

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA
METALÚRGICA: FUNDIDORA BERNAL, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JOSÉ FRANCISCO BARILLAS FLORES

ASESORADO POR ING. HUGO LEONEL RAMÍREZ ORTIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, MARZO DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
VOCAL II	Ing. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. José Arturo Estrada Martínez
EXAMINADOR	Ing. Byron Geovanni Palacios Colindres
EXAMINADOR	Ing. Eric René Guerrero Silva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalúrgica:
Fundidora Bernal, S.A.

José Francisco Barillas Flores
Asesorado por: Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortíz

Guatemala, marzo de 2004

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Organigrama de la Fundidora Bernal, S.A.	10
2	Esquema de la distribución del taller de máquinas y herramientas	11
3	Esquema de la distribución del taller de fundición	12
4	Horno de cubilote	29
5	Diagrama de un horno de crisol	30
6	Boleta de historial del equipo	58
7	Boleta de orden de trabajo	60
8	Boleta de control de órdenes de trabajo	61
9	Programa semanal de mantenimiento preventivo, taller de máquinas y herramientas	72
10	Programa semanal de mantenimiento preventivo, taller de fundición	73
11	Boleta de hoja de registro o ficha técnica	74
12	Boleta de hoja de visitas al equipo	78
13	Boleta de inspecciones al equipo	79
14	Boleta de hoja de lubricación	80
15	Diagrama de viscosidad dinámica	88
16	Esquema del sistema de lubricación centralizada Farval	117
17	Diagrama aplicación del sistema de lubricación centralizada Farval en Fundidora Bernal, S.A.	118

TABLAS

I	Características de los tornos del taller de máquinas y herramientas	20
II	Porcentaje de producción mensual de la Fundidora Bernal, S.A. en el año 2002	70
III	Tabla de características de lubricantes a diferentes cargas	97

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
%	Porcentaje
°C	Grados Centígrados
°F	Grados Farenheit
“	Pulgadas
hp	Caballos de fuerza
kg	Kilogramo
kW	Kilowatt
psi	Libra sobre pulgada cuadrada
rpm	Revoluciones por minuto
cSt	Centi Stokes
API	Instituto Americano de Petróleo

GLOSARIO

Aleación	Producto homogéneo de propiedades metálicas, compuesto de dos o más elementos; uno de los cuales, al menos, debe ser un metal
Babbitt	Aleación antifricción usada en la fabricación de rodamientos y cojinetes.
Bebedero de colada	Conducto o canal de salida del acero líquido o de la fundición.
Bushing	Pieza cilíndrica de metal que guarnece interiormente el cubo de las ruedas o bien de las piezas móviles de una máquina. También conocido como buje.
Colada	Acción de verter el metal líquido en el molde.
Corazón	Parte central o interior de una pieza fundida.
Desbarbado	Término utilizado en fundición para referirse a la operación consistente en eliminar las barbas (virutas) de las piezas.
Distensionado	Capacidad de un cuerpo a mantenerse en tensión constante.

Manifold	Múltiple o distribuidor de los gases de combustión procedentes del interior de la cámara de combustión
Mazarota	Masa de metal que, cuando se funden grandes piezas en moldes verticales, se deja sobrante en la parte superior.
Mazas	Cilindro rayado de hierro fundido, sirve para moler caña de azúcar mediante la aplicación de un movimiento de rotación en uno de sus extremos.
Número NLGI	Serie de números que clasifica el rango de consistencia de las grasas de lubricación basado en el número de penetración de cono de ASTM.
Poliestireno	Material plástico obtenido de la polimerización del estireno, semejante al caucho natural y resistente a los ácidos, bases y aceites minerales y vegetales.
Punto de fusión	Temperatura a la cual un sólido se funde.
Teflón	Sus propiedades, junto a sus elevadas tenacidad y flexibilidad, convierten al teflón en un material con múltiples aplicaciones: revestimiento para hilos eléctricos y cables, vainas de protección, bobinado de motores, diafragmas y membranas.
Untuosidad	Propiedad de un material que se caracteriza por su capacidad ha adherirse a otro objeto.

RESUMEN

En la actualidad el mantenimiento ha adquirido una importancia creciente; los adelantos tecnológicos han impuesto un constante de la calidad, a fin de que este pueda responder adecuadamente a los requerimientos del mercado.

mayor grado de mecanización y automatización de la producción, lo que exige un incremento

Debido a esto la fundidora no se quiere quedar atrás por lo que presenta en primer lugar el servicio que presta en general, desde el que presta a una persona en particular hasta un ingenio; además se detalló el proceso de fundición.

Al mencionar la información general, se procedió a analizar el equipo con el que se cuenta dentro de los talleres, con el propósito de conocer su función dentro del proceso, así como realizar una descripción de cada equipo.

Una vez identificado el equipo, se definió el mantenimiento desde su concepción hasta su verdadera aplicación dentro de cualquier empresa, se describió además los tres tipos de mantenimiento que se utilizan comúnmente en nuestro medio y de los cuales el mantenimiento preventivo es el más aconsejable.

Al contar con la información adecuada, se procedió a realizar el programa de mantenimiento preventivo específicamente a la Fundidora, contando con el inventario de equipo se detallaron las actividades más aconsejadas para cada máquina.

A manera de complemento se realizó un detalle de la lubricación, su importancia, sus componentes y claro, como se realizó un programa de mantenimiento preventivo, es aconsejable apoyar el programa de mantenimiento, con la propuesta de un programa de lubricación.

OBJETIVOS

General

Establecer o elaborar un programa de mantenimiento preventivo para la maquinaria y equipo utilizado en una empresa metalúrgica.

Específicos

1. Describir el equipo en dónde se aplicará el programa de mantenimiento.
2. Establecer un marco conceptual sobre mantenimiento en general.
3. Especificar el procedimiento de mantenimiento preventivo, además se propondrá una ruta de mantenimiento, revisiones, inspecciones y emisión de órdenes de trabajo.
4. Determinar un programa de lubricación para la maquinaria y el equipo.

INTRODUCCIÓN

Debido al tipo de proceso que se lleva a cabo en la empresa metalúrgica, se involucra una gran variedad de equipos, los cuales están sometidos a daños causados por el desgaste, la fatiga, la inadecuada aplicación de los equipos, etc. Por mencionar algunos equipos, encontramos hornos, máquinas y herramientas (tornos, taladros, cepillos, etc.), grúas; equipo que sin él sería imposible terminar el proceso de fabricación.

Actualmente la tendencia de cualquier empresa es integrarse a la globalización, antes que nada se debe tomar en cuenta que el trabajo que se está realizando se debe continuar con la misma calidad con la que se está trabajando o en todo caso mejorar dicha calidad, para ello se requiere que la empresa sea innovadora y vanguardista. Para lograr que la calidad de los productos realizados sea la óptima en su género, se necesita de un sistema o programa que aporte confianza de la calidad del producto.

Es aquí donde nace la necesidad de crear un programa de mantenimiento preventivo, con la finalidad de mantener los equipos en óptimas condiciones, así como mejorar el desempeño de los equipos e instalaciones para el cual fueron diseñados, como también aumentar su vida útil. Además con dicho programa se garantizará que la empresa pueda ser competitiva a todo nivel, por medio de la disminución de las fallas repentinas en los equipos, los tiempos perdidos en los paros imprevistos y por accidentes dentro de la empresa a causa de máquinas en mal estado.

El programa de mantenimiento preventivo deberá seguir ciertos lineamientos: revisiones periódicas, visitas programadas, manuales, etc., con el propósito primordial asegurar la calidad del producto.

En el presente trabajo de graduación se determinará el mejor camino para mantener en buenas condiciones los equipos utilizados en la empresa Fundidora Bernal,S.A. , para que la producción cumpla con los objetivos establecidos, para ello se deberá conocer primero la actividad a la que se dedica dicha empresa, el equipo con el que cuenta la empresa, la importancia del mantenimiento preventivo y luego la aplicación en dicha empresa. Se propondrá un procedimiento general o ruta de mantenimiento en base a experiencias y manuales, el objetivo de este estudio no termina allí, sino también se despertará el interés por que se cumpla y se mejore dicho programa de mantenimiento preventivo para asegurar la correcta operación de los equipos, así también se definirá la importancia de la lubricación dentro de una empresa, su necesidad dentro de un programa de mantenimiento y finalmente se propondrá un programa de lubricación basado en los equipos con los que cuenta la fundidora.

CONCLUSIONES

1. La empresa ha utilizado el mantenimiento correctivo para operar su maquinaria y equipo, ya que no conocía la importancia del mantenimiento preventivo, es necesario crear el programa de mantenimiento preventivo para aplicar la guía establecida en este trabajo de graduación.
2. Debido a la inexistencia de un programada de mantenimiento preventivo, la fundidora actualmente repara las máquinas cuando fallan, lo que involucra un atraso en la producción, aunado a este atraso, la fundidora no cuenta con un stock mínimo de repuestos básicos.
3. La fundidora no cuenta con ningún documento que registre cual fue la última pieza o parte reemplazada de alguna máquina o equipo auxiliar, o sea, no posee registro de ninguna actividad de mantenimiento.
4. Un buen servicio de mantenimiento debiera tener una parte del tiempo ocioso del trabajador o bien su involucramiento en tareas de planeamiento del mantenimiento, o en tareas de producción, con el objetivo de disminuir los costos de parada dado que el servicio debe prestarse de inmediato, especialmente sobre los equipos críticos e importantes.
5. Dentro del concepto de mantenimiento es imposible omitir la palabra confiabilidad, pues es de suma importancia, ya que es la probabilidad de que un equipo se desempeñe del modo que se había propuesto, durante un tiempo establecido, bajo condiciones específicas de operación, debido a esto, con el mantenimiento la empresa en estudio se garantizará que la probabilidad anteriormente mencionada será sumamente alta.

RECOMENDACIONES

1. El puesto de supervisor de mantenimiento es necesario crearlo, ya que en la actualidad no se cuenta con un supervisor en esta área, pero bien puede ser un trabajador del taller, así también pueden ser dos supervisores de mantenimiento, uno para cada taller o bien como en el caso anterior un trabajador de cada taller.
2. Ya que no se cuenta con el departamento de Mantenimiento, como primer paso, es aconsejable que se nombre a una persona dentro de los trabajadores para que desempeñe el cargo de supervisor de mantenimiento el cual debe poseer las siguientes cualidades: proactivo, una persona que conozca la maquinaria, que posea conocimientos de programas de mantenimiento y que sea metodista.
3. Se debe disponer de un presupuesto anual destinado a mantenimiento, sobre el que frecuentemente se echa mano para destinarlo a otros gastos considerados como prioritarios. Como consecuencia, las partidas destinadas al mantenimiento no alcanzan para alimentar un sistema de producción de una organización en marcha y que aspire a convertirse en un productor de clase mundial.
4. La importancia del supervisor radica en el hecho que debe velar porque se cumpla el programa de mantenimiento a cabalidad, así también ordenará, supervisará y aprobará trabajos realizados en la maquinaria.
5. La importancia de un stock de repuestos dentro de la empresa con un programa de mantenimiento preventivo acorde, hará que los repuestos sean utilizados no cuando la máquina falle sino cuando se realice el mantenimiento programado.

6. Hay repuestos básicos con los que se debe contar dentro del taller de herramientas, como lo son: fajas planas, fajas trapezoidales, cojinetes cónicos, cojinetes de bolas, etc; dentro de la herramienta, se necesita toda la herramienta básica para montar y desmontar las piezas dañadas, grasa, aceite lubricante, polipastos, etc. Para el sistema eléctrico se necesita básicamente, fusibles y cable eléctrico de repuesto para las grúas.

7. Es necesario que la documentación referente al mantenimiento preventivo sea clara y breve, para que no aparezca ningún tipo de burocracia administrativa.

8. Implementar el programa propuesto de mantenimiento preventivo dentro de la fundidora, ya que minimizará los tiempos muertos, aumentará la vida útil de los equipos, asegurará un ambiente sano y seguro de trabajo, aplicándolo adecuadamente y eficientemente ahorrará dinero y por ende aumentará las ganancias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Procesos de Manufactura 1 y 2.** www.analitica.com.mx (2002)

BIBLIOGRAFÍA

1. Benítez de León, Guillermo Alberto. Implementación de un programa de mantenimiento a una fábrica de ruedas abrasivas. Tesis Ing. Mec. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1981. 53 páginas
2. Groover, Mikell P. **Fundamentos de manufactura moderna**. México: Editorial Prentice-Hall, 1997. 1077 páginas.
3. Hoffman, Edward G. **Trabajos de banco y metalurgia práctica**. México: Editorial Limusa , 1986. 200 páginas.
4. Meza Yela, Ramón Rafael. Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo aplicado a la industria del fibrocemento. Tesis Ing. Mec. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1980. 130 páginas.
5. Smith, William F. **Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales**. 3ª ed. España: Editorial McGraw Hill, 1998. 845 páginas.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1 Generalidades del proceso de fundición

De trascendental importancia para el desarrollo y progreso de la industria, los procesos de fundición han experimentado constantes perfeccionamientos que han permitido desarrollar complejas técnicas siderúrgicas y metalúrgicas. Por medio del proceso de fundición se pueden fabricar piezas de formas y características especiales, además de esta ventaja se obtiene un costo de fabricación menor en comparación al costo de compra de la pieza nueva con un fabricante específico. Gracias a la versatilidad y a la amplia gama de aplicaciones que tiene la fundición, se pueden obtener piezas de diversas formas geométricas, aleaciones y propiedades mecánicas especiales.

1.2 Definición de fundición

Por fundición se entiende el conjunto de operaciones que permiten dar forma a los materiales metálicos mediante su fusión, su colado sobre un molde apropiado y la posterior solidificación en el interior de tal molde. Las fases que se distinguen en el proceso son las operaciones de fusión, las de moldeo, desmoldeo y las de acabado. Con anterioridad a la fusión del metal ha de prepararse el molde. Se trata de un elemento al que se ha dotado de la forma apropiada para alojar el metal fundido y conseguir una pieza tras la solidificación cuyas dimensiones sean las requeridas.

Los materiales con los que se procede a la colada, han de tener un bajo punto de fusión. En consecuencia, la temperatura a la cual pasan del estado sólido al líquido no debe ser muy elevada, a fin de reducir los costos de fabricación de los

equipos. Las sucesivas fases del proceso son el desmoldeado de piezas, cuando el metal ya se ha solidificado y enfriado en el interior del molde, y el desbarbado.

Los procesos de fundición de metal se dividen en dos categorías de acuerdo al tipo de molde:

1. Moldes no permanentes o desechables
2. Moldes permanentes

En las operaciones de fundición con moldes desechables, éste se destruye para remover la pieza fundida. Como se requiere un nuevo molde para cada nueva fundición, las velocidades de producción en procesos de molde desechable son limitadas, más a causa del tiempo que se requiere para hacer el molde, que al tiempo para hacer la fundición.

En los procesos de moldeo permanente, el molde se fabrica con metal (u otro material durable) que permita usarlos en repetidas operaciones de fundición. En consecuencia, estos procesos tienen una ventaja natural para mayores velocidades de producción.

1.2.1. Tipos de fundición

Teniendo conocimiento del proceso de fundición, se menciona a continuación los tipos de fundición utilizados en la actualidad:

1. Fundición con poliestireno expandido
2. Fundición por revestimiento
3. Fundición en dados
4. Fundición centrífuga
5. Fundición en arena

El proceso de fundición con poliestireno expandido utiliza un molde de arena compactado alrededor de un patrón de espuma de poliestireno que se vaporiza al vaciar el metal fundido dentro del molde, incluye un bebedero de colada.

El sistema de vaciado y las mazarotas, y también puede contener corazones. El proceso de fundición con poliestireno expandido se ha aplicado para fundiciones de motores de automóvil producidos en masa.

La fundición por revestimiento, el modelo es hecho de cera, se recubre con material refractario para fabricar el molde, después de esto, la cera se funde y se evacúa antes de vaciar el metal fundido. Este proceso permite la fundición de piezas de alta precisión e intrincados detalles. Entre las ventajas de la fundición por revestimiento están: capacidad para fundir piezas complejas e intrincadas; estrecho control dimensional (bajas tolerancias), buen acabado superficial, se puede recuperar la cera para reutilizarla, por lo general no requiere maquinado adicional.

La fundición por dados es un proceso de fundición en molde permanente en el cual se inyecta el metal fundido en la cavidad del molde a alta presión. Las presiones típicas son de mil a 5000 psi. La presión se mantiene durante la solidificación; posteriormente, el molde se abre para remover la pieza. Los moldes en la operación de fundición se llaman dados, de aquí el nombre de fundición en dados. El uso de la alta presión para forzar al metal dentro de la cavidad del dado es la característica más importante que caracteriza a este proceso de otros en la gama de molde permanente. Existen dos tipos de máquinas que realizan la fundición en dados: de cámara caliente y de cámara fría

En las máquinas de cámara caliente, el metal se funde en un recipiente adherido a la máquina y se inyecta en el dado usando un embolo de alta presión, dichas presiones de inyección son del orden de 1000 a 5000 psi. En las máquinas de cámara fría, el metal fundido procedente de un contenedor externo para colar, se vacía en una cámara sin calentar y se usa un pistón para inyectar el metal a la alta presión en la cavidad del dado, las presiones de inyección usadas en estas máquinas

van de 2000 a 20000 psi. Las ventajas de la fundición en dados son: alta velocidad de producción, economía para volúmenes grandes de producción, son posibles tolerancias estrechas, son posibles secciones estrechas, enfriamiento rápido.

Por otra parte, la fundición centrífuga se refiere a varios métodos de fundición caracterizados por utilizar un molde que gira a alta velocidad para que la fuerza centrífuga distribuya el metal fundido en las regiones exteriores de la cavidad del dado. Existen tres fundiciones de este tipo: fundición centrífuga real, fundición semicentrífuga y fundición centrifugada.

