales originados por expansión térmica o contracción, ni se cambian o retiran las paredes muy lisas, lo que facilita la consecución de piezas fundidas muy precisas.
- h). Los corazones y moldes obtenidos se degradan fácilmente, de manera que los moldes ya hechos pueden esperar una semana antes de ser vaciados.
- i). Vida más larga de las cajas de corazón y modelos debido a la ausencia de catalizadores ácidos (ácido fosfórico/sulfúrico) necesarios para otros aglomerantes.

3.3.4 Máquina mezcladora.

En el caso de este estudio, pretendemos la adquisición de una mezcladora horizontal, la cual está constituida por un brazo pivotante horizontal, - que podemos describir como un tubo partido en dos longitudinalmente, con la mitad superior articulada sobre la inferior, de forma que pueda levantarse para eliminar los residuos del interior, en el cual gira un eje longitudinal provisto de unas paletas con puntas de metal duro. Este conjunto de paletas actúa como un tornillo de Arquímedes simplificado.

La arena entra en la mezcladora por el extremo del brazo cercano al eje de giro, mediante un tolván, el cual, a su vez, está alimentado por una tolva grande situada sobre la máquina, pero independiente de ella. Normalmente esta tolva se llena de arena mediante el envío neumático a partir de una tolva mayor - situada a nivel del piso, en la que descargan los camiones.

Las resinas y el catalizador entran en la mezcladora por boquillas pulverizadoras laterales, impulsados por bombas muy precisas situadas generalmente en un armario de mandos.

La mezcla obtenida sale en cascada por el extremo del cabezal en el que - va la botonera de mando y el maneral de mover radialmente el brazo y poder repartir así el "chorro" de mezcla sobre el modelo o cavidad de la caja de coacción.

En cuanto a la adición de las resinas y el catalizador, cada uno de los tres productos llega a la mezcladora impulsado por su bomba de alta presión y

entra por boquillas nebulizadoras. El volumen de producto por unidad de tiempo (caudal) es función del número de revoluciones del motor de la bomba y, a su vez, esta velocidad del motor depende de la corriente continua que le suministra un potenciómetro, regulable a mano mediante una maneta con aguja indicadora sobre un dial.

Por tanto, una vez establecida teóricamente una combinación porcentual de la mezcla aglomerante, basta colocar la aguja de cada uno de los tres diales acorde con el caudal exigido de cada producto, para que siempre que se ponga en marcha la máquina automáticamente se inyecten las proporciones deseadas.

En el caso de Pep-Set, la resina 1 y el catalizador se inyectan por una boquilla mezcladora casi inmediatamente después de la entrada de la arena; la resina 2, hacia la mitad de la mezcladora. De esta forma, gracias a la alta velocidad, se aleja el peligro de fraguado dentro de la máquina, puesto que los tres productos están en contacto solamente unos segundos, como se observan en la figura 2.

3.3.5 Compactado

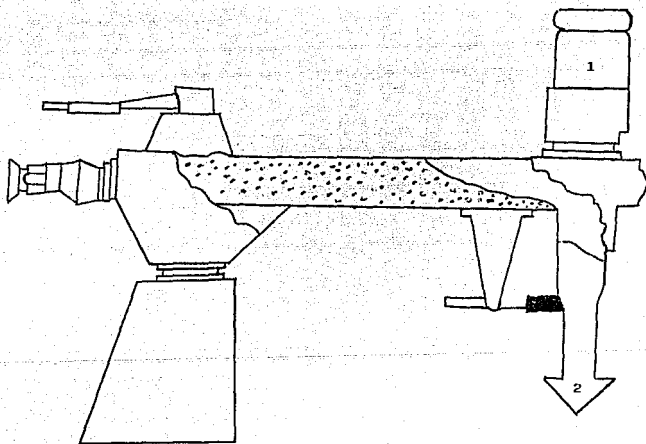
La compactación del molde se logra mediante la utilización de una mesa compactadora formada por un bastidor que sostiene unos rodillos espaciados entre sí y de un cuerpo vibrante que se desplaza verticalmente accionado por un pedal, hasta que entre en contacto con la placa modelo. Los vibradores son de alta frecuencia, generalmente eléctricos.

Una vez lleno el molde o caja de corazón, el operario acciona un pedal du

rante un tiempo muy corto (3 a 5 segundos) y al aflojar la presión del pie se detiene la vibración y la placa modelo queda sobre los rodillos. Basta rasar y empujar hacia un lado.

Fig. 2

TURBO MEZCLADORA



1. Mezclado de Arenas, Resinas y Catalizador
2. Descarga de Arena

3.4 Corazones

Los corazones a utilizarse se fabricarán también mediante la utilización de autofraguantes, por lo cual seguirán en términos generales el procedimiento descrito para el moldeado descrito en el punto 3.3.

3.5 Autofraguado

El autofraguado es el tiempo de reposo del molde en el cual reaccionan las resinas y el catalizador. El reposo está dado en función del porcentaje de catalizador utilizado ya que a mayor porcentaje de catalizador, menor tiempo de fraguado dentro de ciertos límites. Para nuestro caso el tiempo de autofraguado es prácticamente despreciable ya que el proceso de Pep-Set fragua en sólo unos segundos.

3.6 Desmodelado

Esta operación se llevará a cabo en una volteadora desmoldeadora, la cual tomará el molde, lo prensará y lo posicionará de manera que se pueda realizar el desmodelado. La volteadora se encargará de retirar el modelo dejando libre el modelo, que se colocará en una placa para pasar a la zona de pintado.

3.7 Pintado de Moldes

El pintado deberá efectuarse por el método de aspersión con pinturas base alcohol. Cuando el molde (base o tapa) pase por este proceso se le aplicará la pintura en todas las zonas donde el metal esté en contacto directo con la arena. Después el molde será secado con flama, para eliminar el alcohol residual.

y al finalizar el proceso el molde terminará simultáneamente con su proceso de fraguado.

3.8 Cerrado de Moldes

Al terminar el secado, se colocarán los corazones en los moldes base, -- transportándose a la zona de cerrado donde un aparejo tomará el molde tapa volteándolo y posicionándolo sobre los moldes base para realizar el cerrado, inmediatamente se colocarán las grapas para asegurar la firme colocación de la base con la tapa. Nuevamente el aparejo transportará al molde, ya completo, al carrucel de vaciado.

3.9 Vaciado

Cuando la carga del horno esté lista, se tomarán las ollas de la zona de calentamiento y se colocarán frente al horno para iniciar el sangrado; cuando la olla se llene se transportará a la zona de vaciado de moldes. Al finalizar el vaciado la olla regresará a la zona de limpieza y al calentamiento para iniciar el ciclo. Al terminar de vaciar cada molde, se deberá agregar polvo exotérmico tanto en los alimentadores como en la colada a fin de eficientar la alimentación.

3.10 Desmoldeo

Después del vaciado y solidificación los moldes son depositados sobre el desmoldeador donde la pieza partirá para su limpieza y acabado y la arena a su recuperación. El corte de la colada se realizará por golpe, posicionando la -

pieza y golpeando la colada para trozarla.

3.11 Recuperación

Dado que el proceso de recuperación de la arena al igual que el moldeo — son relativamente nuevos, también en este punto ahondaremos un poco más en los conceptos generales y en el funcionamiento del equipo recuperador.

La recuperación es un tratamiento físico, químico o térmico (o una combinación de éstos) a que se somete la arena usada para conseguir volver a emplear la sin descenso significativo de sus propiedades de empleo originales.