La fundición centrifuga real se caracteriza por que el metal fundido se vacía en un molde que esta girando para producir una parte tubular; por ejemplo, con esta fundición se fabrican tubos, caños, manguitos, anillos. La rotación del molde empieza en algunos casos después del vaciado, la alta velocidad genera fuerzas centrífugas que impulsan al metal a tomar la forma de la cavidad del molde. Por lo tanto, la forma exterior de la fundición puede ser redonda, octagonal, hexagonal, etc. Sin embargo, la forma interior de la fundición es perfectamente redonda.

Como se hizo mención anteriormente, existe también la fundición semicentrífuga en la cual se usa la fuerza centrífuga para producir fundiciones sólidas en lugar de tubulares, la densidad del metal en la fundición final es más grande en el sección externa que en la sección interna, por lo que esta fundición es ideal para aquellas piezas en las que se elimina el centro mediante maquinado; por ejemplo, los volantes y las poleas. Ahora bien, en la fundición centrifugada el molde se diseña con cavidades parciales localizadas lejos del eje de rotación, de manera que la fuerza centrífuga distribuya la colada del metal entre estas cavidades. El proceso se usa para partes pequeñas, la simetría radial de la parte no es un requerimiento como en los otros dos métodos de fundición centrífuga.

Ahora centraremos nuestra atención, en la fundición importante para este trabajo de graduación, pues la empresa en estudio se dedica a la fundición de piezas de hierro fundido, para lo cual la fundición en moldes de arena es la más adecuada.

La fundición en arena es el proceso más utilizado, la producción por medio de este método representa la mayor parte del tonelaje total de fundición, además casi todas las aleaciones pueden fundirse en arena; de hecho, es uno de los procesos que pueden usarse para metales con altas temperaturas de fusión, como son el acero, níquel y el titanio. Su versatilidad permite fundir piezas muy pequeñas o de grandes dimensiones y en cantidades de producción que van desde una pieza a millones de éstas.

Posteriormente la fundición pasa por un proceso de limpieza e inspección, pero en ocasiones requiere un tratamiento térmico para mejorar sus propiedades metalúrgicas. Se le da la forma a la cavidad del molde de arena recubriendo con arena un molde duplicado aproximado de la parte que se va a fundir, después se remueve el molde para separar el molde en dos mitades, el molde contiene el sistema de vaciado y de mazarota, pero si la fundición tiene superficies internas o sea agujeros debe incluirse también un corazón. Como el molde se destruye para remover la fundición, se tiene que hacer un nuevo molde de arena por cada parte a producir. Como se dijo anteriormente, la fundición de arena requiere de un molde al tamaño natural de la parte, ligeramente agrandado debido a la contracción del metal al enfriarse y también debido a las tolerancias de la fundición final, para la fabricación de estos moldes se utilizan materiales comunes para modelos, por ejemplo la madera, los plásticos y los metales. La madera es el material común, por la facilidad de trabajarla y darle forma, su desventaja es la tendencia a la torsión y al desgaste por la abrasión de la arena que se compacta a su alrededor, lo cual limita el número de veces que se puede utilizar dicho molde. Por su parte, los modelos de metal son más costosos pero duran más. Los plásticos representan un término medio entre la madera y los metales. El proceso de fundición en moldes de arena consiste en vaciar un metal fundido en un molde de arena, dejarlo solidificar y romper después el molde para remover la pieza fundida.

Hay varios tipos de modelos, el más simple esta hecho de una pieza, llamado molde sólido, que tiene la misma forma de la pieza y los ajustes en tamaño por contracción y maquinado. Su manufactura es fácil, pero la complicación surge

cuando se utiliza para hacer el molde de arena. Determinar la localización del plano de separación entre las dos mitades del molde e incorporar el sistema de vaciado y el vertedero de colada para un modelo sólido, puede ser un problema que se dejará al juicio y habilidad del operario del taller de fundición , debido a esto los modelos sólidos se usan solamente en producciones de muy baja cantidad. Los modelos divididos constan de dos piezas que separan el modelo a lo largo de un plano, dicho plano coincide con el plano de separación del molde. Los modelos divididos son apropiados para partes de forma compleja y cantidades moderadas de producción. El plano de separación del molde queda predeterminado por las dos mitades del molde, más que por el juicio del operador.

Para altos volúmenes de producción se emplean los modelos con placa de acoplamiento o los modelos de doble placa. Los agujeros de la placa permiten una alineación precisa entre la parte superior y el fondo del molde, los modelos con doble placa de acoplamiento son similares a los patrones con una placa, excepto que las mitades del patrón dividido se pegan a placas separadas, de manera que las secciones de la parte superior e inferior del molde se puedan fabricar independientemente, en lugar de usar la misma herramienta para ambas. Los moldes definen la forma externa de la fundición, si posee superficies internas se necesita un corazón para definir las. El corazón por lo general se hace de arena compactada, además el tamaño del corazón debe incluir las tolerancias para contracción y maquinado lo mismo que el molde.

Conociendo los tipos de modelos que tenemos, se definirá los componentes de los moldes, la arena de fundición es sílice (SiO_2) o sílice mezclada con otros minerales. Esta arena debe tener buenas propiedades refractarias, expresadas como la capacidad de resistir altas temperaturas sin fundirse o degradarse, buen tamaño de grano (granos pequeños pues proporcionan mejor acabado superficial) , los granos grandes son más permeables, para que los gases escapen durante el vaciado.

En la fabricación del molde, los granos de arena se aglutinan por medio de una mezcla de agua y arcilla. La proporción típica (en volumen) es 90% de arena, 3%

de agua y 7% de arcilla. Se pueden usar otros agentes aglutinantes en lugar de la arcilla, como resinas orgánicas y aglutinantes inorgánicos por ejemplo, silicato y fosfato de sodio. Algunas veces se añaden a la mezcla de arena y aglutinante ciertos aditivos para mejorar las propiedades como resistencia y permeabilidad del molde.

En el método tradicional para formar la cavidad del molde se compacta la arena de moldeo alrededor del modelo en la parte superior e inferior de un recipiente llamado caja de moldeo. El proceso de formación de molde, se realiza apisonando a mano la arena o bien apisonando la arena con un máquina compactadora.

Se usan varios indicadores para determinar la calidad de la arena para el molde: Resistencia, que es la capacidad del molde para mantener su forma y soportar la erosión causada por el flujo del metal líquido, depende del tamaño del grano, cualidades adhesivas del aglutinante; Permeabilidad, capacidad del molde para permitir que el aire caliente y los gases de fundición pasen a través de los poros de la arena; Estabilidad Térmica, capacidad de la arena en la superficie de la cavidad del molde para resistir el agrietamiento y el encorvamiento en contacto con el metal fundido; Retractibilidad, es la capacidad del molde para dejar que la fundición se contraiga sin grietas; reutilización.

Los moldes de arena se clasifican frecuentemente como arena verde, arena seca o de capa seca. Los moldes de arena verde se hacen de una mezcla de arena, arcilla y agua, el término “verde” se refiere al hecho de que el molde contiene humedad al momento del vaciado. Los moldes de arena verde tienen suficiente resistencia en la mayoría de sus aplicaciones, así como buena retractsibilidad, permeabilidad y reutilización, también son los menos costosos. Por consiguiente, son los más ampliamente usados, aunque también tienen sus desventajas, la humedad en la arena puede causar defectos en algunas fundiciones, dependiendo del metal y de la forma geométrica de la pieza. Un molde de arena seca se fabrica con aglomerantes orgánicos en lugar de arcilla. En los moldes de capa seca, la superficie de la cavidad de un molde de arena verde se seca a una profundidad entre 0.5 y 1 pulgada, usando

sopletes, lámparas de calentamiento u otros medios, aprovechando parcialmente las ventajas del molde de arena seca.

1.3 Servicios que presta la fundidora

La empresa Fundidora Bernal, S.A., esta ubicada en el departamento de Escuintla cuenta con más de 20 años de experiencia en el campo de la fundición de hierro fundido, debido a su ubicación la mayor parte de sus servicios son prestados a la industria azucarera del país, así como también a la industria cafetalera, de telecomunicaciones y a empresas particulares. A la industria azucarera le trabaja con la fundición de mazas de hierro fundido para los molinos de los ingenios azucareros, poleas, carcazas, anillos, bridas, cajas para chumaceras, diversos elementos de máquinas, etc., dichas piezas forman parte de la diversidad de elementos que son esenciales en el proceso de los ingenios azucareros; además de brindar el servicio de fundición de hierro fundido también ofrece la fundición de Aluminio y Bronce.

1.4 Breve descripción del proceso de fundición

El proceso de fundición de hierro fundido comienza con la materia prima que se utilizará para todo el proceso, la cual proviene de chatarra de hierro gris, dicha chatarra se obtiene mediante la compra de blocks de vehículos, mazas ya utilizadas en los ingenios azucareros, tubería, cuchillas y peines de ingenios, motores de barco, carcasa de bombas, etc., todo compuesto esencialmente de hierro gris, luego se quiebra la chatarra por medio de la pera, para obtener pedazos de hierro gris más pequeños y de una forma establecida.

Para empezar se agrega leña y carbón mineral durante un tiempo de aproximadamente 4 horas hasta alcanzar una temperatura de 1600 °C ; al alcanzar esta temperatura se da inicio a la fundición dejando caer por la parte superior del

horno, hierro, carbón coque, piedra caliza (agente que elimina las impurezas del hierro) y ferrocabo (compuesto de hierro y carbono que agrega la propiedad de resistencia y dureza a el hierro líquido de manera homogénea) , algo muy importante es que siempre durante la fundición se debe estar alimentando el horno con carbón mineral para que la temperatura en el horno no descienda, así como la utilización de los ventiladores centrífugos que tienen instalados de forma lateral en la parte inferior del horno de cubilote para el mismo fin.

La piedra caliza reacciona con la ceniza del carbón mineral y otras impurezas para formar la escoria, entonces por el principio de diferencia de densidades, la escoria sube a la superficie del canal de sangrado y es allí donde se elimina del metal líquido. El horno se sangra periódicamente para suministrar el metal líquido listo para el vaciado, dicho metal líquido es depositado en una olla especial de material refractario, la cual sirve para vaciar el metal líquido en la caja donde se encuentra el molde ya fabricado, el cual cumple con las dimensiones y tolerancias de la pieza a realizar.

El enfriamiento de las piezas fundidas esta comprendido entre 5 – 48 horas dependiendo de las dimensiones de la pieza, o sea 5 horas para lingotes y piezas ligeras y 48 horas máximo para cilindros de mazas para ingenios. Después de que la pieza ya se ha enfriado se procede a retirar la caja en cuyo interior esta alojada la pieza fundida, eliminando la arena incrustada, coladas, rebabas que aparecen a la hora de vaciar el metal líquido. El último paso que queda es maquinar la pieza en el taller de máquinas y herramientas, dándole allí las dimensiones requeridas por el cliente.

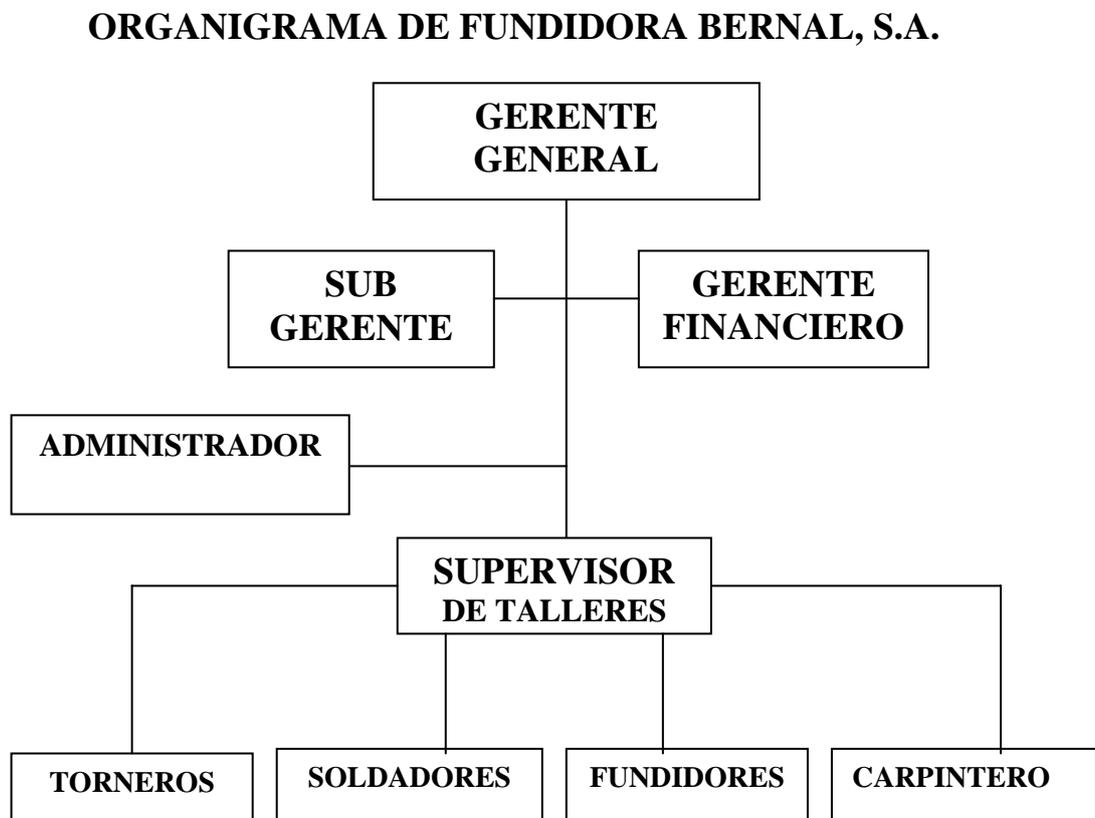
En el caso especial de las mazas para molinos de los ingenios, luego de que la maza se ha enfriado, se limpia (consiste en retirar el corazón que da forma a la parte cilíndrica de la maza en el interior) y luego se calibra (se da la dimensión) el diámetro interior con la finalidad de que al momento de enflechar (colocar el cilindro de la maza en el eje) , el cilindro ajuste de la mejor forma posible, dicha actividad se realiza calentando la maza entre 800 – 900°C por medio de diesel y gas propano

durante 6 horas, el siguiente paso es cortar la maza a la longitud especificada por el cliente para posteriormente cilindrar la maza y finalmente rayar la maza de acuerdo al paso y a los grados solicitados por el ingenio, en general darle a la pieza la forma y especificaciones establecidas por el cliente.

1.5 Áreas que componen la Fundidora Bernal, S.A.

La empresa esta formada por 3 módulos de instalaciones, los cuales contienen las jefaturas mas importantes dentro de la dirección de la empresa, estas son: Oficinas Administrativas, Taller de Fundición, Taller de máquinas y herramientas. La empresa esta organizada de la siguiente forma:

Figura 1. Organigrama de la Fundidora Bernal, S.A.

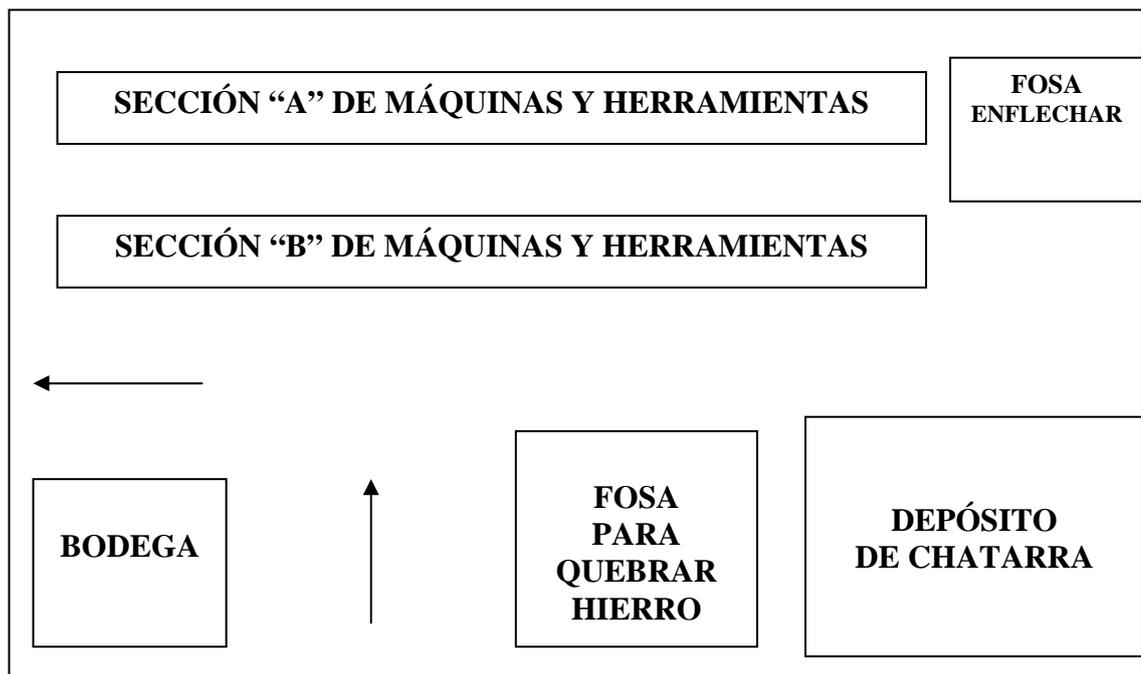


1.5.1 Taller de máquinas y herramientas

En el taller de máquinas y herramientas están ubicados los tornos, los cepillos, las calibradoras, los barrenos, la Fosa donde se quiebra el hierro por medio de la pera, las grúas y el depósito de chatarra. La función de este taller es maniobrar las piezas fundidas para maquinas, dándole las dimensiones, ajustes y acabado final, aquí también es donde se lleva a cabo el procedimiento de enflechar las mazas para los molinos de los ingenios.