Las fases principales de este proceso son:

- Desagregar los terrones hasta reducirlos a arena suelta
- Separar los restos metálicos
- "Pelar" los granos de sílice recubiertos de una capa de resina polimerizada, hasta donde sea necesario sin romperlos.
- Separar los finos (del 140 AFS para abajo), el polvo, la arcilla y los restos orgánicos, hasta el punto que se considere aceptable.

Como es lógico, la intensidad y duración de este proceso será una solución de compromiso entre el ideal de recuperar la arena hasta el máximo y la realidad del costo progresivamente creciente de la operación.

Existen tres métodos básicos para la recuperación de arena aglomerada con

productos químicos:

- Vía húmeda
- Vía térmica
- Vía seca

De estos tres métodos, el más interesante para nosotros es la vía seca.

La recuperación por vía seca es un procedimiento ideal para las mezclas de arena totalmente secas, no sólo de humedad, sino también de residuos ácidos de catalizador. Se fundamenta en arrancar la capa de resinas que envuelve los granos de sílice mediante medios físicos: choque y frotación, a la temperatura ordinaria y separación luego, por tamizado, esas cascarillas más los finos originales en el proceso de colado, desmoldeo, etc.

Las fases fundamentales del sistema son:

- Molienda primaria para desmenuzar los terrones.
- Separación de los restos metálicos grandes.
- Molienda definitiva en cribado y separación de finos y partículas metálicas.
- Enfriamiento de arena.

Molienda primaria. Cuando se trata de moldes grandes, la molienda primaria va precedida de un desmoldeo normal para romper el molde en una mesa vibratoria provista de barrotos especiales para arena autofraguante y separar así la arena de la pieza con su sistema de alimentación.

Las dos modalidades, primaria y definitiva, se realizan frotándose los -

granos uno contra otro hasta que se despojan prácticamente de toda la capa de resina que los reviste.

Los aparatos para la molienda primaria son:

Tolva vibratoria: Consiste en una tolva de acero montada sobre unidades de suspensión, vibración y cadencia fija. Las paredes y el fondo llevan barrotos de aleaciones resistentes al desgaste. Por debajo va una criba de chapa perforada que deja pasar la arena suelta y los aglomerados pequeños de unos milímetros de diámetro.

Son unidades sencillas, de relativamente fácil mantenimiento, que se pueden sobrecargar o cargar irregularmente. Los hierros quedan en el fondo y se sacan de tiempo en tiempo.

Tambor rotatorio: Es un tambor de chapa de acero, horizontal, de unos metros de largo, que gira lentamente. Va previsto de un eje longitudinal, con paletas que voltean la carga para hacer que se rompan los terrones, la arena sale por el extremo de descarga. Los restos metálicos se sacan cuando se considera necesario.

Trituradora clasificadora: Existen distintos modelos. Unos son semejantes a las trituradoras de martillos empleadas en las canteras, otros son de paletas rotatorias en un cuerpo cilíndrico vertical y pueden ser también molinos de rodillos que trituran los terrones sobre una base perforadora de la cual va pasando la arena obtenida.

Granalladora recuperadora: Son máquinas granalladoras más o menos convencionales en sus dispositivos fundamentales, pero capaces de cargar moldes enteros (sólo galletas), destruirlos y entregar la arena suelta para ser acabada de tratar en la misma instalación.

Molienda definitiva y cribado: Una vez molidos los terrones se trata de acabar la dispersión de los granos y clasificarlos, al tiempo que se produce el frotamiento entre ellos para descascarillarlos y quitar los finos.

En bastantes instalaciones, la arena molida se impulsa con un chorro de aire a una especie de ciclón llamado "scrubber", que combina el efecto mecánico del choque de los granos de arena entre sí y con una placa de fundición blanca (fácilmente reemplazable) con la separación de los finos arrastrados por el mismo chorro de aire hasta un filtro de mangas.

En ocasiones, la placa dura en lugar de estar dentro del scrubber, se sitúa en un codo de la tubería neumática que enlaza el aparato de molienda primaria con el ciclón.

A la salida de estos aparatos se colocan cribas vibratorias superpuestas para clasificar la arena, la cual desciende por una ranura y se "lava" con una corriente de aire para acabar de arrastrar los finos y llevarlos al filtraje.

En uno o más puntos de la instalación se colocan separadores magnéticos para eliminar las partículas de hierro que vayan en la arena y, ya preparada esta, se envía a la tolva de almacenamiento.

Enfriamiento: Como condición, la arena debe volver a entrar en la mezcladora continua a una temperatura cercana a los 20°C.

Generalmente la arena en el momento del desmoldeo está a unos 200-300°C.- A través de todos los pasos por la instalación de recuperación de arena, se va enfriando pero a pesar de ello, suele ser necesario montar cerca del final del proceso un enfriamiento para asegurar que no salgan hacia las tolvas de almacenamiento a temperaturas superiores a 40°C.

Los enfriadores de arena son aparatos que funcionan como intercambiadores de calor. La arena se mezcla con una fuerte corriente de aire a temperatura ambiente y forma así un lecho fluidificado que pasa a contracorriente y forma así un serpentín por cuyo interior circula agua fría en circuito cerrado. La arena en ese estado fluido cede su calor al agua del serpentín con lo que descendiende su temperatura.

Cerca de la salida del aparato, unos deflectores intercalados "cortan" el lecho fluidificado, dan salida al aire cargado de polvo y los granos de arena caen sobre un elemento transportador, para ser enviados finalmente a la tolva de almacenaje mediante un transportador neumático.