Figura 2. Esquema de la distribución del taller de máquinas y Herramientas.

DISTRIBUCIÓN DEL TALLER DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS



En la sección "A" están ubicados el Torno 4, Barreno de Banco 1 y 2, Calibradora 1, Cepillo limador 2, Torno 5, Calibradora 2, Torno 6, Calibradora 3 y

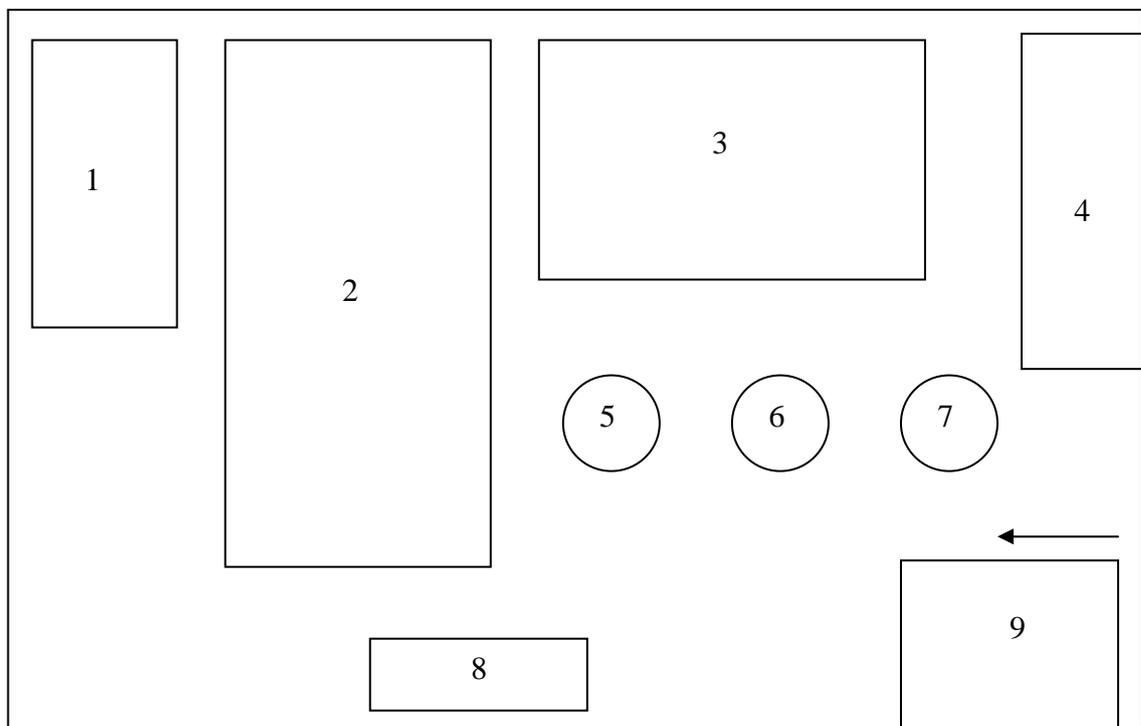
Calibradora 4. En la sección “B” están ubicados el Cepillo de codo 1, Calibradora 5, Torno 1, Torno 2, Calibradora 6, Torno 3 y Barreno de Banco 3.

1.5.2 Taller de fundición

El taller de fundición tiene la función de proporcionar todo el equipo necesario para la transformación de la chatarra de hierro gris o sea la materia prima en metal líquido, para su posterior vaciado en los moldes de arena, el Taller de fundición cuenta con: carpintería (de donde se obtienen los modelos), depósito de arena, 2 hornos de cubilote principales, 1 horno de cubilote auxiliar, compresor, sección de vaciado, sección de enfriamiento, grúas y un tapanco (lugar donde se almacena temporalmente el hierro gris antes de cargar o alimentar el horno).

Figura 3. Esquema de la distribución del taller de fundición.

DISTRIBUCIÓN DEL TALLER DE FUNDICIÓN



Dicha distribución obedece de la siguiente manera:

1. Carpintería
2. Área de Enfriamiento y eliminación de caja de moldeo
3. Área de Vaciado
4. Depósito de Arena y ubicación de mezcladoras
5. Horno de Cubilote 1
6. Horno de Cubilote Auxiliar
7. Horno de Cubilote 2
8. Compresor
9. Bodega

Además cuenta con un tapanco, y dos grúas ubicadas en sentido longitudinal para maniobrar la olla de metal líquido así como para maniobrar los moldes ya sólidos para ser desalojados de las cajas de moldeo, entre otros usos.

Esta es la empresa Fundidora Bernal, S.A. , la cual no cuenta actualmente con ningún programa de mantenimiento preventivo, el presente trabajo de graduación pretende concientizar a los dueños así como a los empleados la importancia de contar con un programa de mantenimiento preventivo, y ¿Por qué no? aplicar el que se propone en este trabajo de graduación se establece.

2. INVENTARIO DE EQUIPO

2.1 Inventario de los equipos de la fundidora

La Fundidora para prestar sus servicios está compuesta por tres módulos los cuales comprenden el área administrativa, el taller de máquinas y herramientas y el taller de fundición. Para entrar en detalle acerca de los equipos utilizados, se hará un inventario de maquinaria en general. Con ello se comprenderá aún mejor el proceso ya descrito y también servirá para establecer la ruta de mantenimiento.

El taller de máquinas y herramientas está compuesto por los siguientes equipos:

- 6 Tornos horizontales
- 2 Barrenos de pedestal
- 1 Barreno radial
- 1 Cepillo de mesa
- 1 Cepillo de codo
- 1 Grúa con capacidad de 25 toneladas
- 1 Grúa con capacidad de 15 toneladas
- 2 Grúas con capacidad de 5 toneladas
- 3 Ventiladores
- 2 Hornos de cubilote (2½ toneladas c/u)
- 1 Honro de cubilote auxiliar (1 tonelada)
- 1 Horno de crisol
- 4 Calibradoras
- 4 Mezcladoras
- 4 Equipos para soldadura eléctrica

2 Equipos para soldadura oxiacetilénica
1 Compresor
6 Pulidoras
2 Esmeriles
1 Pera
Equipo de carpintería.

2.2 Descripción de los equipos

Antes de establecer cualquier programa de mantenimiento es primordial conocer la maquinaria o equipos a los cuales se les aplicará el programa de mantenimiento, con esto se mencionará las partes principales de cada máquina, su uso general y la función que desarrolla dentro del proceso de fundición y el proceso de maquinado.

2.2.1 Torno

El torno se utiliza para torneear, refrentar y perforar piezas de trabajo cilíndricas. También se puede efectuar taladrado, escariado, machuelado, moleteado, esmerilado, fresado, roscado y biselado. Se clasifican por su mecanismo de impulsión, de avance y capacidad de producción. El torno tiene 5 componentes. Las partes principales del torno son el cabezal principal, bancada, contrapunta, carro y unidad de avance. El cabezal principal contiene los engranes, poleas lo cual impulsan la pieza de trabajo y las unidades de avance. El cabezal, incluye el motor, husillo, selector de velocidad, selector de unidad de avance y selector de sentido de avance. Además sirve para soporte y rotación de la pieza de trabajo que se soporta el husillo. La bancada sirve de soporte para las otras unidades del torno.

La contrapunta puede moverse y fijarse en diversas posiciones a lo largo, La función primaria es servir de apoyo al borde externo de la pieza de trabajo. El carro consta del tablero delantero, portaherramienta, mecanismo de avance, mecanismo para roscar, soporte combinado y los sujetadores para la herramienta de corte. La aplicación de la potencia para avance se obtiene al acoplar el embrague para el avance seleccionado. El carro auxiliar puede girarse a diversos ángulos y las herramientas de corte se montan en el portaherramientas. El avance manual para el carro auxiliar compuesto se obtiene con el volante de avance.

Descripción de las partes del torno

Cabezal. Cavidad fijada al extremo de la bancada por medio de tornillos o bridas o formando parte de la misma. En ella va alojado el eje principal. En su interior van alojados los diferentes mecanismos de velocidad avances roscados...etc. por medio de los mandos adecuados desde el exterior. Los sistemas más utilizados son los engranajes.

Inversor. Se utiliza cuando estas trabajando y quieres hacer una función de avance automático o roscado y quieres seleccionar el sentido de dicho trabajo, tanto si es transversalmente como longitudinalmente. Con lo cual en transversalmente será para delante o detrás y longitudinalmente hacia la izquierda o la derecha.

Caja de avances. El mecanismo de avance hace posible el avance automático y regula su magnitud. Como el cambio de ruedas en la lira resulta una operación lenta y engorrosa, la mayoría de tornos tiene en la parte anterior una bancada, una caja de cambios, mas o menos compleja, para obtener diversas velocidades a su salida, sin cambiar las ruedas de recambio. Uno de los mecanismos que más utilizamos es el método Norton.

Bancada. Es el Zócalo de fundición soportado por uno o más pies que sirve de apoyo y guía para las demás partes del torno. Normalmente es: fundición gris perlítica dura y frágil capaz de soportar las fuerzas que se originan durante el trabajo sin experimentar deformaciones apreciables que pudieran falsear la medidas de las piezas mecanizadas.

Eje de roscar. Su finalidad es accionar el avance longitudinal automático del carro, únicamente en el caso de tallado de roscas y cuando se trata de otro tipo de trabajos (por ejemplo, la construcción de muelles) que requieran un avance exacto)

Eje de cilindrar. Tiene por objeto transmitir el movimiento desde la caja de avances al carro para efectuar las operaciones de cilindrado y refrentado. El avance de cilindrado es siempre menor que el del roscado, pero van relacionados entre si.

Contracabezal y contrapunto. El contracabezal con el cabezal fijo es el segundo soporte de la pieza cuando se trabaja entre puntos. Se desliza sobre la bancada; el eje de simetría del manguito o caña debe estar rigurosamente a la misma altura que el eje del cabezal y en línea con el. Se utiliza también para soportar útiles tales como porta brocas...etc. otras funciones son: taladrar, escariar, roscar.

Eje del contracabezal. Puede moverse transversalmente sobre la primera mediante uno o dos tornillos puede fijarse en cualquier punto mediante una tuerca. Tiene un agujero en el interior donde permite el bloqueo de la caña, cuyo final acaba en cono morse para alojar el punto.

Carro principal. Consta de dos partes, una de las cuales se desliza sobre las guías de la bancada y la otra, llamada delantal, está atornillada a la primera y se desliza por la parte anterior de la bancada. Unas protecciones provistas de hendiduras, en los extremos anterior y posterior del carro, que sirven de alojamiento a unos filtros,

tienen por finalidad que penetren las virutas y suciedad entre la superficie de desplazamiento y las guías.

Carro transversal. El carro transversal se desplaza sobre el cuerpo del carro principal siguiendo al eje de rotación del carro principal. En la parte superior lleva una ranura circular en forma de T que sirve para alojar las cabezas de los tornillos que servirán para el carro portaherramientas. Se puede desplazar a mano o automáticamente.

Carro portaherramienta. El carro orientable, llamado también carro portaherramientas esta apoyado en el carro transversal en una plataforma giratoria que puede girar sobre un eje central y fijarse en cualquier posición al carro transversal por medio de cuatro tornillos.

Plataforma giratoria. Fijada al carro transversal graduada y movilidad absoluta aflojando diversos tornillos sirve para hacer conicidad e inclinaciones.

Portaherramientas. El carro orientable esta provisto de un eje fijo sobre el que puede girar una torreta cuadrada que permite fijar cuatro útiles a la vez y presentarlos en el momento preciso sobre la pieza. Para cambiar de útil solo es necesario aflojar la tuerca central y girar luego se aprieta otra vez para estar listo

Puente y escote. En algunos tornos se puede trabajar piezas de gran diámetro y poca longitud mediante el escote, o sea que se puede quitar el escote y se forma el puente.

Punto. Es el punto céntrico de la pieza que vamos a mecanizar cuando ya esta sujeta la pieza, ya sean piezas excéntricas como céntricas.

Plato. Pieza normalmente metálica sujeta al eje principal donde se alberga y fija la pieza que nos disponemos a mecanizar. Hay diferentes tipos de platos como el plano, 3 garras, 4 garras, etc.

Eje principal. Es el mecanismo que más esfuerzos soporta mientras se esta mecanizando, ya que esta sujeto a esfuerzos de torsión y axiales. Se fabrica de acero tratado al cromoniquel, debe de ser robusto y estar perfectamente guiado por casquillos o rodamientos para que no haya desviaciones, la barra suele estar hueca. En la punta exterior tiene que llevar un sistema para la sujeción del plato. En el proceso de fundición el torno se utiliza hasta en el momento de maquinar la pieza fundida, es decir darle las dimensiones correctas y las tolerancias, en el caso específico de las mazas de los ingenios, el torno se usa para elaborar el rayado particular de cada masa con su respectivo ángulo.

La capacidad del torno se designa por el diámetro máximo de la pieza que puede girarse y la longitud máxima de la pieza que puede tornarse entre centros. Los tornos en el taller son accionados por medio de motores eléctricos individuales los motores van desde capacidades de 10 hasta 30 hp distribuidos en la siguiente tabla.

En el caso de la Fundidora Bernal, cuenta con seis tornos horizontales, los cuales son de alta capacidad debido a las características antes mencionadas, dichos tornos tienen las siguientes marcas:

Tabla I . Características de los tornos del taller de máquinas y herramientas.

TORNO	CAPACIDAD DEL MOTOR	DIÁMETRO DE VOLTEO	MARCA
1	20 hp	42"	Strong Carlise
2	15 hp	30"	Smith-Booth
3	15 hp	36"	Smith-Booth
4	20 hp	54"	Niles
5	10 hp	16"	Porter-Mcleod
6	30 hp	72"	Bement & Miles

2.2.2 Taladro

Las máquinas taladradoras y perforadoras se utilizan para abrir orificios, para modificarlos o para adaptarlos a una medida o para rectificar o esmerilar un orificio a fin de conseguir una medida precisa o una superficie lisa.

Hay taladradoras de distintos tamaños y funciones, desde taladradoras portátiles a radiales, pasando por taladradoras de varios cabezales, máquinas automáticas o máquinas de perforación de gran longitud.

El taladro radial es el más grande de los taladros utilizados en el taller, tiene un brazo y una columna con una cabeza móvil de taladro montada en el brazo. Este diseño permite que el husillo de la máquina se posicione adecuadamente, en tanto que la pieza de trabajo permanece sin cambiar de posición. En los otros tipos de taladros como el de pedestal se emplea el proceso opuesto, es decir, el husillo de la máquina no se mueve y la pieza de trabajo es la que se posiciona adecuadamente.

El tamaño del taladro radial está determinado por lo general en función del largo del brazo. Los taladros radiales están comúnmente dentro de una escala de tres a 10 pies. En el caso del taller de máquinas y herramientas de la Fundidora Bernal, el brazo del taladro radial es de 8 pies de largo.

La perforación implica el aumento de la anchura de un orificio ya taladrado. Esto se hace con un útil de corte giratorio con una sola punta, colocado en una barra y dirigido contra una pieza fija. Entre las máquinas perforadoras se encuentran las perforadoras de calibre y las fresas de perforación horizontal y vertical.

Los taladros con que cuenta el taller de máquinas y herramientas de la Fundidora Bernal, son de las siguientes marcas:

- American Hamilton Mc. (taladro 1)
- Bosch (taladros de pedestal)

Su utilización al igual que los tornos es en el maquinado de la pieza, su aplicación dentro de las piezas es esporádico debido a que depende en gran medida del requerimiento de la pieza ha maquinar.

2.2.3 Grúa

En la Fundidora Bernal, se cuenta con cuatro grúas puente de diferentes capacidades, dos grúas en el taller de máquinas y herramientas y dos grúas en el taller de fundición. Las grúas puente están formadas por un pescante horizontal cuyos extremos se desplazan sobre raíles o rieles perpendiculares al pescante. El torno de izado se desliza en sentido longitudinal por el pescante mediante un carro. Las grúas puente normales se desplazan sobre raíles o rieles elevados. El uso de las grúas es el más común que se le puede dar a un equipo como este, el cual consiste en maniobrar las piezas fundidas del taller de fundición al taller de máquinas y herramientas, transportar las piezas ya terminadas, transportar la chatarra, transportar piezas pesadas dentro de cada taller. Las capacidades de las grúas son las siguientes:

- Taller de máquinas y herramientas

1 grúa de 25 toneladas. 1 grúa de 5 toneladas

- Taller de fundición

1 grúa de 15 toneladas. 1 grúa de 5 toneladas.

Las grúas constan de tres motores eléctricos para cada movimiento, o sea hacia delante, hacia atrás y el movimiento de elevación, cuentan además con cinco cojinetes que sirven de soporte al eje que transmite el movimiento longitudinal hacia ambas direcciones.

2.2.4 Mezcladora

La mezcladora es una máquina que permite regenerar y mezclar la arena utilizada en los moldes que sirven para la fabricación de las piezas, ya que cada molde en arena está en contacto con el metal líquido por lo que la arena se compacta y se aglomera en pedazos de arena de cierta dureza, esta arena tiene una utilización máxima de dos fundiciones. Además se utiliza para mezclar la arena nueva. En la fundidora existen cuatro mezcladoras, las cuales se utilizan de la siguiente manera: una mezcladora sirve para hacer corazones mediante la mezcla de arena y químicos, las otras tres sirven únicamente para mezclar la arena ya utilizada y la arena nueva.

La mezcladora fue diseñada en el taller de fundición, su diseño simple consta de: un motor eléctrico que está conectado a una caja reductora, dos mezcladoras utilizan chumaceras de cojinetes y la otra utiliza una transmisión por poleas, seguidamente consta de una polea que está conectada a un eje conteniendo este eje una leva que brinda un movimiento alternativo a un tamiz, que permite el paso de únicamente cierto tamaño de pedazo de arena, estos pedazos caen en una aspa de acero de 20 pulgadas de radio, se utiliza el aspa de acero, pues la arena es un material muy abrasivo.

2.2.5 Pera

La pera es un cilindro de acero 705, el cual es un acero bonificado y distensionado para piezas que sufren golpe, torsión y vibración; resistente a la tracción y al desgaste. Su dureza en estado bonificado 270-310 brinell. Su peso aproximado es de 1 tonelada, su función es quebrar el hierro depositado en una fosa, la pera es elevada por medio de una grúa hasta una altura de 5 metros desde donde es lanzada para que impacte con las piezas de hierro fundido que descansan en el fondo del foso. Las piezas que ya han sido quebradas de formas uniformes alimentarán el horno de cubilote.

2.2.6 Ventilador

El ventilador es un aparato con un motor situado axialmente o con palas ventiladoras capaz de proporcionar un fuerte flujo de aire paralelo al eje del motor, este fuerte flujo puede aliviar la sensación de calor en una persona o bien aumentar una masa de aire hacia cierto punto.

Los ventiladores se utilizan dentro de la fundición para mantener una adecuada temperatura mediante la aplicación de una masa de aire constante dentro del horno, pues allí es donde se realiza la transformación del hierro fundido a metal líquido, para posteriormente vaciar el metal líquido en los moldes de arena. Las partes principales del ventilador son: hélice, eje, cojinete, motor eléctrico, fajas, poleas y la carcasa .

2.2.7 Cepillo

Los cepillos de codo son también conocidos como máquinas mortajadoras horizontales, pueden trabajar piezas de hasta 800mm de longitud y generan acabados de desbaste o de afinado.

La cepilladora para metales se creó con la finalidad de remover metal para producir superficies planas horizontales, verticales o inclinadas, donde la pieza de trabajo se sujeta a una prensa de tornillo o directamente en la mesa. Las cepilladoras tienen un sólo tipo de movimiento de su brazo o carro éste es de vaivén, mientras que los movimientos para dar la profundidad del corte y avance se dan por medio de la mesa de trabajo.

Los cepillos emplean una herramienta de corte de punta, semejante a la del torno. Ésta herramienta se fija a un portaútilies o poste, fijado a su vez a una corredera o carro, como ya se mencionó, esta tiene movimiento de vaivén, empujando la herramienta de corte de un lado a otro de la pieza.

La carrera de la corredera hacia adelante es la carrera de corte. Con la carrera de regreso, la herramienta regresa a la posición inicial.

Cuando regresa, la mesa y la pieza avanzan la cantidad deseada para el siguiente corte, es decir, un arete (carro) impulsa la herramienta de corte en ambas direcciones en un plano horizontal, con un movimiento alterno. Éste movimiento rectilíneo alternativo comprende una carrera activa de ida, durante la cual tiene lugar el arranque de viruta, la carrera de retorno pasiva en vacío.

Para el vaivén del carro se usa una corredera oscilante con un mecanismo de retorno rápido. El balancín pivotado que está conectado al carro, oscila alrededor de su pivote por un perno de cigüeñal, que describe un movimiento rotatorio unido al engranaje principal. La conexión entre el perno de cigüeñal y el balancín se hace a través de un dado que se desliza en una ranura en el balancín y está movido por el perno del cigüeñal. De ésta manera, la rotación del engranaje principal de giro mueve el perno con un movimiento circular y hace oscilar al balancín. El perno está montado sobre un tornillo acoplado al engranaje principal de giro, lo que permite cambiar su radio de rotación y de ésta forma variar la longitud del recorrido del carro portaherramienta. El recorrido hacia adelante o recorrido cortante, requiere una rotación de unos 220° del engranaje principal de giro, mientras que el recorrido de vuelta requiere solamente 140° de rotación. En consecuencia la relación de tiempos de recorrido cortante a recorrido de retorno es del orden de 1.6 a 1. Para poder usar varias velocidades de corte, existen engranajes apropiados de transmisión y una caja de cambios, similar a la transmisión de un automóvil.

Como una pieza de trabajo, grande y pesada y la mesa deben ser movidos a baja velocidad por su peso, las cepilladoras tienen varios cabezales para poder efectuar varios cortes simultáneamente por recorrido y aumentar así la productividad de la máquina. Muchas cepilladoras modernas de gran tamaño llevan dos o más herramientas por cabezal puestas de tal forma que se colocan automáticamente en posición, de tal forma que el corte se realiza en ambas direcciones del movimiento de

la mesa. Éste tipo de disposición aumenta obviamente la productividad de la cepilladora.

A pesar de que las cepilladoras se usan comúnmente para maquinar piezas de gran tamaño, también se utilizan para maquinar simultáneamente un número de partes idénticas y menores, que se pueden poner en línea sobre la mesa.

El tamaño de un cepillo está determinado por la longitud máxima de la carrera, viaje o movimiento del carro. Por ejemplo, un cepillo de 17" puede maquinar un cubo de 17".

Las herramientas de corte que se usan en los cepillos son semejantes a las que se usan en los tornos. La mayor parte de las herramientas de corte para cepillos sólo necesitan una pequeña cantidad de desahogo; por lo general de 3 a 5° para desahogo frontal y lateral. Los ángulos de inclinación laterales varían según el material que se esté maquinando. Para el acero se usa por lo general de 10 a 15°. El fierro colado necesita de 5 a 10° y el aluminio de 20 a 30° de inclinación lateral.

Los portaherramientas que usan los cepillos de codo también se asemejan a los de los tornos. Sin embargo, el agujero cuadrado por el que pasa la herramienta es paralelo a la base en los portaherramientas para cepillo. Con frecuencia se usa el portaherramientas universal o de base giratoria. En los cepillos se usan varios tipos de sujetadores de piezas. En cada tipo se necesita prensar la pieza en forma rígida. Si la pieza se mueve durante una operación, puede dañar seriamente al cepillo, o al operador.

La mayor parte de las piezas por maquinar en el cepillo se pueden sujetar en una prensa. Las barras paralelas se usan para soportar a la pieza sobre las quijadas de la prensa, en sentido paralelo a la mesa y parte inferior de la prensa. También se utilizan las bridas y los tornillos en T para fijar a las piezas o a las prensas sobre la mesa de trabajo.

El cepillado y el limado son operaciones semejantes porque en los dos casos el movimiento principal es alternativo. En el cepillo o cepilladora el movimiento

principal corresponde al desplazamiento alternativo de la mesa bajo la herramienta y el movimiento de avance lo realiza la herramienta en una dirección perpendicular al movimiento principal alternativo.

En la cepilladora se utilizan trenes de engranajes para producir los movimientos principal y de avance, la potencia requerida es suministrada por un motor eléctrico. Las cepilladoras más comunes son las de bastidor doble y la de un solo bastidor. Las piezas grandes que no caben en las máquinas de bastidor doble se mecanizan en máquinas de este tipo. La pieza puede sobresalir de la mesa pero, la parte que sobresale debe soportarse con un mecanismo que se mueve sobre su propia bancada.

Las partes principales del cepillo o cepilladora son: cabezal del carro transversal, carro transversal, cabezal lateral, bancada, mesa y pórtico. El cepillo se utiliza para hacer cortes verticales, horizontales o diagonales. También puede utilizar varios útiles a la vez para hacer varios cortes simultáneos.

Existe también en el taller un cepillo de codo, este cepillo tiene el mismo movimiento alternativo con la variación que la mesa es fija y solamente se mueve el codo que contiene el útil de corte, su utilización puede ser para hacer cuñeros y pequeños cortes.

2.2.8 Calibradora

Es una máquina que permite calibrar el diámetro interior de piezas cilíndricas, como por ejemplo, el diámetro interior de una maza antes de ser enflechada, son accionadas por medio de motores eléctricos de 7.5 kW y 1800 rpm, constan de 2 chumaceras de bronce fosforado, todas con cajas reductoras y transmisión de cadena en el caso de la 1 o bien por medio de engranajes en el caso de las 5 restantes, también tienen 2 chumaceras con cojinetes cilíndricos que soportan el eje que contiene el piñón de transmisión, además tienen un eje de hierro negro hueco, el cual

en su interior aloja un tornillo que contiene el portaútil de desbaste, el eje hueco consta además de una chumacera de bronce fosforado en su exterior que permite al buril rotar por todo el largo de la pieza, en el extremo del eje hueco, opuesto a donde está alojado el engranaje de transmisión cuenta con una estrella guía que permite llevar el control del movimiento axial de desgaste, por cada golpe de la estrella guía el portaútil avanza 1/32 de pulgada.

2.2.9 Horno

El horno que se utiliza para el proceso de fundición en la fundidora ya que es el de tipo cubilote. Un cubilote es un horno cilíndrico vertical equipado con un bebedero de sangrado cerca de su base. Aunque también se utilizan otros hornos, el mayor tonelaje de hierro fundido se procesa en cubilotes, pues estos se usan solamente para fundición de hierro. La construcción general y características de operación del cubilote se ilustran en la figura 4.

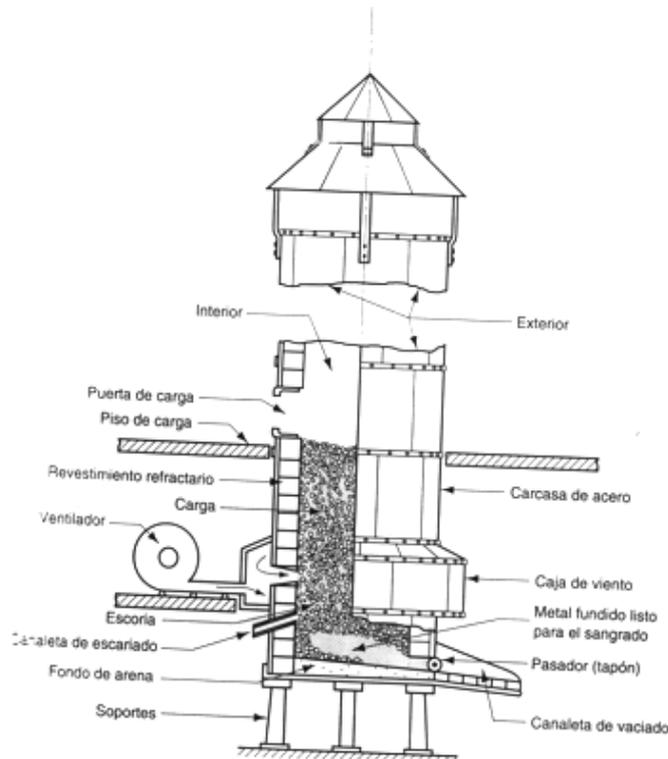
Consiste en una carcasa grande de plancha de acero revestida con refractario. La carga está constituida por hierro, coque, fundente y otros elementos de aleación que se cargan a través de una puerta localizada a la mitad de la altura total del horno. El hierro es normalmente una mezcla de arrabio y chatarra.

El coque constituye el combustible para calentar el horno. A través de las aberturas cerca del fondo de la carcasa se introduce aire forzado por medio de ventiladores para la combustión del coque.

El fundente es caliza, compuesto alcalino que reacciona con la ceniza del coque y otras impurezas para formar escoria. La escoria sirve para cubrir la fundición, protegiéndola de reaccionar con la atmósfera interior del cubilote y reduciendo las pérdidas de calor.

Cuando la mezcla se calienta, se produce la fusión del hierro, el horno se sangra periódicamente para suministrar el metal líquido listo para el vaciado en moldes.

Figura No. 4. Horno de cubilote.

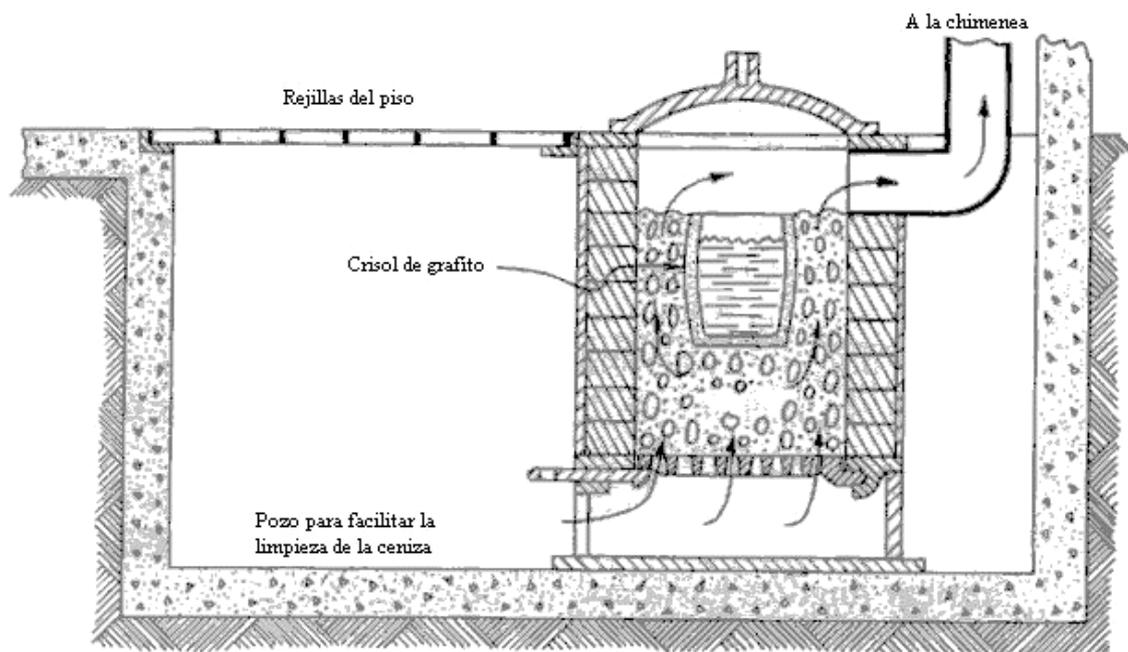


Horno de crisol

Es el horno que se utiliza para la fundición de piezas y lingotes de bronce y aluminio. Es el proceso más antiguo que existe en la fundición, también se le conoce como horno de aire. Este equipo se integra por un crisol de arcilla y grafito, los que son extremadamente frágiles, los crisoles se colocan dentro de un confinamiento que puede contener algún combustible sólido como carbón o los productos de la combustión.

Los crisoles son muy poco utilizados en la actualidad excepto para la fusión de metales no ferrosos, su capacidad fluctúa entre los 50 y 100 kg.

Figura 5. Diagrama de un horno de crisol.



Horno estacionario con coque

2.2.10 Moldes (cajas de moldeo)

Los moldes son recipientes de hierro dulce en los cuales se representará la forma y características de la pieza que se desea fundir con la ayuda de la arena sílica, los moldes son de hierro dulce debido a su adecuada conductividad térmica y relativa elasticidad que posee, los moldes tienen además aplicaciones de soldadura de electrodo 6013 y 7018.

2.3 Equipo auxiliar

Para el proceso de fundición existen también varios equipos que se llaman auxiliares, pues su utilización no requiere a menudo en comparación con los equipos antes descritos, el hecho de que este grupo de equipo sea auxiliar no quiere decir que no sea importante, pues siempre debe estar en buenas condiciones para realizar su labor cuando sea necesario.

Dentro de este equipo se encuentran:

1 Compresor

6 Amoladoras

2 Esmeriles

4 Equipos para soldadura eléctrica

2 Equipos para soldadura oxiacetilénica.

Equipo de carpintería

Compresor. Los dos compresores con que se cuenta en el taller son del tipo reciprocante de doble embolo en V o bien de dos escalonamientos, la marca de los compresores es Ingersoll-rand del tipo 30, su capacidad es de 30 litros por minuto, cuenta con un deposito cuya capacidad es de 500 litros, el compresor es accionado por un motor eléctrico de ½ hp de 1800 rpm acoplado por medio de 2 poleas y 3 fajas trapezoidales. Su función es suministrar aire a presión únicamente para limpieza de piezas y usos en general.

Amoladora. El pulido es la eliminación de metal con un disco abrasivo giratorio que trabaja como una fresadora de corte. El disco está compuesto por un gran número de granos de material abrasivo conglomerado, en que cada grano actúa como un útil de corte minúsculo. Con este proceso se consiguen superficies muy suaves y precisas.

Dado que sólo se elimina una parte pequeña del material con cada pasada del disco, las pulidoras requieren una regulación muy precisa.

La presión del disco sobre la pieza se selecciona con mucha exactitud, por lo que pueden tratarse de esta forma materiales frágiles que no pueden procesarse con otros dispositivos convencionales.

La función de la pulidora es dar el acabado a las piezas que ya no se puede trabajar en el torno, ya sea por que sean muy pequeñas o por que el trabajo que se le debe realizar a la pieza es mínimo y no amerita que sea llevada a el torno.

Esmeril. El esmeril es una máquina compuesta de un motor y una o dos ruedas abrasivas. Los esmeriles sirven para desbastar piezas pequeñas y darles el acabado final de una manera rápida, mediante una rueda abrasiva que gira a cierta velocidad.

La rueda abrasiva se llama así, debido a que el material que la compone es una sustancia que se utiliza para afilar y pulir objetos por fricción o desgaste de su superficie. Normalmente son sustancias muy duras que se aplican divididas en trozos muy pequeños. Para rebajar piezas grandes se fragmentan en trozos mayores, de manera que tengan aristas cortantes más agudas. Los abrasivos bastos producen surcos grandes en las superficies y se utilizan para dar forma a los objetos. Los abrasivos finos producen surcos pequeños y se utilizan para pulir. El abrasivo tiene que ser más duro que el objeto a tratar, aunque el rojo de hierro y otros pulimentos, que también se consideran abrasivos, son más blandos.