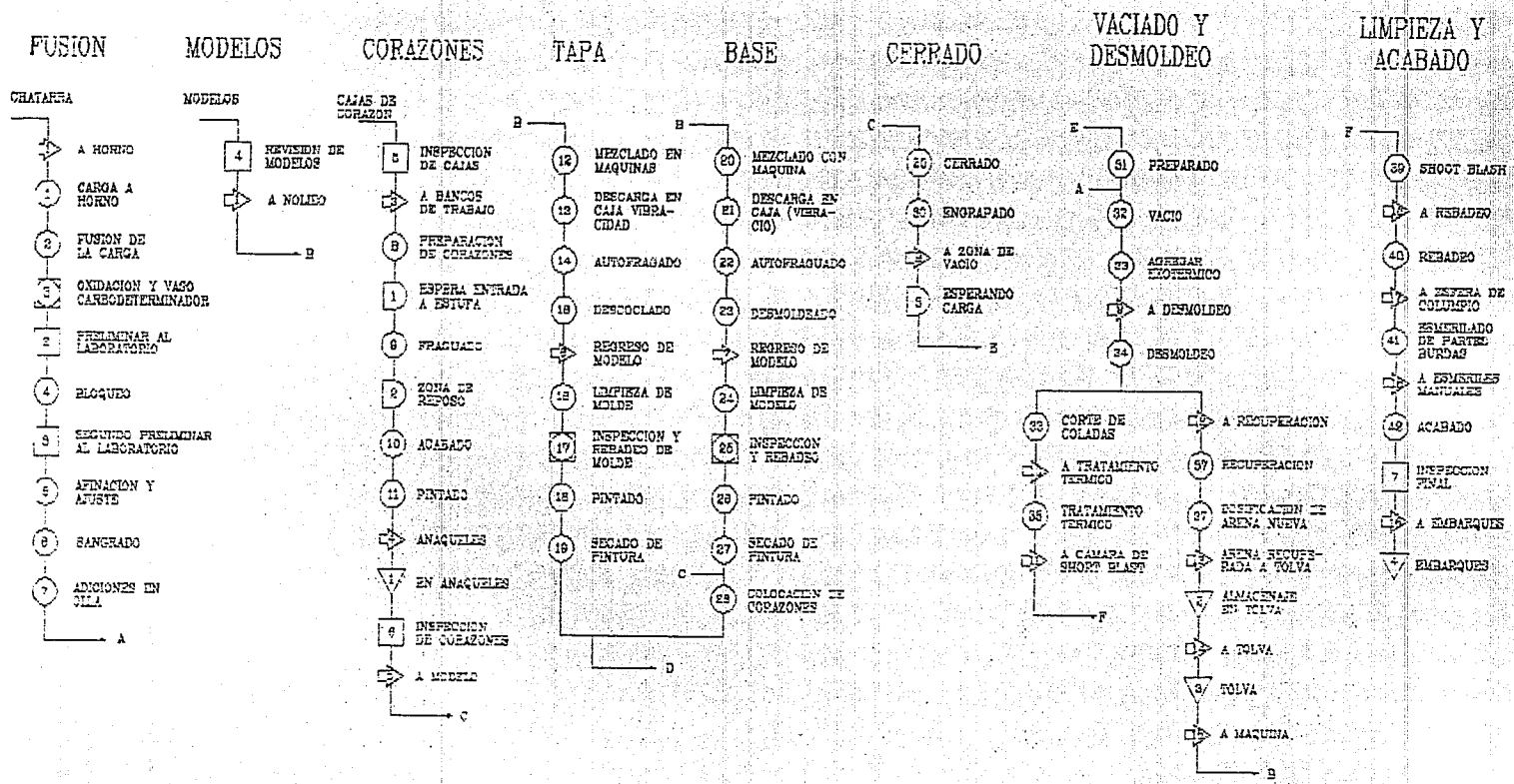
3.12 Tratamiento Térmico

Las piezas pasarán a tratamiento térmico después de desmoldadas, posicionando las piezas en el carro del horno de tal manera que se asegure que no sufran pandeamientos al calentarse así mismo se debe garantizar la apropiada -- circulación del aire y del agua de templado a través de las piezas.

Las piezas son sometidas primero a un templado y después a un revenido. Al terminar el tratamiento térmico, las piezas pasarán a las cámaras de limpieza.

En la figura 3 se muestra el diagrama de flujo para este proceso.

FIG. 3
DIAGRAMA DE FLUJO PRODUCTIVO



4. Estudio de Factibilidad

El estudio de factibilidad es un análisis económico que se realiza con el objeto de hacer una comparación entre el costo-beneficio que se obtendrá al realizar este nuevo proyecto. Este proyecto abarca un estudio del costo aproximado y costo real.

Este estudio fue hecho en base a los siguientes puntos:

- 4.1 Análisis de costos operativos.
 - 4.1.1 Fusión.
 - 4.1.2 Piezas misceláneas.
 - 4.1.3 Servicios.
 - 4.1.4 Gastos de administración y venta.
- 4.2 Inversiones.
- 4.3 Estado de pérdidas y ganancias.
- 4.4 Flujo de caja para el proyecto.
- 4.5 Rentabilidad.

4.1 Análisis de costos Operativos.

Consideraciones generales:

1. Se considera una merma en fusión del 6%
2. Estimemos un rechazo a aplicar a los costos variables del 6%
3. Se considerará un rendimiento en molde, es decir, una relación entre el peso de la pieza incluido el sistema de alimentación y coladas y el peso neto de la misma del 85%, este factor se utilizará en los costos de fusión a excepción de la chatarra pues ésta se recupera.
4. La relación arena-metal en el molde es de 2:1.
5. Hay secciones del área de Piezas Misceláneas que pueden absorber con facilidad el aumento en la producción pues actualmente cuentan con capacidad instalada; suficientemente para calcular el costo unitario de estas áreas, consideramos como producción la producción del proyecto, es decir, 200 toneladas y 275 toneladas producidas por las otras tres áreas de moldeo.
6. Consideraremos un porcentaje de prorateo para las áreas de servicios como sigue:

Area	Porcentaje a cargar a Piezas Misceláneas
Mantenimiento	60
Laboratorio Metalúrgico	100
Control de Calidad	100
Auditoría de Procesos	100
Ingeniería de Servicios	60
Equipo Móvil	40
Pacios de Chatarra	100

7. Los porcentajes de prorráteo de los gastos de administración y venta a piezas misceláneas son:

Area	Porcentaje a cargar a Piezas Misceláneas
Dirección General	60
Gerencia Comercial	80
Gerencia de Finanzas	64
Gerencia de Relaciones Ind.	63
Gerencia de Abastecimientos	70
Gerencia de Ingeniería	90
Gerencia de Informática	63
Gerencia de Producción	90

8. Para efectos del análisis económico, tomaremos un precio de venta de - - - -
3.0131/Kg que resulta de considerar una cotización del dolar de N\$2,257 y

de restar del precio de venta las comisiones pedidas por el cliente.

4.1.1 Fusión

-Chatarra.

Es la materia prima principal de que se parte en la fusión del metal, en este material, dado que tanto el rechazo como el sistema de alimentación y coladas se recuperan, sólo consideraremos la merma. El costo de la chatarra es de N\$.30/Kg y tenemos un consumo de 976.9 Kg/ton, por lo tanto:

$$\frac{976.9 \times .30}{0.92} = N\$318.55/\text{ton}$$

-Ferroaleaciones.

Las ferroaleaciones son los materiales utilizados para ajustar el análisis químico que inicialmente se obtiene de la fusión de la carga metálica.

Dado que el tipo de chatarra está perfectamente controlado la experiencia ha determinado las cantidades de ferroaleaciones a utilizar. En la siguiente - tabla se dan tanto las cantidades utilizadas como los costos unitarios y totales para una tonelada de metal fundido.

Material	Cantidad (Kg/ton)	Costo (N\$/Kg)	Costo (N\$/ton)
Grafito	7.7	.29	2.26
Fe Mn (AC)	7.7	1.10	8.47
Fe Si 75%	7.7	2.07	15.98
TOTAL:			26.71

$$\frac{26.71}{0.92 \times 0.85 \times 0.94} = \text{N}\$36.34/\text{ton}$$

-Fundentes.

Los fundentes son los materiales utilizados para eficientar el proceso de fusión así como para eliminar residuales tales como el azufre, seguiremos la misma mecánica que para ferroaleaciones teniendo:

Material	Cantidad (Kg/ton)	Costo (N\$/Kg)	Costo (N\$/ton)
Caliza	64.3	.14	.92
Espato flúor	15.4	.11	1.89
Mineral de Hierro	25.7	.16	4.11
TOTAL:			6.92

Considerando la merma, el rendimiento y el rechazo, el costo por fundentes es de:

$$\frac{6.72}{0.92 \times 0.85 \times 0.94} = \text{N}\$9.13/\text{ton}$$

- Refractarios.

Este material es utilizado para recubrir tanto el casco como la bóveda del horno, el material que se enlista a continuación es el que se ha utilizado en una reparación, la cual se realiza cada 60 cargas:

Material	Cantidad	Costo Por Rublo N\$
Lad. SK-Dibond 60 C-1 de 9"	35	306.77
Lad. SK-Dibond 60 C-2 de 9"	360	2 990.54
Lad. SK-Dibond 60 DJ-1-3 Jamba	20	125.00
Lad. SK-Dibond 60 DJ-2-3 Jamba	20	238.78
Lad. SK-Dibond 60 Salmer A-60 de 9"	10	132.02
Lad. SK-40 Pta-2 de 9"	120	835.32
Lad. SK-40 Pta-3 de 9"	60	380.52
Lad. Peratex Cir-1 de 9"	40	335.68
Lad. Peratex Cir-2 de 9"	324	2 577.10
Lad. Peratex Rectangular de 9"	60	514.98
Lad. SK-Dibond 60 Cto-2 de 9"	40	341.44
Lad. Peratex Cir-2 de 13 1/2"	40	664.84
Lad. Kruzite A-1	88	355.70
Lad. Kruzite A-2	75	303.15
Lad. Kruzite A-3	20	80.84
Lad. Kruzite Pta-1	53	214.23
Lad. Kruzite Pta-2	5	20.21
Lad. Kruzite 18-13-2A	70	393.54
Lad. Kruzite 18-14-2A	26	190.43
Lad. Kruzite Rectangular	18	72.76

Lad. Kruzite Salmer 18-23	54	811.19
Lad. Kruzite Pta-3 de 9"	30	144.60
Cromo Set	100	832.26
Magnehart Standard	3,000	4 086.00
Mortero Refractorio Satanite	100	99.40
Apizonable Korallite	350	507.50
Plástico Refractorio A-80	325	415.35
Mortero Megalig	40	<u>102.08</u>
T O T A L		18 072.19

Considerando cargas de 3.8 toneladas, el rendimiento, la merma y el rechazo, tenemos:

$$\frac{18\ 072.19}{0.94 \times 60 \times 3.8 \times 0.92 \times 0.85} = \text{N}\$107.83/\text{ton}$$

- Electrodo de Grafito.

Es el material por el cual se transmite la corriente eléctrica a la carga metálica en los hornos de arco eléctrico. Generalmente los hornos de arco utilizan 3 electrodos. En el caso específico que se trata se utilizan electrodos de 8" de diámetro. El consumo promedio de este material es de 7.3 Kg/ton, con un costo de N\$5.18 por kilogramo, de lo cual:

$$7.3 \times 5.18 = \text{N}\$37.83/\text{ton fundida}$$

Considerando mermas, rendimiento y rechazo:

$$\frac{37.83}{0.92 \times 0.85 \times 0.94} = \text{N}\$51.46$$

- Energía Eléctrica

En este rubro se considera la energía eléctrica utilizada en la fusión de la carga metálica. Tenemos un indicador de 961 Kw/ton con un costo de N\$.14 - kWh/ton, por lo tanto:

$$961 \times .14 = \text{N}\$139.87/\text{ton fundida}$$

Considerando mermas, rendimiento y rechazo, tenemos:

$$\frac{139.87}{0.92 \times 0.85 \times 0.94} = \text{N}\$190.28/\text{ton}$$

- Oxígeno.

El oxígeno se utiliza mediante la inyección en la carga para acelerar el proceso de fusión y en el caso de contenidos altos de carbono para eliminarlo por oxidación. Tenemos un indicador de 69.4 Kg/ton con un costo de N\$.65/Kg de oxígeno, por lo cual:

$$69.4 \times .65 = \text{N}\$45.34/\text{ton fundida}$$

Considerando mermas, rendimiento y rechazo:

$$\frac{45.34}{0.92 \times 0.85 \times 0.94} = \text{N}\$61.68/\text{ton}$$

- Mano de Obra Directa.

En este tomaremos el costo del personal sindicalizado relacionado con la fusión de la carga metálica. Tomando el salario nominal tenemos N\$7,535.84/mes

considerando el 125% de prestaciones tendríamos:

$$7,535.84 \times 2.25 = \text{N}\$16,955.64/\text{mes}$$

Considerando 475 toneladas mensuales, tenemos:

$$\frac{16,955.64}{475} = \text{N}\$35.70/\text{ton}$$

- Mano de Obra Indirecta.

Se considera la mano de obra indirecta del departamento de fusión, la cual representa un costo nominal de N\$10,140.00/mes, considerando el 85% de prestaciones:

$$10,140.00 \times 1.85 = \text{N}\$18,759.00$$

Tendremos un costo por tonelada de:

$$\frac{18,759.00}{475} = \text{N}\$39.49/\text{ton}$$

- Materiales Diversos.

Todos los materiales que, por tener un monto de poca importancia o por ser difíciles de cuantificar se clasifican como materiales diversos; este rubro se tomará considerando el costo real ponderado del último año, dividiendo los gastos fijos entre la producción anual esperada pues no se espera que estos gastos deban subir y los materiales variables dividiéndolos entre la producción real del ejercicio, de acuerdo a lo anterior, tenemos:

- Materiales fijos.

Tenemos un monto anual de 24,180.57, por lo tanto el costo por tonelada será de:

$$\frac{24,180.57}{12 \times 475} = \text{N}\$4.24$$

- Materiales variables.

El monto anual a considerar es de 171,643.52 con una producción anual total de 2,470 toneladas, por lo tanto nuestro costo por tonelada será de:

$$\frac{171,643.52}{2,470} = \text{N}\$69.48/\text{ton}$$

- Otros Gastos.

Se tomarán todos aquellos gastos que por su análisis no se consideraron en alguno de los rubros anteriores, por ejemplo: consumo de agua, equipo de seguridad, etc. Para calcularlo tomaremos, al igual que en materiales diversos, el monto anual ponderado, en este caso consideramos que el aumento en la producción no significa un aumento considerable en el gasto, por lo tanto tomaremos como tonelaje producido el que se espera obtener. El costo anualizado es de N\$127,198.74, por lo tanto el costo anual por tonelada es de:

$$\frac{127,198.74}{12 \times 475} = \text{N}\$22.31/\text{ton}$$

4.1.2 Piezas Misceláneas

- Mano de Obra Directa.

En este rubro consideraremos el costo de la mano de obra sindicalizada - utilizada en el molde, vaciado desmolde, limpieza y acabado de las piezas.

- Moldeo.

En realidad esta es la única sección en la cual se planea contratar personal pues el resto de las áreas ya están en funcionamiento dando servicio a las áreas de moldeo existentes y cuentan con capacidad para absorber la producción adicional. Por lo tanto esta será la única área en la que supondremos una planta que quedaría como sigue para cada turno:

- 1 Operador de recuperadora
- 1 Operador de máquina mezcladora
- 1 Moldeador de segunda
- 1 Moldeador de tercera
- 1 Pintor
- 3 Peones

El costo total nominal sería de N\$2,536.74 por turno, dado que el estudio de capacidades arrojó que requerimos de dos turnos, el costo mensual considerando prestaciones sería de:

$$2 \times 2.25 \times 2,536.74 = \text{N}\$11,415.33/\text{men}$$

Y el costo por tonelada sería de:

$$\frac{11,415.33}{200} = \text{N}\$28.54/\text{ton}$$

- Vaciado y Desmoldeo.

Consideraremos que con el personal actual podremos cubrir las necesidades adicionales. El costo mensual es de N\$3,120.36, considerando prestaciones, el costo por tonelada sería de:

$$\frac{2.25 \times 3,120.36}{475} = \text{N}\$14.78/\text{ton}$$

- Limpieza y Acabado.

Siguiendo el mismo razonamiento que para Limpieza y Acabado, con un costo mensual nominal de N\$17,033.49, el costo por tonelada es de:

$$\frac{2.25 \times 17,033.49}{475} = \text{N}\$80.68/\text{ton}$$

- Tratamientos Térmicos.