La mayoría de los abrasivos naturales son minerales: corindón, diamante, esmeril, granate, piedra pómez, cuarzo y arena; también se utilizan algunos tipos de barro de diatomeas. Entre los abrasivos sintéticos más antiguos destaca el rojo de hierro, el acero triturado y el cristal en polvo. Desde 1891 se utilizan algunos abrasivos sintéticos (carburos, boruros y nitruros) que son prácticamente tan duros como el diamante. De hecho, los abrasivos sintéticos de carbono presentan la misma dureza que los de diamante artificial. Entre ellos destacan el corindón sintético, el

carburo de tungsteno, el de boro y el de silicio, que se conoce con el nombre de carborundo.

Equipo para soldadura eléctrica. Los procedimientos de soldadura por arco son los más utilizados, sobre todo para soldar acero y hierro fundido, requieren el uso de corriente eléctrica. Esta corriente se utiliza para crear un arco eléctrico entre uno o varios electrodos aplicados a la pieza, lo que genera el calor suficiente para fundir el metal y crear la unión.

Es más rápida debido a la alta concentración de calor que se genera y por lo tanto produce menos distorsión en la unión. En algunos casos se utilizan electrodos fusibles, que son los metales de aportación, en forma de varillas recubiertas de fundente o desnudas; en otros casos se utiliza un electrodo refractario de wolframio y el metal de aportación se añade aparte.

En el proceso de fundición su utilización es relativamente menor en comparación con otros equipos, pues su uso recae únicamente en reparaciones dentro de las instalaciones del taller.

El equipo complementario cuenta con: careta protectora, porta-electrodo, gabacha, guantes, cepillo, martillo, máquina generadora y electrodos.

Equipo para soldadura oxiacetilénica. La soldadura por gas o con soplete utiliza el calor de la combustión de un gas o una mezcla gaseosa, que se aplica a las superficies de las piezas y a la varilla de metal de aportación. Este sistema tiene la ventaja de ser portátil ya que no necesita conectarse a la corriente eléctrica.

Según la mezcla gaseosa utilizada se distingue entre soldadura oxiacetilénica (oxígeno/acetileno) y oxihídrica (oxígeno/hidrógeno), entre otras, pero la utilizada en el taller de fundición es la oxiacetilénica, la cual al igual que el equipo de soldadura eléctrica únicamente se utiliza para labores internas en el taller, como reparaciones y también para cortar piezas en general, ya sea para ingresarlas al horno o para ser reparadas.

El equipo cuenta con: Carretilla, tanque de oxígeno, tanque de acetileno, reguladores de presión, soplete, boquillas, gafas protectoras, guantes, gabacha compás y material de aporte.

Equipo de carpintería. El equipo de carpintería se utiliza para realizar los modelos que posteriormente serán colocados en las cajas de los moldes, este equipo es importante pues de él depende la calidad del modelo a realizar. Las herramientas más comunes son la sierra, el cepillo y el formón, y otras más generales como martillos y destornilladores, que se utilizan con clavos y tornillos.

Hay varios tipos de sierra para los diferentes tipos de corte. La sierra de corte transversal, o de través, se utiliza para cortar la madera en dirección perpendicular a la veta, y la sierra de cortar al hilo, o de hender, para hacerlo en la dirección de la veta. Los cortes curvos se realizan con la segueta, que es una estructura metálica con forma de U que tensa una hoja fina y delgada. Los cortes precisos de las ensambladuras se hacen con la sierra de chapeado, un serrucho delgado y rectangular reforzado por el borde superior con una barra metálica.

Los cepillos se utilizan para suavizar y dar forma. Consisten en una hoja o cuchilla afilada de acero encajada en un soporte metálico o de madera, dispuesta en ángulo con respecto a la superficie a alisar. La profundidad de corte se regula ajustando la distancia que sobresale la cuchilla respecto a la base del cepillo. Hay cepillos de muchos tamaños, incluso unos especiales que se usan para hacer surcos. También se utilizan varios tipos de lima para alisar y dar forma a la madera.

Los formones o escoplos planos y la gubia curva o de media caña se utilizan en algunos casos para vaciar piezas de madera. Las herramientas manuales más utilizadas para perforar son el berbiquí, la barrena y el taladro manual, con sus brocas de varios tipos.

También se utilizan herramientas para medir y comprobar los tamaños y la alineación de los elementos. Estas herramientas son, entre otras, la cinta métrica, el metro plegable y la regla metálica. La escuadra se utiliza para comprobar ángulos

rectos, y el nivel para comprobar la alineación horizontal y vertical. En los trabajos en los que hay que pegar las piezas, éstas se sujetan con abrazaderas y cárceles (también llamadas gatos).

2.4 Repuestos y accesorios

La bodega que tiene el taller de máquinas y herramientas cuenta con los accesorios necesarios para todas las máquinas, como por ejemplo: buriles, pastillas de tungsteno, brocas, discos abrasivos, boquillas para soplete, caretas, lentes, guantes, machuelos, compás para exteriores, compás de interiores, compás de puntas, yeso, tiza, herramientas básicas, etc. El stock de repuestos que guarda en su bodega el taller es nulo.

3. CONCEPTOS GENERALES DE MANTENIMIENTO

3.1 Concepto de mantenimiento

Mantenimiento se refiere a toda la serie de actividades que deben realizarse con el fin de conservar en óptimas condiciones los elementos físicos de una fábrica, dichos elementos son: maquinaria, equipos, instalaciones, etc. El objetivo de mantener en óptimas condiciones estos elementos es para operar de la mejor manera posible de forma segura, eficiente económica y especialmente para mantener el servicio que prestan y para el cual fueron creados. Además el mantenimiento sirve para evitar paros no programados o tiempos muertos de producción lo cual hace a la empresa caer en relación a la competencia.

La función de mantenimiento es proveer todos los medios posibles para la conservación de los elementos físicos de una empresa, para que operen con la máxima eficiencia, seguridad y economía. En el mantenimiento existen dos objetivos fundamentales, el primero y el más importante para todo jefe de mantenimiento es: conservar el servicio que presta la maquinaria, equipos o instalaciones, en segundo plano y no por eso menos importante es: la conservación y cuidado de la maquinaria. Estos objetivos no son independientes uno del otro, por lo que se deben tratarse conjuntamente; para cumplirlos se debe combinar en la mejor forma los siguientes factores:

1. Calidad económica del servicio
2. Duración adecuada del equipo
3. Minimización de los costos de mantenimiento

Los tres factores anteriores rezan de la siguiente manera: La calidad del servicio que presta una empresa será económica siempre y cuando el costo de mantenimiento sea mínimo, asegurando así una larga duración del equipo para

prestar el servicio para el cual fue creado. Sin duda alguna estos tres factores rigen todo lo que a mantenimiento se refiere dentro de una empresa.

El mantenimiento para objeto de estudio dentro de nuestro medio de acuerdo a su naturaleza y objetivos se puede clasificar de la siguiente manera.

- Mantenimiento reparativo
- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo

3.1.1 Mantenimiento reparativo

El mantenimiento reparativo es también conocido como mantenimiento curativo, este tipo de mantenimiento se lleva a cabo cuando la máquina se falla o se detiene por desperfecto en alguno de sus elementos, además todas las actividades que conlleva un mantenimiento se realizar a partir del momento de la falla. La naturaleza de la aplicación de este mantenimiento es impredecible debido a que no se lleva un registro de la máquina, nada más se espera a que la máquina falle por lo que no es muy recomendable su aplicación dentro de una empresa, aunque en nuestro medio existen empresas que lo siguen utilizando.

- ✓ Mantenimiento por rotura
- El único hasta los años 50
 - Paradas sin importancia
 - Máquinas sencillas y fiables

3.1.1.1 Reparación de falla

A partir del momento en que se presenta la avería o falla, se hace la planificación de actividades, repuestos, materiales, personal, etc., para la reparación.

La actividad de reparación debe ser inmediata al momento de la aparición de la falla pues sino, acarrea grandes pérdidas, dependiendo de la gravedad de la avería. Se le llama también curativo, es una reacción que se produce cuando la máquina o instalación ha dejado de funcionar. Su función se inicia al presentarse la avería, es decir se diagnostica y de acuerdo con los resultados del mismo se planean actividades.

3.1.1.2 Mantenimiento de falla

El mantenimiento de falla, es una variante del mantenimiento reparativo, y a se diferencia de este, en que el tipo de avería ya ha sido previsto y planificada su reparación aunque no se conoce el momento justo en que ocurrirá la falla. Conociendo el tipo de avería, muchas veces es recomendable utilizar este método, ya que sus costos totales son generalmente mucho más bajos que los de un mantenimiento preventivo. En otras palabras el tipo de avería ya se ha previsto, sea por medios estadísticos o por instrucciones del fabricante; aunque no se ha localizado en el tiempo. Pero ya se ha elaborado un plan previo de reparación acorde con los recursos con los que se cuenta.

3.1.1.3 Renovación de equipo

Sucede cuando el equipo falla frecuentemente, entonces los costos de mantenimiento se elevan a tal grado que se tiene que pensar en cambiar el equipo existente por uno nuevo o bien por uno en mejor estado, afecta también a la calidad del producto final, pues dicho equipo no trabaja con regularidad. Además también entra en juego el factor seguridad, ya que una máquina defectuosa aumenta el riesgo de un accidente en el trabajo.

Es fundamentalmente una decisión de carácter económico. En síntesis, los principios básicos de evaluación y decisión frente al problema de reposición son los siguientes:

- Costo inicial del nuevo equipo, es el del equipo instalado listo para trabajar.
- Los costos de inversión del equipo anterior, son costos disminuidos y no deben influir en la decisión.
- La decisión se basa en el costo anual medio, que es igual a la suma de costos de inversión, costos de operación y mantenimiento y gastos generales relacionados.
- El costo del equipo existente es el valor de venta, menos el valor de remoción, mas cualquier costo de reparación transformación con el fin de atender las demandas del proceso.
- Al comparar alternativas, cada una de ellas ha de ser capaz de satisfacer los requisitos del proceso respecto al cual se considera. Si las demandas aumentan mas allá de la vida prevista de una alternativa hasta un punto que no pueda satisfacer los requerimientos.

Cuando surge la decisión de reponer o reparar una máquina surgen las siguientes alternativas:

- Reponer el equipo actual
- Reparar o modificar el equipo actual
- Mantener el equipo actual en condiciones de funcionamiento

3.1.2 Mantenimiento correctivo

Se entiende por mantenimiento correctivo, a aquel tipo de mantenimiento que está encaminado a reducir y mejorar las condiciones insatisfactorias en maquinaria y equipos encontradas mediante las inspecciones realizadas anticipadamente.

Son las actividades que se desarrollan para sustituir algún equipo o instalación de acuerdo al programa de mantenimiento o por reparación o sustitución de los mismos por fallo repentino, en este caso se interrumpe su operación. El mantenimiento correctivo se divide de la siguiente manera:

- **Tipos de mantenimiento correctivo**
 - Reparaciones urgentes
 - Restablece el servicio
- **Correctivo planificado**
 - Reparación completa de la avería
 - Como nuevo, Cambio de Cojinete
 - Tan viejo como antes, Cambio de Aceite

Los problemas fundamentales a los que se enfrenta son los siguientes:

- Reparaciones de prisa y en malas condiciones
- Recambios “bajo pedido”
- Accidentes

Las funciones del mantenimiento correctivo en general se pueden dividir así:

1. Corregir las averías sistemáticas de maquinaria y equipo, aunque sea necesario para ello realizar cambios en los diseños o construcción de los mismos.
2. Reacondicionar la maquinaria y equipo en tal forma, que su funcionamiento permita obtener el máximo rendimiento.

El mantenimiento correctivo se puede dividir en dos tipos: el mantenimiento correctivo de emergencia y el mantenimiento correctivo programado.

Mantenimiento correctivo de emergencia. Tanto este tipo de servicio, cuanto el correctivo programado, actúan sobre hechos ciertos y el mantenimiento consistirá en reparar la falla.

El correctivo de emergencia deberá actuar lo más rápidamente posible con el objetivo de evitar costos y daños materiales y/o humanos mayores.

Este sistema resulta aplicable en sistemas complejos, normalmente componentes electrónicos o en los que es imposible predecir las fallas y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad. También para equipos que ya cuentan con cierta antigüedad.

Tiene como inconvenientes que la falla puede sobrevenir en cualquier momento, muchas veces, el menos oportuno, debido justamente a que en esos momentos se somete al bien a una mayor exigencia.

Asimismo, fallas no detectadas a tiempo, ocurridas en partes cuyo cambio hubiera resultado de escaso monto, pueden causar daños importantes en otros elementos o piezas conexos que se encontraban en buen estado de uso y conservación.

Otro inconveniente de este sistema, es que debería disponerse inmovilizado un capital importante invertido en piezas de repuesto visto que la adquisición de muchos elementos que pueden fallar, suele requerir una gestión de compra y entrega no compatible en tiempo con la necesidad de contar con el bien en operación (por ejemplo: caso de equipos discontinuados de fabricación, partes importadas, desaparición del fabricante).

Por último, con referencia al personal que ejecuta el servicio, no nos quedan dudas que debe ser altamente calificado y sobredimensionado en cantidad pues las fallas deben ser corregidas de inmediato. Generalmente se agrupa al personal en forma de cuadrillas.

Mantenimiento correctivo programado. Al igual que el anterior, corrige la falla y actúa muchas veces ante un hecho cierto. La diferencia con el de emergencia, es que no existe el grado de apremio del anterior, sino que los trabajos pueden ser programados para ser realizados en un futuro normalmente próximo, sin interferir con las tareas de producción.

En general, programamos la detención del equipo, pero antes de hacerlo, vamos acumulando tareas a realizar sobre el mismo y programamos su ejecución en dicha oportunidad, aprovechando a ejecutar toda tarea que no podríamos hacer con el equipo en funcionamiento. Lógicamente, aprovecharemos para las paradas, horas en contraturno, períodos de baja demanda, fines de semana, períodos de vacaciones, etc.

Si bien muchas de las paradas son programadas, otras, son obligadas por la aparición de las fallas. Por ello, este sistema comparte casi las mismas desventajas o inconvenientes que el método anterior.

Para el caso del ejemplo, podemos diferir hasta el fin de semana, en horas diurnas, la reparación de la chapa perforada si las condiciones del tiempo permiten realizarla. Mientras tanto, debido a la zona en que ocurrió el hecho, probablemente no se haga más que trasladar los elementos que pudieran encontrarse cerca del patio interior y/o cubrirlos adecuadamente.

Si la acción de reparación no exige la conveniencia de emplear luz natural, como en el caso de la chapa, podemos programar la reparación a contraturno de las horas de trabajo de producción, evitando de ese modo, toda interferencia con las tareas de producción.

3.1.3 Mantenimiento preventivo

Se define el mantenimiento preventivo como, el conocimiento sistemático del estado de la maquinaria y equipo, para la planeación y programación de las actividades que eliminarán las averías que provocan paros imprevistos, considerando

que los paros necesarios para esta acción, tengan la menor influencia posible sobre la producción. Se sabe que al ocurrir una avería, siempre tenemos que aplicar el mantenimiento correctivo.

Con el mantenimiento preventivo se busca minimizar la probabilidad de fallas, por medio de la aplicación constante de un nivel determinado de mantenimiento para prevenir las fallas.

Como se dijo antes, el mantenimiento preventivo comprende las actividades que se desarrollan para detectar y prevenir a tiempo cualquier desperfecto, antes de que falle algún equipo o instalación, sin interrumpir su operación.

De acuerdo a lo anterior, el Programa de Mantenimiento a que se refiere este apartado dice que si éste se lleva a cabo correctamente disminuirá riesgos e interrupciones repentinas, ya que en este se encuentra implícito el mantenimiento correctivo.

Para la correcta aplicación y seguimiento del Programa de Mantenimiento es obligatorio para todas las estaciones de servicio elaborar un registro.

En la hoja de Registro se registrarán por escrito de forma continua, pormenorizada y por fechas todas las actividades relacionadas con los equipos e instalaciones, así como de la propia operación de la máquina y equipo.

Los registros en la hoja de registro deberán ser claros, precisos sin omisiones ni tachaduras y en caso de requerirse alguna corrección, ésta será a través de un nuevo registro, sin eliminar la hoja, sin borrar ni tachar el registro que se corrige.

La hoja de registro deberá permanecer en todo momento en la máquina y equipo en un lugar seguro (archivo) en la oficina de mantenimiento, de fácil acceso a toda persona autorizada. El tipo, calidad y dimensiones de la hoja de registro así

como la forma de registro dependerá de las características particulares de cada máquina y equipo, sin embargo deberán contener lo siguiente:

- Marca, fecha de compra, número y nombre de la máquina y equipo.
- Ubicación
- Número de hoja de registro
- Personas autorizadas para registrar en la hoja de registro.
- Hojas no desprendibles y foliadas
- En todos los registros se utilizará tinta permanente y firma autógrafa de la o las personas que realizaron el registro.

El desarrollo del mantenimiento preventivo, se realiza a través de las siguientes actividades básicas: visitas, inspecciones, lubricación y limpieza. Más adelante se detallará cada una de ellas.

Lubricación. No es más que la aplicación periódica de aceites y grasas, para evitar las fallas provocadas por el desgaste prematuro de las piezas, debido a la fricción. La lubricación es un punto fundamental en el mantenimiento preventivo, pues con una adecuada lubricación, podemos obtener muy buenos beneficios, por ejemplo:

- Prolongación de la vida útil de maquinaria y equipo
- Reducción de costos de mantenimiento
- Reducción de paros imprevistos

Limpieza. La limpieza de maquinaria y equipo en cualquier tipo de industria es un punto muy importante para la aplicación del mantenimiento preventivo, pues permite detectar más fácilmente las averías en el equipo y facilita así mismo el trabajo del personal de mantenimiento.