Una vez más seguiremos el razonamiento del área de vaciado y desmoldeo - ahora con un costo mensual nominal de N\$4,564.55, nuestro costo es de:

$$\frac{2.25 \times 4,564.55}{475} = \text{N}\$9.61/\text{ton}$$

- Taller de Modelos.

El costo mensual nominal de esta sección es de N\$4,013.76, si seguimos - el procedimiento ya descrito, nuestro costo por tonelada sería de:

$$\frac{4,013.76 \times 2.25}{475} = \text{N}\$19.01/\text{ton}$$

De los cálculos anteriores, tenemos un costo total de mano de obra directa en piezas misceláneas de N\$152.63/ton.

- Mano de Obra Indirecta.

Consideraremos la supervisión del personal de piezas misceláneas. Para la línea adicional no es necesario contratar supervisión especial, por lo tanto partiremos del costo nominal actual de N\$11,236.00/mes, considerando las prestaciones nuestro costo por tonelada es de:

$$\frac{11,236.00}{475} = \text{N}\$43.76$$

- Gas.

Tenemos un ciclo total de tratamiento térmico de 12 horas, con un consumo de 89.7 m³/hora. La carga del horno es de 6 toneladas y el costo del gas es de N\$.16 el metro cúbico, por lo tanto el costo del gas es, considerando el rechazo de:

$$\frac{12 \times 89.7 \times 16}{6 \times 0.94} = \text{N}\$30.53$$

- Arena

Consideraremos una recuperación de arena del 80%. A continuación se dan las cantidades de los diferentes materiales utilizados en su preparación con su costo. Las cantidades dadas son las utilizadas en la calibración de la máquina.

Material	Cantidad (Kg)	Costo (N\$/Kg)	Costo (N\$)
Arena Nueva	400.0	.89	35.60
Arena Recuperada	100	—	—
Resina 1,505	3.0	3.90	11.70
Resina 2,590	3.0	6.62	19.87
Catalizador	1.2	7.22	8.67
	<u>507.2</u>		<u>75.84</u>

Considerando una relación arena-metal de 2 a 1 y el rechazo, el costo por tonelada es de:

$$\frac{75.84 \times 2.00}{507.2 \times 0.94} = \text{N}\$318.13/\text{ton}$$

- Materiales Diversos.

En este rubro se considerarán todos los materiales que por tener un monto de poca importancia o por ser difíciles de cuantificar no se consideraron en incisos anteriores.

Al igual que en fusión, consideraremos por separado materiales fijos y variables y tomaremos cantidades ponderadas anuales.

- Fijos.

Tenemos un costo anualizado de N\$96,769.28, consideramos que no subirá con el aumento de producción, por tanto el costo por tonelada es de:

$$\frac{96,769.28}{12 \times 475} = \text{N}\$16.98/\text{ton}$$

- Variables.

Se tiene un monto anualizado de N\$597,326.03 considerando la producción real en el periodo de 2,470 toneladas, nuestro costo por tonelada es de:

$$\frac{597,326.03}{2,470} = \text{N}\$241.83$$

- Otros Gastos.

Tenemos en este concepto todos los gastos incurridos no considerados en - partidas anteriores. El costo anualizado es de N\$304,099.83, por lo tanto el - costo unitario es de:

$$\frac{304,099.83}{12 \times 475} = \text{N}\$53.35$$

4.1.3 Servicios.

Se considerarán todas las áreas que dan algún servicio al área de piezas misceláneas con los porcentajes antes indicados. El costo anualizado ponderado se da a continuación así como la parte del mismo que se cargará a piezas misceláneas.

Area	Costo N\$(x1000/año)	% a P.M.	Costo a P.M. N\$(x1000/año)
Ingeniería de Servs.	393.08	60	235.85
Mantenimiento	531.23	60	318.73
Control de Calidad	102.62	100	102.62
Laboratorio	98.78	100	98.78
Auditoría de Procesos	22.48	100	22.48
Equipo Móvil	81.914	40	32.7642
Patios de Chatarra	60.386	100	60.33
	<u>1289.50</u>		<u>871.5542</u>

Tenemos un cargo total a piezas misceláneas de N\$871,554.20/año por lo tanto -
nuestro costo por tonelada es de:

$$\frac{871,554.20}{12 \times 475} = \text{N}\$152.90$$

4.1.4 Gastos de Administración y Venta.

Siguiendo el mismo procedimiento que para Servicios, tendríamos:

Area	Costo (x1000/año)	% a P.M.	Costo (x1000/año)
Dirección General	574.741	60	344.8446
Gcia. comercial	299.565	80	239.6520
Gcia. de Finanzas	443.675	64	283.9520
Gcia. de Rel. Indust.	1,098.220	63	291.8786
Gcia. de Abastecimiento	344.884	70	241.4188
Gcia. de Ingeniería	84.838	90	76.3542
Gcia. de Informática	214.978	63	135.4361
Gcia. de Producción	45.001	90	40.5009

Tenemos un costo total anual a piezas misceláneas de _____
N\$1'654,037.20, por lo tanto el costo por tonelada es de:

$$\frac{1'654,037.20}{12 \times 475} = \text{N}\$290.18/\text{ton}$$

RESUMEN DE COSTOS UNITARIOS Y ANUALES.

4.1.1 FUSION	COSTO UNITARIO N(\$/TON)	COSTO ANUAL (N\$x1000/año)
Chatarra	318.55	764.53
Ferroaleaciones	36.34	87.21
Fundentes	9.13	21.92
Refractarios	107.83	258.79
Electrodos de Grafito	37.83	90.79
Energía Eléctrica	190.28	456.68
Oxigeno	61.68	148.03
M. de O. Directa	35.70	85.67
M. de O. Indirecta	39.49	94.78
Mat. Diversos Fijos	4.24	10.18
Mat. Diversos Variables	69.48	166.76
Otros Gastos	22.31	53.56
SUB TOTAL	932.88	2,238.92

4.1.2 PIEZAS MISCELANRAS

M. de O. Directa	152.63	366.30
M. de O. Indirecta	43.76	105.03
Gas	30.37	72.89
Arena	318.13	763.52
Mat. Diversos Fijos	16.98	40.74
Mat. Diversos Variables	214.83	580.40
Otros Gastos	53.35	128.04
SUB TOTAL	857.05	2,056.68

4.1.3	SERVICIOS	152.90	366.97
4.1.4	GASTOS DE ADMON. Y VTA.	<u>290.18</u>	<u>696.44</u>
	COSTO TOTAL	2,293.02	5,359.24

4.2 Inversiones.

- Carrusel.

Carrusel de rodillos de 2 3/8 "a cada 5" para transporte de los moldes, - los modelos y las cajas en la línea de moldeo.

N\$25,000.00

- Transportador de Arena a Recuperadora.

Una banda para transporte de arena del desmoldador a la recuperadora de arena.

N\$16,000.00

- Ductería y Sistema de Bombeo.

Sistema de ductería y sistema de bombeo para el transporte de la arena recuperada hasta la tolva correspondiente.

N\$70,000.00

- Desmoldeador.

Desmoldeador de golpe constituido de hierro fundido.

N\$16,500.00

- Recuperador de Arena.

Consistente en un desterronador, separador magnético y clasificador de - arena.

N\$290,000.00

- Mesa Vibratoria.

Mesa para compactación de arena, fabricada en material estructural, operación neumática.

N\$12,750.00

- Volteadora Desmoldeadora.

Modelo CR-II de 1,000 libras de capacidad con sistema hidráulico en todos sus movimientos.

N\$65,700.00

- Máquina Turbomezcladora.

De tipo horizontal, con capacidad de 6,000 kilogramos por hora equipada con bombas para catalizador y resinas.

N\$500'00.00

- Instalación y Cimentación de Maquinaria y Equipo.

Se considera el 5% del total de la inversión en maquinaria y equipo.

N\$49,797.50

- Desarrollo de Ingeniería.

Consideramos 3 meses de trabajo del departamento de Ingeniería.

N\$15,322.00

- Capital de Trabajo.

Se considera el monto necesario para trabajar durante dos meses en los cuales se producen 400 toneladas a un costo de N\$2,233.02/tonelada.

N\$893,208.00

- Imprevistos.

Se considerará el 10% de la inversión total. a fin de determinar el flujo de caja neto, consideraremos que este monto se va a ir gastando en partes -- iguales anualmente y que su gasto será de inversiones capitalizables.

N\$224,427.75

INVERSION TOTAL

N\$2'178,705.25

4.5 Rentabilidad.

Para la evaluación del proyecto se utilizó el método de la tasa interna de retorno, la cual arrojó los resultados que se dan a continuación, cifras en N\$

Año	Flujo de Caja Neto	85%		86%	
		Factor	Valor Presente	Factor	Valor Presente
0	(2'178'705.0)	1,00000	(2'178'705.0)	1,00000	(2'178'705.0)
1	1'872'193.8	0.54054	1'011'996.6	0.53763	1'006'555.8
2	1'872'193.8	0.29218	547'025.2	0.28905	541'159.0
3	1'872'193.8	0.15794	295'689.3	0.15540	290'945.7
4	1'872'193.8	0.08537	159'832.1	0.08355	156'422.4
5	1'872'193.8	0.04615	86'395.7	0.04492	84'098.1
6	1'872'193.8	0.02494	46'700.4	0.02415	45'214.0
7	1'872'193.8	0.01348	25'243.4	0.01298	24'308.6
8	1'872'193.8	0.00729	13'645.1	0.00698	13'069.1
9	1'872'193.8	0.00394	7'375.7	0.00375	7'026.4
10	1'872'193.8	0.00213	3'986.9	0.00202	3'777.6
			<u>19'185.4</u>		<u>(6'128.3)</u>

Interpolando, tenemos:

$$R\% = 85 + \frac{19,185.4 (86 - 85)}{(19,185.4 + 6,128.3)}$$

$$R\% = 85.76\%$$

5. ASEGURAMIENTO DE CALIDAD.

5.1 Generalidades.

La inclusión de este capítulo en la tesis y la importancia que se le da, corresponde a dos motivos fundamentalmente:

- a) La fabricación de piezas de exportación requiere de niveles de calidad capaces de competir con los productos de cualquier país del mundo, la práctica industrial nos indica que la ventaja en costo de los países - subdesarrollados no es suficiente para entrar al mercado internacional, sino que se requiere de igualar al menos los niveles de calidad del — mercado mundial, es decir debemos producir con alta calidad y a bajo - costo.
- b) De cara al ejercicio profesional de prácticamente cualquier ingeniero, el conocimiento de los métodos de aseguramiento de calidad es fundamental ya que, podemos decir, que se trata de uno de los instrumentos de calidad que están en pleno auge.

Dado que durante nuestros estudios no se tocó prácticamente el tema referido, creemos que la inclusión del mismo llenará una laguna en nuestra preparación profesional.

Finalmente indicaremos que en este capítulo no se pretende desarrollar un programa de aseguramiento de calidad sino sólo establecer una especificación - que abarque todos los elementos que debe contener y cómo debe ser tratado ca-

da uno de ellos.

5.2 Provisiones Administrativas.

5.2.1 Introducción.

En los años recientes han surgido nuevos conceptos y disciplinas para facilitar el alcance de calidad. Estos conceptos y técnicas son identificadas como aseguramiento de calidad.

El aseguramiento de calidad está basado en la premisa de dos conceptos relativamente sencillos:

5.2.1.1 La calidad de los productos fabricados depende del control del fabricante sobre su diseño, fabricación, pruebas e inspección. A menos que un producto esté diseñado y fabricado apropiadamente no tendrá los requerimientos del usuario. Por lo tanto, los fabricantes deben estar preparados para instituir tal control de calidad como es necesario para asegurar que sus productos cumplen con las normas requeridas.

5.2.1.2 Los fabricantes deben estar preparados no sólo para elaborar sus productos dentro de un tiempo dado sino también para sostener con evidencia objetiva que han mantenido control sobre el diseño y fabricación y debe realizar inspecciones de prueba que demuestren la aceptabilidad de sus productos.

A fin de establecer el aseguramiento de calidad se deberá elaborar un ma-

nual de aseguramiento de calidad que asiente todos los pasos a seguir en el control de los procesos así como el entorno general que garantice el cumplimiento de los estándares establecidos.

5.2.2 Alcance.

Las previsiones de esta especificación deben ser mandatorias en todo lo que se refiere a la fabricación de quintas ruedas.

5.2.3 Definiciones.

5.2.3.1 Auditoría; actividad documentada, encaminada a verificar por examen o evaluación que los elementos aplicables del programa de calidad han sido establecido, documentados y efectivamente implementados de acuerdo a los requerimientos especificados.

5.2.3.2 Actividad de auditoría; aquellas actividades por las cuales se obtiene la información para verificar el cumplimiento de las normas aplicables (por ejemplo entrevistas, observaciones, exámenes de evidencias, pruebas).

5.2.3.3 Equipo de auditoría; el grupo de individuos conduciendo una auditoría bajo la dirección de un líder de equipo.

5.2.3.4 Certificación; acto formal por el cual la administración confirma que se puede aplicar el programa de aseguramiento de calidad.

5.2.3.5 Cumplimiento; el estado de tener los requisitos especificados en normas, contratos, dibujos o reglas.

5.2.3.6 Documento; registrado por escrito, firmado y fechado (ejemplo incluyen listas de verificación).

5.2.3.7 Independencia; libertad de parcialidad, e influencia externa - (por ejemplo un hombre no puede ser considerado independiente de elaborar una auditoría a un superior).

5.2.3.8 Incumplimiento; la deficiencia de una actividad, documento o característica que es requerida para una norma aplicable.

5.2.3.9 Procedimiento; un documento que establece el propósito y alcance de una actividad y especifica como debe ser elaborada.

5.2.3.10 Verificación confirmación de que una actividad, condición o control está de acuerdo a los requerimiento, especificados en documentos tales como contratos, códigos, normas, dibujos, especificaciones descripciones y procedimientos del sistema de funcionamiento y procedimientos técnicos.

5.2.4 Auditorías

Se deberán realizar auditorías periódicas para confirmar que las operaciones realizadas están de acuerdo a los procedimientos descritos en el manual. Sólo deben utilizarse auditores autorizados y completamente calificados. Los -

procedimientos de acreditación de auditores no descritos en normas autorizadas.

5.2.5 Procedimiento de Auditorías.

Las auditorías se conducirán de modo sistemático y uniforme. Los procedimientos que se seguirán se describirán con todo lujo de detalle a fin de evitar confusiones.

5.3 Requerimientos de Programa de Aseguramiento.

5.3.1 Objetivo del Programa de Aseguramiento de Calidad.

5.3.1.1 Esta norma establece los requerimientos para un programa de aseguramiento de calidad, identifica cada uno de los elementos del programa a ser establecidos y mantenidos por el contratista para el propósito de asegurar que los productos están de acuerdo a los requerimientos contratados.