Ventajas del mantenimiento preventivo

Los beneficios directos que presenta la aplicación del mantenimiento preventivo, se puede enumerar los siguientes:

- Los trabajos y por ende los paros son en fechas programadas
- Se tiene tiempo para planificar y programar las reparaciones
- El funcionamiento es más eficiente
- Aumento de la productividad
- Reducción de probabilidad de fallos

Además se tienen las siguientes ventajas de la aplicación del mantenimiento preventivo:

Mayor grado de confiabilidad. Mejores condiciones de operación y seguridad, pues se conoce mejor el estado físico y condición de funcionamiento de los elementos.

Prolongación de la vida útil. La vida útil de la maquinaria y equipos, sometidos a mantenimiento preventivo, es mucho más larga que sometida al mantenimiento reparativo.

Reducción de existencias en el almacén. Se puede reducir la inversión de existencia de repuestos, pues se determinan en forma precisa las necesidades de utilización de distintos materiales.

Disminución de tiempo muerto. Debido a la programación de reparaciones, el tiempo que los equipos permanecen fuera de servicio es mucho menor que en el aplicación del mantenimiento reparativo.

Uniformidad de la carga de trabajo. En el sistema de mantenimiento preventivo, la carga de trabajo del personal de mantenimiento es más uniforme que en el sistema de mantenimiento reparativo, por lo que con la misma cantidad de personas se puede prestar mayor número de servicio.

Costos de reparación. Los costos totales de reparación son menores, pues se evitan al máximo los costos indirectos debidos a imprevistos. Aún cuando los requerimientos presupuestados sean mayores.

3.1.3.1 Manuales de operación

Cualquier máquina y equipo que se utilice dentro de alguna actividad diaria del hombre cuenta con un manual de operación, no se diga lo contrario en maquinaria industrial, el manual de operación de una máquina, establece una guía adecuada para su operación, un listado de repuestos completo, una guía de mantenimiento, por ejemplo, la cantidad de horas a las cuales se le debe realizar a la máquina un cambio de aceite, cambio de elementos de máquina, una guía para su limpieza, todo esto para conservar la máquina en las mejores condiciones. Los manuales de operación son muy importantes para un programa de mantenimiento preventivo, pues este tipo de mantenimiento fundamenta todas sus actividades de mantenimiento dentro de las condiciones presentadas en los manuales de operación de cada máquina.

3.1.3.2 Visita al equipo

Las visitas sirven para comprobar el estado del equipo, por medio de inspecciones periódicas que no involucran ninguna operación de desmontaje. Las visitas deben ser:

- Rápidas, detener el equipo (si es necesario) el menor tiempo posible.
- Verificar las visitas en el lugar de trabajo, comprobando si el equipo trabaja en condiciones de rendimiento óptimo.

3.1.3.3 Inspección al equipo

Es básicamente lo mismo que las visitas, son revisiones periódicas para comprobar el estado del equipo, pero con la diferencia que si se realizan operaciones de desmontaje parcial o total. Su profundidad es mayor que en las visitas, pero es necesario efectuar paros o realizarlas durante el tiempo programado de interrupción de producción.

Para cualquier actividad relacionada con el mantenimiento preventivo, se debe contar con un personal que efectuará el mantenimiento en toda la empresa, este personal puede ser el mismo que trabaje en el taller o bien personal externo a la empresa; se requiere que el personal que vaya a realizar el mantenimiento tenga conocimiento del funcionamiento y que sigan las especificaciones del fabricante establecidos en los manuales de operación para efectuar los trabajos absolutamente indispensables a fin de restablecer el servicio de una manera eficiente y segura.

El personal interno puede tener su base de tareas en el único taller existente o bien en talleres zonales dependientes del primero, según tamaño, extensión, complejidad y localización de las áreas o bienes a mantener. En este último caso, intervendrá en las emergencias excepto imposibilidad técnico-operativa para ello.

Como ya se adelantara, en los casos de operación durante las 24 horas, debemos mantener una guardia nocturna para actuar ante emergencias.

Un buen servicio de mantenimiento debe tener una parte de su tiempo ocioso o en tareas de planeamiento del mantenimiento, o en tareas de producción, con el

objetivo de disminuir los costos de parada dado que el servicio debe prestarse de inmediato, especialmente sobre los equipos críticos e importantes.

El personal no siempre puede desmontar de la planta en forma sencilla lo que debe reparar, llevarlo al taller y arreglarlo. En esas condiciones de trabajo, poseería sólo las complicaciones naturales que deben vencerse con el conocimiento que sobre la cosa a reparar disponga el equipo de trabajo.

En efecto, algunos arreglos deben ser hechos en el mismo lugar de producción, sobre la máquina o instalación a reparar –(soportando las condiciones ambientales del lugar) y en otros casos, la tarea de desmontaje no resulta ni sencilla, ni cómoda, especialmente en los casos en que la disposición del lugar o la imposibilidad de aplicar ayudas mecánicas, no facilitan una solución menos penosa. Tratándose de equipos críticos o importantes, o actuando frente a reparaciones de emergencia, la presión del tiempo se manifiesta claramente sobre el personal, debido a la necesidad de reponer en servicio las instalaciones en forma urgente.

3.2 Seguridad en el puesto de trabajo

En toda actividad realizada por el hombre, corre el riesgo de causar o bien ser presa de un accidente; se conoce como accidente a toda lesión orgánica o perturbación funcional, inmediata o posterior, o la muerte, producida repentinamente en ejercicio, o con motivo de trabajo, cualesquiera que sean el lugar y el tiempo en que se preste.

El accidente de trabajo puede definirse como toda lesión médico–quirúrgica o perturbación psíquica o funcional, permanente o transitoria, inmediata o posterior, o la muerte, producida por la acción repentina de una causa exterior que puede ser medida, sobrevendrá durante el trabajo en el ejercicio de éste, o como consecuencia del mismo; y toda lesión interna determinada por un violento esfuerzo, producida en las mismas circunstancias.

El propósito primordial de las tareas de seguridad será de evitar lesiones y muertes. No hay que decir que se trata de un objetivo tan elevado y satisfactorio como cualquier actividad que pueda aspirar a tener. Cuando se producen lesiones, la mayor parte de los especialistas de seguridad experimentan una preocupación personal, particularmente en el caso de que aquella lesión que se pueda prevenir. El mejor programa de seguridad del mundo no logra eliminar todos los accidentes. Las lesiones pueden ser reducidas a mínimos no superable.

El campo que abarca la seguridad en su influencia benéfica sobre el personal , y los elementos físicos es amplio, en consecuencia, también sobre los resultados humanos y rentables que producen su aplicación. No obstante, uno de los objetivos básicos de la seguridad dentro de la empresa es: evitar la lesión y muerte por accidente (humanitario).

Cuando ocurren accidentes hay una pérdida de potencial humano y con ello una disminución de la productividad. El país en su totalidad sufre una pérdida de recursos humanos cuando se producen lesiones. El trabajo perdido no es recuperable. Excluyendo por el momento el efecto de las lesiones en los costos operativos o de producción de una compañía, hay por lo menos otras tres consecuencias desdichadas que resultan de las lesiones personales. La primera, y más evidente, es el sufrimiento inmediato de la persona que ha resultado herida.

En segundo lugar, la posibilidad de alguna lesión de tipo permanente. Aproximadamente una de cada veinte lesiones se convierte, cuando el trabajador no puede asistir a la tarea al día siguiente de la lesión, en alguna incapacidad permanente, tal como la amputación o daño en el uso de una mano, de un brazo, o tal vez de un ojo.

En tercer lugar, se dan los efectos económicos de las lesiones sobre los cuales la empresa se debe hacer cargo, como suspensión por lesión, equipo, etc.

Los procedimientos, técnicas y elementos que se aplican en los centros de trabajo, para el reconocimiento, evaluación y control de los agentes nocivos que intervienen en los procesos de actividades de trabajo, con el objeto de establecer medidas y acciones para la prevención de accidentes o enfermedades de trabajo, a fin de conservar la vida, salud e integridad física de los trabajadores, así como evitar cualquier posible deterioro al propio centro de trabajo, a todo esto se le llama seguridad en el puesto de trabajo.

4. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

4.1 Justificación del programa de mantenimiento preventivo

En el capítulo anterior, se explicó con detalle los conceptos básicos del mantenimiento en general, con este conocimiento se puede seleccionar el mantenimiento idóneo para cualquier empresa, ahora resulta adecuado hacerse la pregunta ¿Por qué mi empresa debe contar con un programa de mantenimiento?. A continuación se enumeran una serie de efectos de la aplicación del mantenimiento sobre los programas de producción en general, los resultados son los siguientes:

- Prolonga la vida útil de maquinaria y equipo, aumentando así la capacidad total de producción de la misma.
- Se reducen los paros imprevistos, lo cual permite aumentar el tiempo de producción y la eficiencia del equipo.
- La maquinaria funciona de manera más eficiente, aumentando así la productividad del mismo.
- Existe una adecuada planificación y programación de las reparaciones, en coordinación con los paros programados de producción.
- Se incrementa el tiempo total de producción.

- Mayor grado de confiabilidad, porque han sido reducidas las probabilidades de fallas; permitiendo a la empresa comprometerse en programas amplios de ventas que requieren la máxima productividad del equipo.
- Reducción de existencias. Al tener maquinaria con un alto índice de confiabilidad y productividad, se reduce la inversión de inventarios que obliga a mantener diversos niveles de stock de seguridad, dando lugar a que la inversión excedente se pueda utilizar en otras áreas donde sea rentable para la empresa.

Todo esto lleva a brindar mayor calidad, menor costo y menor tiempo de entrega de las piezas, ya que estos son los objetivos de todo fabricante y por supuesto el deseo de todo cliente. Además se debe implementar un programa de capacitación a los operarios para que se desarrollen en una actividad del proceso al que se dedican en este caso al proceso de fundición y maquinado de piezas de hierro fundido.

La capacitación acompañada de una buena maquinaria y de un buen equipo, además de un adecuado mantenimiento programado, aseguran que se eviten tiempos muertos del equipo, lo cual se traduce en cumplimientos de los compromisos en las fechas acordadas y la atención de otros clientes. Desde el punto de vista económico, resulta mejor que la empresa tenga su propio programa de mantenimiento, para el equipo mecánico y eléctrico sencillo. Esto resulta mejor, puesto que al subcontratar personas ajenas a la empresa, resultaría incomodo e inapropiado; ya que lo mejor es cuando el personal que efectuara el mantenimiento conozca la maquinaria y equipo, pues siempre estará en contacto con ella; además existe la facilidad de que cuando se presente una avería en ese mismo instante se podrá reparar.

Como consecuencia de la falta de un programa de mantenimiento preventivo, será en algunas ocasiones la maquinaria ha tenido graves fallos lo que se traduce en paros imprevistos, afectando directamente a la producción. Gracias a la experiencia se

ha observado que algunas piezas necesitan ser cambiadas cada cierto tiempo, lo cual sólo afecta de manera mínima el tiempo la producción, como por ejemplo, las fajas, cables etc; por lo que si existiera un programa de mantenimiento preventivo los paros se minimizarían. Las máquinas utilizadas dentro de la industria de la fundición, es generalmente de gran envergadura, con capacidades de varias toneladas, con longitudes de varios metros y que soportan temperaturas de más de mil grados centígrados, con estas referencias se tiene una idea que las máquinas no son de bajo precio, por lo que se deben mantener en excelentes condiciones para evitar su deterioro prematuro.

Estas máquinas trabajan con una potencia elevada también, lo que involucra un costo de producción muy elevado, utilizan la energía eléctrica en primer lugar para su operación, seguida por Diesel, gas propano y carbón coque, partiendo de lo anterior, se podrá elaborar un programa de mantenimiento eficiente y de bajo costo, que se asegura podrá mantener a la maquinaria en situación de operación.

4.2 Establecer controles de mantenimiento

La planificación de un programa de mantenimiento preventivo debe ser considerada muy detalladamente ya que éste debe tener éxito de nada sirve crear un programa de mantenimiento preventivo si esto no logra disminuir los paros y mantener la maquinaria en perfectas condiciones por ejemplo. Por lo tanto, para que tenga éxito en sus actividades, el programa de mantenimiento preventivo se debe tratar bajo las cuatro funciones básicas de administración: planificación, organización, dirección y control. Para efectos de este inciso se analizara la función control.

Control. La función de control, sirve para determinar si los resultados que se obtienen en un momento dado, están de acuerdo a lo planeado; y en caso contrario, se debe buscar alternativas de acción para corrección de errores y poder alcanzar los objetivos deseados.

En mantenimiento se puede considerar los siguientes pasos de control, identificación de problemas potenciales en maquinaria e instalaciones, determinar los métodos de control a usar para el cumplimiento de los objetivos de mantenimiento, revisión de los resultados obtenidos con los objetivos establecidos tanto técnica como económicamente, registro de averías, sus causas, frecuencia, etc; para cada máquina. Del análisis anterior, se puede concluir que una alta probabilidad de éxito de la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo, esta basada en un buen diseño de los métodos de control, pues son ellos los que nos permiten comparar los resultados obtenidos, con los objetivos, planes, políticas y métodos planificados. Así mismo, los métodos de control existentes servirán para detectar fallas o errores cometidos y en base a ellos, determinar mejores alternativas de acción que permitan alcanzar o mejorar los objetivos planificados inicialmente. En el diseño de métodos de control se debe considerar fundamentalmente dos etapas: el diseño de los mecanismos de control y el diseño de boletas que servirán para facilitar el trabajo de control.

Diseño de mecanismo de control. Para principiar los mecanismos de control se deben diseñar de acuerdo a los lineamientos o necesidades requeridas por cada industria, en este caso será para la industria de la Fundición de Metales. El mecanismo de control debe ser diseñado de tal forma que permita obtener la información para determinar los parámetros necesarios, que nos den la oportunidad de evaluar los resultados obtenidos, en base a las necesidades de la industria.

Diseño de boletas de control. Las boletas de control, son hojas diseñadas con el formato que se necesita, para obtener la información en la forma deseada. El jefe de mantenimiento utiliza esta información obtenida para determinar si se están cumpliendo

a cabalidad los objetivos de mantenimiento y en caso contrario, determinar las medidas correctivas necesarias. Las boletas de control mínimas requeridas en una empresa para implantar un programa de mantenimiento preventivo son, la de registro de equipo y la de orden de trabajo. La hoja de registro de equipo será detallada posteriormente. Le siguen las boletas de, programa diario de trabajo o control de órdenes de trabajo, requisición de repuestos, solicitud de compras, cotizaciones y las órdenes de compras.

Historial de la maquinaria o del equipo. El desarrollo de un programa de mantenimiento tiene varios objetivos principales, siendo uno de los más importantes el establecimiento del historial de la maquinaria, debido a que con la información que este brinde, el mecánico, jefe de taller o el superintendente de mantenimiento pueda tomar decisiones acertadas en función de la experiencia propia con los equipos. Este historial puede ser recopilado mediante la utilización de documentos diseñados para cumplir este objetivo, uno de ellos es la tarjeta de trabajo, una para cada equipo, este documento también recopilará toda la información necesaria de las órdenes de trabajo.

El solicitante del chequeo es la persona encargada de detectar las necesidades de mantenimiento, de modificaciones de equipo, de modificaciones en las líneas de flujo de producción, de cualquier trabajo necesario para mejorar su producción buscando la reducción de costos. Este documento le servirá tanto al solicitante del trabajo como al departamento de Mantenimiento para llevar un control de los trabajos que deben realizarse. El solicitante debe describir la actividad de mantenimiento que solicita, también debe definir si el trabajo se considera como emergencia, urgencia, trabajo corto, o trabajo normal, los cuales se definirán a continuación. El primero se llama emergencia: es el trabajo que de no ejecutarse de inmediato, pone en peligro la seguridad del personal y/o del equipo, afecta la calidad del producto o para la producción. Urgencia: es todo aquel trabajo que por características propias debe iniciarse su ejecución al día siguiente de detectada su necesidad. Trabajo corto, es aquel trabajo que no requiere de materiales ni repuestos y su ejecución requiere como máximo una hora de duración y que por su naturaleza no deben ser planeados ni programados pero si controlados. Trabajo normal: trabajos de tipo correctivo como preventivo que han de ser ejecutados en una fecha y hora determinada dentro de un rango de tiempo permisible, requiriendo para ello que la línea este parada. Para evitar la acumulación de solicitudes de trabajo, el trabajo de mantenimiento debe ser programado, según la importancia del equipo o la gravedad de la falla. Además las órdenes de trabajo sirven también como un medio para formar el historial de la maquinaria, la cual constituye una herramienta primordial para tomar decisiones referentes al mantenimiento de la maquinaria o equipo. Al trabajar con las órdenes de trabajo se tienen las siguientes ventajas: los mecánicos siempre tienen asignado trabajo, el reporte del tiempo es automático, los repuestos y materiales son bien controlados.

Se obtiene la herramienta para controlar la eficiencia al disponer, mediante clasificación y orden de la información, de los promedios de tiempo empleados en forma sistemática. Estas boletas permiten la obtención de información que servirá para conocer

los resultados del mantenimiento preventivo, pero además, para la generación de la información es necesario utilizar documentación, como a continuación se detalla.

Figura 7. Boleta de orden de trabajo

ORDEN DE TRABAJO

ORDEN No. _____

DEPARTAMENTO:	NOMBRE DEL EQUIPO O LOCAL:	No. DE REGISTRO	SOLICITADO POR:	FECHA:
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO SOLICITADO:			AUTORIZADO POR:	FECHA:
			FECHA PROGRAMADA:	EMERGENCIA
				URGENCIA
INFORME DEL TRABAJO REALIZADO:				TRABAJO CORTO
				TRABAJO NORMAL
				DEBE HABER PAROS
				SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
				MECÁNICO
				ELÉCTRICO
				TALLER
REALIZADO POR:	FECHA DE ENTREGA:	HORAS TRABAJADAS:	REVISADO Y APROBADO POR:	CARPINTERO
				ALBAÑIL
				OTRO

FIRMA: _____

Programa diario de trabajo. Es el documento donde se reunirán todas las ordenes de trabajo que se efectuarán a diario, es uno de los pasos más efectivos para el ahorro. El tiempo requerido para cumplir con cada orden de trabajo puede ser estimado en función del historial de la máquina, pudiendo considerarse el tiempo que en otras ocasiones ha tomado esa actividad o una similar realizada en la máquina.