5.3.1.2 El objetivo es la prevención, detección y disposición de las partidas disconformes.

5.3.1.3 La documentación es esencial para registrar los requerimientos que afectan a la calidad en las actividades cubiertas por esta especificación para verificar que los productos tienen los requerimientos contratados.

5.3.2 Aplicación y Alcance.

5.3.2.1 Esta especificación debe aplicarse a todas las quintas ruedas referidas en los órdenes de compra, en los órdenes de compra, contrato o convenios.

5.3.2.2 Si existe alguna inconsistente entre el contrato y esta especificación, deben prevalecer los requerimientos del contrato, sólo si se

explica específicamente que esta especificación debe ser omitida.

5.3.2.3 El programa de control de calidad debe aplicarse por todas las áreas de la elaboración del contrato incluyendo apropiadamente, la procuración, identificación, almacenaje, inspección y embarque del material, el proceso entero de fabricación incluyendo diseño, ingeniería, desarrollo, fabricación e inspección y el embalaje, almacenaje, y embarque del material.

5.3.2.4 El programa debe asegurar que, tan pronto como sea posible, las discrepancias tales como defectos y disconformidades, deben ser descubiertos y se tomen las acciones correctivas.

5.3.3 Requerimientos del Programa de Aseguramiento de Calidad.

5.3.3.1 Se deberá establecer, implementar y mantener un programa de aseguramiento de calidad de acuerdo a los requerimientos de esta especificación.

5.3.3.2 Se deberá definir la responsabilidad y autoridad para la calidad de aquellos que realicen y dirijan el trabajo y de aquellos que verifican el cumplimiento de los requerimientos de calidad. Sus relaciones serán mostradas en organigramas o claramente descritas por escrito.

5.3.3.3 Se debe asignar un representante técnicamente competente que debe reportar regularmente a la administración a un nivel que asegure -

que los requerimientos de aseguramiento de calidad no dependen de producción. También se debe especificar la autoridad que resolverá los asuntos de calidad.

5.3.3.4 Se debe definir la responsabilidad y autoridad del responsable en primera instancia del aseguramiento de calidad y su libertad organizacional para:

- Prevenir la fabricación posterior, disposición o utilización de partidas disconformes hasta que la deficiencia o condición insatisfactoria haya sido resuelta.

5.3.4 Manual de Aseguramiento de Calidad.

5.3.4.1 Se debe preparar un manual de aseguramiento de calidad usando esta especificación como una guía. Será aprobado y firmado por un directivo de alto nivel. El manual se deberá revisar y actualizar periódicamente para reflejar las nuevas prácticas de aseguramiento de calidad.

5.3.4.2 El manual de aseguramiento de calidad debe contener pero no está limitado a lo siguiente:

- Organización. El manual debe definir los requerimientos organizacionales especificados en las secciones 5.3.3.2 - 5.3.3.4.
- Inspección y lista de chequeo. El manual debe identificar las posiciones responsables de la inspección y lista de chequeo especificadas en la sección 5.3.5.

- Descripción de funcionamiento de sistemas. Debe ser incluida la descripción documentada de funcionamiento de sistemas especificado en la sección 5.3.6.
- Debe ser incluido un calendario de revisión y actualización del manual como se especifica en la sección 5.3.4.2.

5.3.5 Inspección y Lista de Chequeo.

5.3.5.1 Se debe:

- Planear las actividades de inspección y prueba.
- Realizar una prueba de inspección y lista de chequeo para aceptación.
- Actualizar la lista de chequeo para reflejar las revisiones a las rutinas de inspección y pruebas.

5.3.5.2 La inspección y lista de chequeo puede ser de cualquier formato pero debe, al menos:

- Indicar cada punto de inspección y pruebas y su localización relativa en el ciclo de fabricación incluyendo recibo, almacenaje, embalaje, y localización de las partidas inspeccionadas y ensayadas. Se pueden incluir puntos de inspección en proceso para su evaluación de calidad.
- Identificar las características a ser examinadas y aprobadas en cada punto y los criterios de aceptación específicos a ser utilizados.

- Identificar los puntos de inspección y pruebas donde una historia de utilización de los equipos de medición y ensayo debe ser mantenida - de modo que se pueda tener la precisión requerida.
- Indicar los puntos mandatorios de detención que requieren certificación o verificación de características seleccionadas en cada partida o proceso y debajo de los cuales el proceso no puede continuar.
- Definir o referirse a cómo se llevarán a cabo y documentar los procedimientos de procesos especiales.

5.3.6 Descripción del Sistema de Funcionamiento.

5.3.6.1 Se deben tener descripciones documentadas para los siguientes sis temas de funcionamiento:

Control de documentos

Equipo de medición y prueba

Compras

Inspección de suministros

Inspección en proceso

Inspección final

Identificación y seguimiento

Procesos especiales

Conservación, embalaje y embarque

Registros de calidad

Inconformidades

5.3.6.2 Cada sistema de funcionamiento debe documentarse como se requiera en cosas tales como:

propósito, alcance y una descripción de que debe hacerse.

5.3.6.3 La descripción del sistema de funcionamiento debe ser actualizada cuando se requiera.

5.3.7 Control de documentos.

Se debe:

5.3.7.1 Asegurar la elaboración y revisión de todos los documentos que afecten la calidad incluyendo pero no limitándose al listado que a continuación se da para adecuación y aprobación de liberación por personal autorizado:

- Manual de aseguramiento de calidad requerido por la sección 5.3.4 - incluyendo descripción del sistema de funcionamiento listado en la - sección 5.3.6.
- Inspección y lista de chequeo requerido por la sección 5.3.5.
- Especificaciones de ingeniería, dibujos, procedimiento e instrucciones de trabajo.
- Documentos de compra requeridos por la sección 5.3.9.
- Procedimientos de procesos especiales requeridos por la sección - - 5.3.14.

5.3.7.2 Hacer todas las aplicaciones posibles de esos documentos accesibles a todas las áreas indicando puntos de inspección y prueba donde se requiera de modo que sean fácilmente identificadas por el personal involucrado.

5.3.7.3 Asegurar que los cambios a los documentos reciban la misma actualización que los documentos originales. Procesar todos los cambios por escrito de modo que se efectúen con rapidez por las áreas involucradas. Mantener un registro de los cambios conforme se realizan. Son aceptables notas escritas en los documentos asegurando que son hechas por personal autorizado de acuerdo a los procedimientos establecidos. Los documentos deben ser revisados y reelaborados después de la realización de un número considerable de cambios.

5.3.7.4 Remover rápidamente los documentos obsoletos de todos los puntos de medición y prueba.

5.3.8 Equipos de Medición y Prueba.

5.3.8.1 Todos los equipos de medición y prueba y dispositivos usados para verificar la calidad de las partidas y para dar seguimiento a procedimientos especiales debe ser controlado y mantenido. A intervalos prescritos o antes de su uso, ellos deben ser calibrados y ajustados con equipo certificado, teniendo un conocimiento válido de la relación a normas reconocidas. Donde no existen normas nacionales, la base empleada para calibración debe ser documentada. Esto puede incluir normas industriales.

5.3.8.2 Se debe:

- Mantener documentos de calibración que incluyan: tipo de equipo, número de identificación, localización, frecuencia de inspección, descripción del método de chequeo, criterios de aceptación y acciones a tomar cuando los resultados son insatisfactorios.
- Identificar equipo de medición y prueba con una etiqueta, marbete u otro indicador colocable para indicar el estado de calibración.
- Mantener los registros de calibración para equipo de medición y prueba.
- Donde se requiera por la inspección y lista de chequeo, documentación de la validez de los resultados de inspecciones y pruebas anteriores cuando la medición y prueba al equipo los encuentre fuera de calibración.

5.3.9 Inspección de Recepción.

5.3.9.1 Inspeccionar, probar e identificar las partidas de entrada como se requiera por la inspección y la lista de chequeo.

5.3.9.2 Checar la evidencia objetiva para asegurar que los proveedores - tengan las partidas de recepción separadas hasta que la inspección y pruebas son completadas o la inspección necesaria y reporte de pruebas son re

cibidos y verificados.

5.3.10 Inspección en Proceso.

5.3.10.1 Inspeccionar, probar e identificar las partidas como se requiera por la inspección y lista de chequeo.

5.3.10.2 Cuando no sea posible la inspección, dar seguimiento al proceso de fabricación.

5.3.10.3 Retener las partidas hasta que las pruebas e inspección requeridas estén completas o son recibidas y verificados positivamente los reportes necesarios.

5.3.10.4 Identificar las partidas rechazadas.

5.3.11 Inspección Final.

5.3.11.1 Inspeccionar, probar e identificar las partidas finales como se requiera por la inspección y lista de chequeo.

5.3.11.2 Revisar todos los registros de inspección y prueba y verificar que las partidas han sido inspeccionadas en todos los puntos mostrados en la inspección y lista de chequeo y que estos registros están completos.

5.3.11.3 Retener todos los registros de inspección como se especifica en

el punto 5.3.16.

5.3.12 Estado de Calidad.

5.3.12.1 Proveer los medios para asegurar que las inspecciones y pruebas requeridas son realizadas y que la aceptación de las partidas se opeguen a las pruebas de inspecciones durante la fabricación.

5.3.12.2 Establecer y mantener un sistema de etiquetas o impresiones estampadas u otros medios físicos en las partidas para indicar la aceptación final.

5.3.12.3 Mostrar la identidad del inspector en cualquier estampado de inspección usado.

5.3.12.4 Proveer los medios para controlar las condiciones de calidad incluyendo la autoridad para la colocación y remoción de etiquetas, marbetes, u otros medios físicos de identificar el estado de inspección.

5.3.13 Identificación y Seguimiento.

Se deben establecer y mantener sistemas que:

5.3.13.1 Identifiquen cada lote con los dibujos aplicables, normas u otros documentos técnicos, desde la recepción a lo largo de la fabricación.

5.3.13.2 Donde se especifique un seguimiento, asignar a cada partida - una identificación única que debe distinguir aquellas partidas que deben identificarse de las que son completamente iguales pero que han sido procesadas por separado. Registrar esta identificación en todos los registros de procesos, inspección y pruebas.

5.3.14 Procesos Especiales.

En esta sección, los procesos especiales son aquellos cuyo resultado no puede ser examinado directamente para establecer su completo cumplimiento con la calidad. El aseguramiento de calidad satisfactorio depende de la evidencia generada durante el proceso. Se debe:

5.3.14.1 Asegurar que esos procesos son realizados bajo condiciones controladas por personal calificado usando procedimientos documentados y - equipo de acuerdo con códigos aceptables, normas especificaciones, criterios y requerimientos contractuales.

5.3.14.2 Mantener documentación personal actualizada, calificando procesos o equipo de acuerdo a los requerimientos de los códigos y normas pertinentes.

5.3.14.3 Definir las calificaciones necesarias del personal, procedimientos de procesos especiales o equipo para procesos especiales no cubiertos por códigos existentes o normas o donde los requerimientos de calidad - - exceden los requerimientos de los códigos o normas establecidas.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

5.3.15 Almacenaje, Embalaje y Embarque.

Se deben inspeccionar la limpieza, conservación, embalaje y marcado y verificar las operaciones de embarque para asegurar que se cumple con los requerimientos contratados.

5.3.16 Registros de Calidad.

Se debe:

5.3.16.1 Mantener registros de calidad como evidencia de que:

- Las piezas cumplen con los requerimientos contratados.
- El personal, procedimientos y equipo para procesos especiales son calificados como se requiere por la sección 5.3.14

5.3.16.2 Incluir en el punto 5.3.16.1 registros de inspección y pruebas que identifiquen:

- El número del dibujo de referencia o número de parte de la pieza.
- Los requerimientos aplicables.
- Elaboración de inspecciones específicas y los resultados obtenidos; si no son requeridas mediciones, indicar el criterio de aceptación.
- Reportes de rechazo (ver sección 5.3.17.3).
- La fecha de inspección o pruebas.
- La identificación del inspector o registro de datos.

5.3.16.3 Facilitar el acceso a los registros de calidad para su análisis y revisión.

5.3.16.4 Identificar, ordenar y archivar los registros de calidad para - fácil acceso.

5.3.16.5 Mantener los registros de calidad por el tiempo requerido por - el contrario.

5.3.16.6 Archivar los registros en sitios adecuados para evitar el daño o deterioro y prevenir la pérdida.

5.3.17 Disconformidades.

Se debe establecer la responsabilidad por la disposición de todas las inconformidades. Se debe:

5.3.17.1 Establecer y mantener medidas para controlar las partidas con - disconformidades tales como:

- Definir la responsabilidad y autoridad de aquellas que dispondrán de las partidas disconformes.
- Detectar y registrar las disconformidades.
- Identificar y mantener las partidas disconformes.
- Girar una disposición que se aceptan todas las partes disconformes.

- Implementar las disposiciones aceptadas.

- Asegurar los requerimientos para reinspección, reprobación o reparación.

5.3.17.2 Asegurar las áreas de permanencia o métodos de Segregación de -
partidas disconformes para prevenir el uso inadecuado, embarque o mezcla
con partidas disconformes. Por supuesto, donde la degradación física lo -
hace posible, etiquetar marcar o utilizar otros medios de identificación
adecuados.

5.3.17.3 Mantener registros de identificación de partidas disconformes,
la naturaleza y extensión de la disconformidad, su disposición y eviden-
cia objetiva de que las partidas reparadas han sido reinspeccionadas o -
reensayadas de acuerdo con los procedimientos de prueba documental.

CONCLUSIONES.

El principal aspecto a considerar en la evaluación del proyecto es el económico. El método de evaluación utilizado es el de la tasa interna de retorno, según el cual el rendimiento anual del proyecto es de 85.76%, lo cual indica que el proyecto se pagaría en poco más de 1 año.

Otro aspecto a tomar en cuenta es el técnico. El montaje de la línea objeto de este trabajo implicaría la modernización de la fábrica ya que introduciríamos procesos y equipos mucho más actuales que los existentes.

Un beneficio importante es el mejoramiento de calidad que se tendría, primordialmente en el acabado superficial lo cual ahorraría tiempo y dinero de limpieza y acabado.

Según los beneficios antes expuestos, tanto técnicos como económicos, se debe autorizar la inversión.

Otra conclusión importante es que, en caso de autorizarse la inversión se debe buscar cubrir el excedente de capacidad instalada.

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

- N.D. Titov Yuasteropanov; TECNOLOGIA DEL PROCESO DE FUNDICION;
Edit. Mir. Moscu.

- O.P. Khanna; FOUNDRY TECHNOLOGY; Dhanpat Rai & Sons.

- Norton, Frederick Harwood; REFRACTORIES; Mc Graw-Hill, 1968.

- MANUAL DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE FHASA.