Como se mencionó anteriormente en los manuales, así como la experiencia misma que será la base para el programa de mantenimiento preventivo que se propondrá a la fundidora, como complemento de un programa de mantenimiento preventivo en general, se propondrá un programa de lubricación para todas la maquinaria ya que esencialmente la un programa de mantenimiento y un programa de lubricación van de la mano.

Además de contar con un programa de lubricación, el programa de mantenimiento preventivo, establece como principio fundamental (como ya se explicó), obedecer los manuales de operación y la experiencia misma, luego se debe realizar la codificación de los equipos con que cuenta cualquier empresa (debido a que la fundidora no es muy extensa y no existen similitud entre los equipos se denomina a cada equipo como ya estaba establecido desde hace años), el siguiente paso a seguir es elaborar una hoja de registro (la cual será detallada posteriormente), a continuación se debe completar la hoja del historial del equipo (esta contiene toda la información acerca de las últimas reparaciones que se le han realizado a la máquina, así como costos, tiempo de realización, etc.), se continúa la hoja de visitas y la hoja de inspecciones para dar lugar a la orden de trabajo y finalmente el turno de la hoja de control de órdenes de trabajo.

4.4 Objetivos del programa de mantenimiento

Este punto tiene cierta similitud con el primer punto de este capítulo, aunque si se analizan individualmente y a fondo cada punto se marcará la diferencia entre los dos. La diferencia radica en que el primer punto del capítulo, trata acerca de la justificación de un programa de mantenimiento preventivo en general, y este punto trata de los objetivos que se busca lograr con la aplicación del programa de mantenimiento preventivo que en esté trabajo de graduación se propone más adelante, entonces conociendo esta

diferencia, se puede decir que este programa de mantenimiento preventivo , tiene por objetivos:

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes precitados
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar
- Evitar detenciones inútiles o paros de máquinas
- Evitar accidentes
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación
- Balancear el costo del mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes

El mantenimiento adecuado tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas. Algo falla cuando deja de brindarnos el servicio que debía darnos o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado el bien en cuestión. En general, todo lo que existe, especialmente si es móvil, se deteriora, rompe o falla con el correr del tiempo. Puede ser a corto plazo o a muy largo plazo. El solo paso del tiempo provoca en algunos bienes, disminuciones evidentes de sus características, cualidades o prestaciones.

En otro tipo de bienes, el deterioro se acentúa principalmente por su uso, como es el caso de todas las piezas móviles de una maquinaria o instalación. Cabe mencionar un dato muy conocido, las fallas se presentan en mayor medida al principio de la vida útil para luego estabilizarse durante un tiempo relativamente largo, en un valor que depende del tipo y características del bien, para luego comenzar a ascender, lo cual marca en general, el límite de la vida útil de ese bien.

4.5 Desarrollo del programa de mantenimiento preventivo

De acuerdo a lo que se ha mostrado y descrito en capítulos anteriores, resulta necesario que se desarrolle y posteriormente se implante un programa de mantenimiento preventivo en la empresa, definitivamente esto representa gastos de personal, repuestos, materiales, lubricantes, etc., pero que a la larga son más favorables y bajos que los que resultan de tener a la maquinaria y equipo en condiciones defectuosas. Debe entenderse bien, que el mantenimiento preventivo es muy necesario, que realizándolo bien y recibiendo la colaboración adecuada se puede asegurar una vida útil y más larga en la maquinaria y equipo. El programa de mantenimiento preventivo para la Fundidora Bernal,S.A., se hará de la siguiente manera, primero, se describirá el mantenimiento para cada grupo de máquinas en general, y, segundo, se elaborará un cuadro donde se especifique el momento en que se debe realizar dichas actividades de mantenimiento de manera individual, especificando fecha, actividad y equipo a trabajar. Las actividades de mantenimiento son: limpieza, revisión general y ambas, las cuales son definidas a continuación:

Limpieza. Esta actividad consiste es limpiar toda la máquina o equipo, tanto en su exterior como en el interior siempre y cuando se realice en partes y elementos de máquina indispensables para el desempeño del equipo, como por ejemplo, limpieza de guías (a diario), limpieza del motor eléctrico (sopleteado interno cada 15 días) de cada máquina, pintura de la máquina (cada año), lubricación (a diario), etc.

Revisión general. Esta actividad involucra el montaje y desmontaje de piezas de máquinas o equipos, para su revisión y posteriormente para su reemplazo si la situación lo amerita, como por ejemplo: cambio de fajas, cambio de poleas, cambio de aceite (según manuales y el tipo de aceite Regal R&O 32 es de 3500 horas), cambio de cojinetes, etc. Esta actividad se debe cumplir según la descripción de las actividades de mantenimiento de cada máquina.

Ambas. Esta actividad se realiza a maquinaria cuyo acceso es difícil o bien cuando la maquinaria no es muy importante en el caso de los equipos a soldar, esta actividad como su nombre lo indica involucra la actividad de limpieza y la actividad de revisión general, esta actividad se creó con la intención de aprovechar al máximo la mano de obra y el tiempo de mantenimiento. Entonces, ahora se especificará las actividades de mantenimiento preventivo a cada grupo de máquinas forma general algunos y de forma específica otras, esto debido a que algunos equipos comparten el mismo principio de funcionamiento.

Tornos

El mantenimiento de los tornos especifica las siguientes actividades:

- Retirar las virutas diariamente o a cada cambio de material. Limpiar la máquina a fondo una vez por semana y comprobarla bien.
- Lubricar puntualmente la máquina de acuerdo con las instrucciones de engrase (caja de cambios y de engranajes, cremallera, tornillo patrón) y vigilar constantemente el nivel de aceite, cada 120 horas.
- Utilizar únicamente los aceites y grasas indicados en las instrucciones
- Reajustar los rodamientos y guías en el momento de una revisión general
- Revisión de fajas de transmisión

Taladros

- Retirar las virutas diariamente o a cada cambio de material. Limpiar la máquina a fondo una vez por semana y comprobarla bien.
- Mantener el cilindro y el eje de la columna libre de suciedad
- Engrasar adecuadamente el husillo de movimiento rectilíneo para el posicionamiento de la cabeza móvil cada mes.

- Engrasar puntualmente la máquina de acuerdo con las instrucciones de engrase (caja de cambios y de engranajes, cremallera, tornillo patrón) y vigilar constantemente el nivel de aceite cada mes.
- Utilizar únicamente los aceites y grasas indicados en las instrucciones

Grúas

- Revisar y lubricar los cojinetes 360 horas
- Revisar y cambiar el nivel de aceite de la caja reductora 360 horas
- Engrasar las cadenas de transmisión 360 horas
- No sobrecargar la grúa
- Limpieza de los rieles guías
- Engrase de los cables de elevación
- Engrase de los engranajes de transmisión
- Pintar la grúa una vez al año. (pintura anticorrosiva y de aceite)

Mezcladoras

- Limpieza después de cada utilización
- Revisar el nivel de aceite de la caja
- Cambio de aspa cada mes
- Revisar el eje de transmisión con el objeto de encontrar flexión
- Revisar el estado de fajas y cadenas, según su estado se determinará la posibilidad de reemplazo.
- Lubricar las chumaceras y los cojinetes de los ejes de transmisión cada 120 horas.
- Revisar el estado del tamiz, según su estado se determinará la posibilidad de reemplazo.

- Chequear la forma de la estrella guía con el objeto de encontrar alguna deformación causada por el contacto.

Pera

- Revisar la superficie de la pera
- Detectar la aparición de fisuras en la pera por medio de equipo de ensayos no destructivos (resonancia magnética y líquidos penetrantes), anualmente.

Ventiladores

- Engrase de los cojinetes
- Revisión de las fajas de transmisión
- Limpiar las aspas y la carcasa

Cepillos

El mantenimiento de los cepillos tiene cierta similitud con el de los tornos ya que se debe realizar las siguientes actividades:

- Retirar las virutas diariamente o a cada cambio de material
- Limpiar la máquina a fondo una vez por semana
- Utilizar únicamente el aceite y grasa propia o aconsejado para la máquina
- Engrasar puntualmente el mecanismo de movimiento de la máquina, en el caso del cepillo de mesa, los engranajes y la cremallera, en el caso del cepillo de caja el mecanismo de biela, cada 120 horas.
- Reajustar los rodamientos y las guías en su momento

Calibradoras

- Lubricar la caja reductora y revisar su nivel de aceite cada 120 horas
- Revisar el estado de los engranajes y cadenas, según su estado se determinará la posibilidad de reemplazo
- Engrasar engranajes de transmisión cada 120 horas
- Lubricación de las chumaceras de bronce cada 120 horas.
- Engrase del tornillo guía 120 horas
- Revisar el eje hueco con el objeto de encontrar pandeo
- Limpiar en cada cambio de pieza

Hornos

- Realizar cada 15 días la reconstrucción del hogar del horno, mediante ladrillo refractario y arcilla de fundición.
- Revisión del crisol
- Limpiar el sistema de combustión y de alimentación de combustible del horno de crisol para fundir bronce y aluminio.
- Revisar el ingreso por la caja de viento para verificar si no hay fragmentos de carbón coque o hierro atrapado.
- Revisar el estado de la chimenea cada 3 meses
- Revisión de la estructura del horno
- Limpieza de escoria después de cada fundición
- Pintar la carcasa del horno cada vez que sea posible

Moldes

No necesitan mantenimiento pues, si son desechables, tiene una vida aproximada de 5 años, solamente se cuida su adecuado almacenamiento y manejo.

Pulidoras y esmeriles

- Únicamente necesitan una limpieza a fondo por medio de aire comprimido y lubricación.
- Cambio de rueda abrasiva cada vez que sea necesario.

Máquinas para soldadura eléctrica al arco

- Revisar conexiones
- Limpiar a fondo la máquina
- Revisar cable y porta-electrodo en caso de deterioro, reemplazarlo inmediatamente.

Máquinas para soldadura oxiacetilénica

- Revisar mangueras en caso de deterioro, reemplazarlas inmediatamente
- Revisar el regulador de presión
- Revisar el estado del soplete

Compresores

- Cambio de aceite, cada 3 meses
- Purgar el equipo diariamente
- Cambio del filtro de aire cada 3 meses
- Limpieza externa

Motores eléctricos

- Limpieza externa por medio de aire comprimido cada 3 meses
- Revisar las conexiones
- Detectar ruidos extraños, vibraciones y temperatura excesiva cada mes

El mantenimiento de cada motor eléctrico se realizará cada vez que el equipo al cual pertenece, le sea realizada una revisión general. Todas estas actividades descritas, permitirán mantener las máquinas y equipos en las mejores condiciones, ahora bien es necesario establecer el momento en el cual se deberá aplicar cada actividad de mantenimiento a cada máquina, el momento exacto de aplicación depende de la producción, como indica el siguiente cuadro basado en datos de gerencia de 2002.

Tabla II. Porcentaje de producción mensual de la Fundidora Bernal, S.A. en el año 2002

MES	PORCENTAJE DE PRODUCCIÓN
ENERO	50%
FEBRERO	50%
MARZO	50%
ABRIL	50%
MAYO	50%
JUNIO	100%
JULIO	100%
AGOSTO	100%
SEPTIEMBRE	100%
OCTUBRE	100%
NOVIEMBRE	25%
DICIEMBRE	25%

En base a la tabla II se elaboró el programa semanal de mantenimiento preventivo tomando como meses idóneos para el mantenimiento el mes de mayo y el mes de noviembre, debido a que es en esos meses donde se puede y se debe programar las actividades de mantenimiento preventivo para la maquinaria y el equipo. Se ejecutarán las actividades de mantenimiento de manera compartida aseguran así que en cada paro programado, el taller de fundición y el taller de máquinas y herramientas continúe produciendo piezas fundidas. El programa semanal de mantenimiento preventivo señala, la semana en la cual se debe realizar la actividad de mantenimiento preventivo, siguiendo los señalamientos mencionados anteriormente por cada equipo, el día exacto en el cual se realizará la actividad o las actividades de mantenimiento será establecido entre el taller de máquinas y herramientas o el taller de fundición según sea el caso y la gerencia.

PROGRAMA SEMANAL DE MANTENIMIENTO

MAQUINARIA Y EQUIPO

Taller de Fundición.
Fundidora Bernal, S. A.

EQUIPO	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Horno 1	a	a			a	a			a	a			a	a			a	a			a	a			a	a			a	a			a	a			a	a			a	a			a	a						
Horno 2	a	a			a	a			a	a			a	a			a	a			a	a			a	a			a	a			a	a			a	a			a	a			a	a						
Horno Aux.	l	l			l	l			a				l	l			l	l			a				l	l			l	l			a				l	l			l	l			a							
Horno de Crisol	l	l			l	l			a				l	l			l	l			a				l	l			l	l			a				l	l			l	l			a							
Compresor 1					a								l				a								l				a								l				a											
Compresor 2									a												a												l				a															
Ventiladores					l								a								l								l				a												l							
Mezcladora 1																	a								l																l											
Mezcladora 2																	a								l																l											
Mezcladora 3					l												l								l												l				a											
Mezcladora 4					l												l								l												l				a											
Grúa 5 Tons.					l												a								l												l				a											
Grúa 15 Tons.					l												a								l												l				a											
Moldes																																																				

REFERENCIA :
 l Limpieza
 r Revisión General
 a Ambas

Nota: El mantenimiento se realizará el día acordado entre gerencia y taller de fundición.

Fecha: _____

Figura 12. Programa semanal de mantenimiento preventivo.

4.6 Registros

Los registros del equipo son necesarios en el mantenimiento de una empresa para el anuncio de reparaciones, cambios y piezas de repuestos, accesorios, así como para la asignación de programas de inspección. El valor de estos informes es ilimitado. En caso de paro pueden conseguirse inmediatamente especificaciones exactas de la máquina y las piezas y el nombre y dirección del fabricante. Si la cuestión se refiere al tamaño, peso, lubricación, transmisión de potencia, elementos de protección o fecha de adquisición la información se encuentra allí. En la hoja de registro de equipo, se facilita espacio para la anotación de las piezas de sustitución esenciales que han de almacenarse.

Figura 11. Boleta de hoja de registro o ficha técnica.

FUNDIDORA BERNAL S.A.			
HOJA DE REGISTRO			
EQUIPO: _____	No: _____		
LOCALIZACIÓN: _____			
MARCA: _____	MODELO: _____		
SERIE: _____	TIPO: _____		
MOTOR: _____	RPM: _____		
VOLT: _____	POTENCIA: _____		
TIPO DE LUBRICANTE: _____	CANT. LUB: _____		
FABRICANTE: _____	PROVEEDOR: _____		
FECHA PEDIDO: _____	NO. PEDIDO: _____		
FECHA DE INSTALACIÓN: _____	COSTO: _____		
ANCHO: _____	LARGO: _____		
ÁREA OCUPADA: _____	CARGA TOTAL CONECTADA: _____	kW.	
REPUESTOS RECOMENDABLES			
CANT.	DESCRIPCIÓN	NUMERO	CÓDIGO

4.7 Ruta de mantenimiento

En el punto anterior se definió la manera en que se va a realizar el programa de mantenimiento preventivo así como se estableció el momento exacto en que se va a llevar a cabo. Sin embargo, el programa de mantenimiento debe de estar sujeto a una constante supervisión y revisión por parte del supervisor o jefe de mantenimiento, pues este deberá de velar por que se cumpla a cabalidad el programa.

Además, el supervisor de mantenimiento deberá obedecer la ruta de mantenimiento consistente en darle prioridad a los equipos críticos en el proceso de fundición, estos equipos son: hornos, tornos, grúas, y calibradoras.

Aún con un correcto programa de mantenimiento las máquinas podrán fallar, pero en menor escala o bien de manera ya sabida no en forma repentina como sucede cuando no existe un programa de mantenimiento preventivo, por lo que el supervisor de mantenimiento deberá respetar la ruta de mantenimiento a seguir para llevar a cabo su objetivo.

El supervisor de mantenimiento, supervisará las actividades de mantenimiento en las fechas ya indicadas, además tendrá la autoridad para hacer órdenes de trabajo y contar con el equipo necesario para realizar dicha orden, seguidamente él poseerá las hojas de registros de todas las máquinas y el historial propio de cada máquina. El supervisor y su personal de mantenimiento deberán respetar los parámetros establecidos en ambas hojas con el propósito de realizar el trabajo de la manera más eficiente posible.

El mantenimiento preventivo no sólo debe contar con las especificaciones del equipo, sino también debe de estar respaldado por un adecuado stock de repuestos, el cual en la fundidora no existe, por lo que debe ser creado el siguiente sistema de ingreso de repuestos basado en las órdenes de trabajo, hoja de registro y el historial del equipo.

Requisición de repuestos y materiales. Con la requisición, el planeador programador puede solicitar lo que necesite, mientras que el almacén con la misma requisición hace su movimiento de descargue. Entre el personal que podrá autorizar una requisición se encuentra el planeador programador, el supervisor de mantenimiento y todo jefe que necesite algún material o repuesto específico de su área.

Solicitud de compra. Para efectuar la compra de cualquier artículo debe elaborarse previamente por el almacenista una solicitud de compra, en original y tres copias. La solicitud se emitirá cuando los artículos en existencia en el almacén hayan llegado a su stock mínimo. También será necesario realizar la solicitud de compra cuando se necesite un artículo que no sea de stock. La solicitud de compra deberá indicar el carácter del trámite de compra, es decir, si es normal o urgente.

La distribución del original y las copias será: Original: se enviará a la sección de compras y quedará finalmente acompañando el comprobante de pago. Primera copia: se enviará a la sección de compras para el correlativo y seguimiento del trámite de compra. Segunda copia: quedará en el almacén en su correlativo, para su control de compras por surtir y surtidas. Tercera copia: quedará para el solicitante; en mantenimiento le quedará al planeador programador y la adjuntará a la orden de trabajo la colocará en un archivo temporal.

Cotizaciones. La sección de compras deberá solicitar como mínimo tres cotizaciones a diferentes proveedores, salvo casos especiales, como distribuidor único, en los cuales dicho distribuidor debe tener un reconocido prestigio.

Órdenes de compra. Con base en las cotizaciones realizadas se llenará el documento record de precios, el cual permitirá determinar con facilidad la mejor cotización y la emisión inmediata de la orden de compra. Las ordenes de compra deben ser revisadas por el departamento de contabilidad y autorizada por la gerencia general.

El diseño de las boletas de control, lo dividiremos en tres grupos principales. La separación por grupos se refiere al tipo de información requerida en cada tipo de boleta, el primer grupo se refiere a las boletas que nos dan información sobre el equipo mismo, tales como su información técnica, mantenimiento y mejoras realizadas en el equipo en tiempo atrás; boletas de control de aplicación de mantenimiento preventivo.

En este grupo se encuentran: Ficha técnica, Historial del Equipo, Hoja de Visitas, Hoja de Lubricación. El segundo grupo, se refiere a las boletas que nos permiten planificar, ejecutar y controlar, que los trabajos de mantenimiento se realicen en el tiempo mínimo con el más bajo costo. Básicamente se refieren a la nivelación necesaria de mano de obra para cada actividad. En este grupo se encuentra: Orden de trabajo, control de órdenes de trabajo (ya definido anteriormente) y el reporte de actividades. El tercer y último grupo, se refiere al suministro de recursos necesarios para llevar a cabo eficientemente el mantenimiento, o sea al control de inventario de repuestos y materias auxiliares de mantenimiento.

4.8 Informe sobre las visitas al equipo

Se ha dicho que en el mantenimiento preventivo, las visitas al equipo son una actividad muy importante e imprescindible que nos ayuda a detectar y prevenir las fallas. Para que la visita sea efectiva y el trabajo del supervisor de mantenimiento sea productivo, la visita debe efectuarse en forma sistemática poniendo énfasis especial en los puntos importantes de cada máquina. Es una hoja diseñada en función de la maquinaria existente y de acuerdo a las especificaciones del proveedor, para facilitar y hacer más efectiva la función del supervisor de mantenimiento, enmarcando en la misma, los puntos más importantes que debe revisar en cada equipo.

4.10 Autorización de mantenimiento

La autoridad o bien la autorización de realizar actividades en el mantenimiento preventivo pertenece en primer lugar el programa de mantenimiento preventivo vigente en la empresa, pero como ya se dijo que aún cuando se realice un adecuado mantenimiento preventivo habrán ocasiones en las que los equipos fallarán por lo que en segundo lugar la autoridad o autorización pertenece a el supervisor de mantenimiento y en su defecto pertenece a la gerencia.

Esta medida se toma debido a que de esta manera se respeta la jerarquía de autoridad que existe dentro de la empresa y específicamente en el área de mantenimiento, la cual es responsable de la conservación y adecuado funcionamiento de la maquinaria y equipo de la empresa, además de asegurar la continua prestación del servicio para le cual fueron creado los equipos.

El supervisor de mantenimiento también autorizara los trabajos realizados en las máquinas y equipos, siempre y cuando cumpla con los requerimientos adecuados del que él tenga conocimiento, si dado caso el trabajo de reparación no cumple con los requerimientos adecuados él esta en la entera potestad de rechazar el trabajo realizado.

5. LUBRICACIÓN

5.1 Introducción

Uno de los requerimientos más importantes de los programas de mantenimiento preventivo es el programa de lubricación. La vida útil del equipo y maquinaria depende en gran parte de una correcta lubricación, como consecuencia de una deficiente o nula lubricación existe un alto porcentaje de averías en las máquinas y equipos.

Una adecuada lubricación permitirá obtener un costo mínimo de mantenimiento, menos problemas para el departamento de mantenimiento y una reducción de los costos de producción. Las funciones básicas de un lubricante son: reducción de la fricción, disipación del calor y dispersión de los contaminantes.

5.2 Lubricación

Fundamentalmente la lubricación es: la reducción de la fricción a un mínimo, reemplazando la fricción sólida por la fricción fluida. La investigación química y tecnológica encuentran un notable campo de aplicación en la consecución de lubricantes líquidos, plásticos y sólidos que permiten anular o reducir el roce entre componentes móviles de una máquina. Se le llama lubricación a toda actividad que lleve a cabo la aplicación de un lubricante. Los aceites lubricantes son sustancias imprescindibles para que los motores y máquinas funcionen correctamente. Gracias a su viscosidad, recubren las superficies metálicas con una película que evita la fricción entre metales, la cual daña o destruye las piezas de cualquier mecanismo.

El fenómeno físico de la lubricación puede considerarse bajo dos puntos de vista: el de la hidrostática, aplicada para efectuar los movimientos de maquinaria de precisión, y que esta basada en la presión del fluido lubricante, y el de la hidrodinámica, considerada en las máquinas rotativas en las que se aprovecha el movimiento del eje así como la holgura entre el eje y el cojinete para mantener la película lubricante para evitar el contacto directo entre metales.

Fricción es la resistencia al movimiento entre dos superficies cualquiera en contacto directo. Desde los primeros tiempos el hombre conoció la fricción. Para hacer fuego, frotaba dos palos secos aprovechando el calor producido por la fricción. Cuando caminamos estamos haciendo uso de la fricción que impide el deslizamiento de los pies, otros ejemplos pueden ser clavar un clavo, arrastrar una plancha, frotarse las manos, etc. Cuando esta misma fricción se produce en los órganos de máquinas, sus efectos no son tan favorables, ya que destruye la efectividad del equipo por el desgaste, el calor y la demanda de mayor potencia, acortando la vida útil de las máquinas. El hombre primitivo se dio cuenta que necesitaba un esfuerzo considerable para arrastrar una piedra o un tronco, Rápidamente notó que era mucho más fácil hacer rodar la piedra o el tronco. Finalmente, descubrió que un tronco, tan difícil de mover en la tierra era fácilmente transportable en un río. Aquí vemos por primera vez en acción a la fricción fluida.

Clasificación de la fricción

La fricción se clasifica en dos tipos:

- Fricción sólida
 - Fricción fluida
- { a) Fricción sólida deslizante
b) Fricción sólida rodante

Fricción Deslizante. Se produce cuando dos superficies cualquiera en contacto directo se deslizan una sobre otra sin lubricación, ésta ocurre en los pistones, en los descansos planos o en su eje.

Fricción rodante. Se produce cuando un cilindro o una esfera rueda sobre otra superficie sin lubricación, como sucede con una pelota o con un rodamiento. En este caso se necesita una fuerza menor para producir el movimiento, sin embargo, como no hay lubricación, siempre se puede esperar desgaste y calor. Si ahora se le agrega una capita de aceite a las superficies en contacto, se apreciará que los esfuerzos para producir el movimiento son menores. Entonces los contactos son: cuerpo-aceite-cuerpo y a esto le llamamos fricción fluida.

5.1.1 Tipos de lubricación

Todo lubricante debe cumplir en mayor o menor medida condiciones tales como la capacidad de lubricar o sea eliminar la fricción, reducir el desgaste y refrigerar gracias a su viscosidad, la untuosidad y la facilidad para ser bombeado a presión. Genéricamente se diferencian como grandes grupos en el ámbito de los lubricantes los de origen natural y los sintéticos, si bien muchos de los primeros han de ser sometidos a diferentes procesos industriales antes de ser aplicados.

Existen tres tipos de lubricantes en general, el primer tipo de lubricante es el más conocido o sea el lubricante líquido, conocido generalmente como aceites lubricantes, el segundo tipo de lubricante se refiere a las grasas lubricantes o lubricantes pastosos y el tercer tipo es el de lubricantes sólidos, este tipo de lubricantes comprende, desde aleaciones de materiales como *babbitt* y bronce hasta plástico y teflón. Uno de los principales conjuntos de lubricantes lo constituyen los aceites, diferenciando entre

grasos y minerales o derivados de la destilación del petróleo crudo. También se utilizan aceites compuestos, mezcla de los dos tipos anteriores y aceites adicionados, es decir, complementados por la acción de aditivos que permitan incrementar determinadas propiedades. Entre estos últimos destacan los destinados a elevar el índice de viscosidad, los antiherrumbre, los antiespumantes y los detergentes.

Entre los lubricantes sólidos cabe mencionar por otra parte, el grafito, adecuado por su gran capacidad de adhesión a los metales, la molibdenia, el talco, la mica y el yeso. Por cuanto se refiere a los lubricantes sintéticos cabe mencionar entre los más empleados en las distintas áreas de la industria las siliconas, los hidrocarburos halogenados. En este trabajo de graduación se hará énfasis en dos de los tres tipos de lubricantes debido a que son los más utilizados en el tipo de industria en estudio.

Aceites Lubricantes. Los aceite lubricantes son sustancias caracterizadas por presentar un grado de viscosidad variable, aunque siempre mayor que el del agua, por ser insoluble en ésta. Pueden ser de origen animal, vegetal o mineral y su aplicación se distribuye en dos áreas: un relativamente reducido porcentaje de los aceites vegetales se utiliza para la alimentación y el resto, diferenciado en numerosas categorías se utiliza para uso industrial. Entre los diversos grupos de aceites que tienen aplicación en la industria cabe mencionar el de los aceites ligeros, pesados y residuales, que se originan en el proceso de destilación del alquitrán de hulla. Entre ellos se encuentran diversos compuestos de gran importancia química como son la piridina, el tolueno, el fenol, el naftaleno o los cresoles. Además de su aplicación directa en la investigación química, este tipo de sustancia intervienen en la protección de objetos lustrosos y en la vaporización en calderas industriales. Sus fines son, principalmente, dos:

- Disminuir el coeficiente de rozamiento
- Actuar como medio dispersor del calor producido

Además, con el se consiguen los siguientes objetivos secundarios:

- Reducir desgastes por frotamiento
- Disminuir o evitar la corrosión
- Aumentar la estanqueidad en ciertos órganos (cilindros, segmentos, juntas, etc.).
- Eliminar o trasladar sedimentos y partículas perjudiciales

Propiedades básicas de los aceites lubricantes

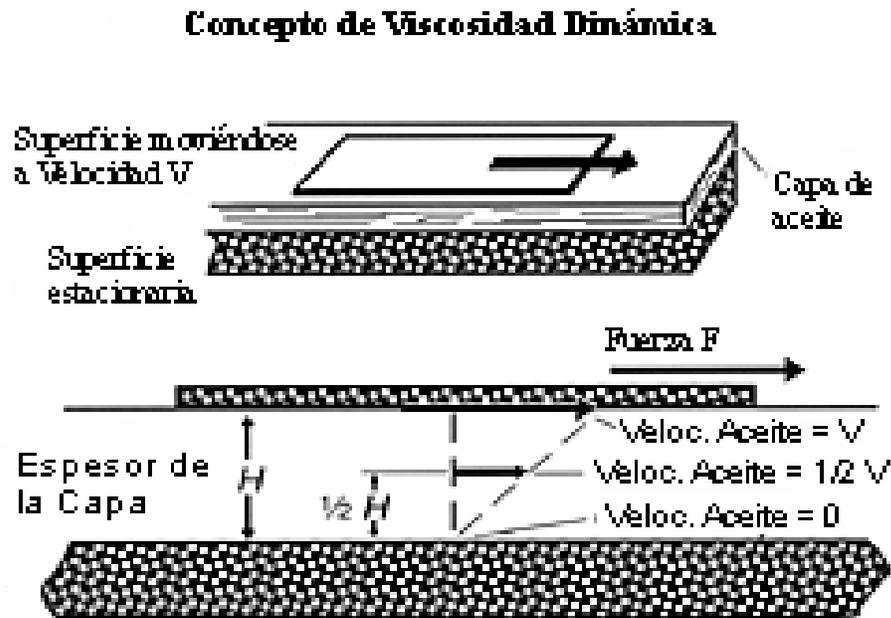
Para que los aceites cumplan con la función de lubricante deben tener ciertas características, las principales son:

Viscosidad. Es la medida de la resistencia del aceite a fluir. Ejemplo: SAE 30, SAE 40, etc. El agua que fluye libremente se considera que tiene baja viscosidad y un aceite que fluye muy poco se considera que tiene alta viscosidad.

La selección de un aceite con la viscosidad apropiada es presentan las siguientes condiciones de trabajo:

- Bajas temperaturas
- Baja carga (presión)
- Alta velocidad

Figura 15. Diagrama de viscosidad dinámica.



El trabajo de las máquinas, en algunas empresas, normalmente no se desarrolla bajo estas condiciones extremas, sino que bajo una combinación de estas condiciones de trabajo. Es problema del fabricante estudiar estas diferentes condiciones para recomendar el lubricante adecuado, si estas recomendaciones no existen, debemos entonces usar nuestro criterio para determinar el lubricante adecuado. Fundamental para la formación de una cuña de aceite capaz de mantener separadas las superficies lubricadas de acuerdo con la carga de trabajo a que está sometida la máquina.

La viscosidad varía con la temperatura. Por esto no basta decir que la viscosidad de un aceite es de 50 segundos, hay que agregar a que temperatura se hizo la medición. Generalmente, en Sistema Norteamericano, las mediciones se hacen a tres temperaturas

características: 100°F-130°F y 210°F. A MAYOR TEMPERATURA, EL ACEITE ES MENOS VISCOSO.

El índice de viscosidad. Es un número empírico que indica la mayor o menor facilidad con que cambia la viscosidad al variar la temperatura. Un índice de viscosidad bajo indica que a un aumento de la temperatura, hay un gran cambio de viscosidad, por el contrario, un índice de viscosidad alto indica que a un aumento de temperatura cambia muy poco la viscosidad. Viscosidad y velocidad son dos conceptos que se combinan para mantener una buena película de aceite. Si un eje gira a baja velocidad, debe usarse un aceite de viscosidad alta o gruesa, en cambio, a medida que aumenta la velocidad de giro, se necesita un aceite de viscosidad baja o delgada.

Cuando la velocidad de giro es baja, hay espacio libre entre cojinete y gorrón; por esto se usa un aceite pesado de velocidad alta. Cuando la velocidad de giro es alta, se necesita un mayor ajuste y, en consecuencia, se usa aceite delgado o de baja viscosidad.

Viscosidad y carga (presión). La carga es un concepto que debe ser considerado porque el aceite debe tener una viscosidad tal que sea capaz de mantener una película de aceite soportando la carga máxima de trabajo.

Relación entre las características de un aceite y las condiciones de trabajo

- A mayor temperatura de trabajo, corresponde usar un aceite más viscoso
- A mayor carga de trabajo (presión), corresponde usar aceite más viscoso
- A menor velocidad, corresponde usar un aceite más viscoso

Entonces es aquí donde se decide la importancia de la viscosidad del aceite para cada tipo de aplicación. Se utiliza aceite de alta viscosidad cuando se presentan las siguientes condiciones de trabajo:

- Altas temperaturas
- Alta carga (presión)
- Baja velocidad

Se utiliza aceite de baja viscosidad (aceites livianos) cuando se presentan las siguientes condiciones de trabajo:

- Bajas temperaturas
- Baja carga (presión)
- Alta velocidad

El trabajo de las máquinas, en algunas empresas, normalmente no se desarrolla bajo estas condiciones extremas, sino que bajo una combinación de estas condiciones de trabajo. Es problema del fabricante estudiar estas diferentes condiciones para recomendar el lubricante adecuado, si estas recomendaciones no existen, debemos entonces usar nuestro criterio para determinar el lubricante adecuado.

Punto de inflamación. Es aquella temperatura a la que el aceite produce suficientes vapores como para que se enciendan en presencia de una llama. A esta temperatura el aceite no arde, sólo lo hacen sus vapores.

Punto de ignición. Es aquella temperatura a la que el aceite continúa quemándose sin ayuda de llama. Esta temperatura es generalmente 50°F más alta que el punto de inflamación. Estas dos temperaturas deben considerarse cuando se selecciona un aceite para ser usado a elevadas temperaturas. El lubricante debe tener un punto de inflamación mayor que la temperatura más alta de operación.

Punto de fluidez. Es la temperatura más baja a la que un aceite puede fluir. Es una característica muy importante cuando se trabaja a bajas temperaturas, por ejemplo, en un refrigerador. Existen aceites que fluyen hasta -75°F , para ellos se les agrega sustancias especiales que bajan el punto de fluidez.

Absorción. Es la cualidad que tiene un aceite para adherirse a la superficie que lubrica. Incluye la resistencia a deslizarse por gravedad, como a ser desplazado por el agua u otros disolventes.

Residuo carbónico. Es la medida de la cantidad de carbón que queda después que se ha quemado el aceite. El aceite con bajo residuo carbónico es mejor como lubricante que los con alto residuo.

Color. El color del aceite no es una indicación de calidad. Es controlado por el fabricante para mantener cada tipo de aceite con un color estable, sin embargo, si conocemos el color del aceite sin uso, podemos tener una idea general de su estado después de un tiempo de trabajo por el color que presenta.

Aditivos. Se han nombrado algunas de las cualidades más importantes de los aceites, pero existen otras y, aún más, se puede dar cualidades especiales añadiendo sustancias características, denominadas: aditivos.

Tipos de aditivos

- ACEITES GRASOS: que ayudan a emulsionar el lubricante, cuando trabaja bajo condiciones muy húmedas.
- INHIBIDORES CONTRA OXIDACIÓN: que protegen al lubricante contra la acción del oxígeno, evitando la formación de lacas, barnices, etc.
- DETERGENTES: mantienen limpias las superficies lubricadas

Grasas

Las grasas son usadas en aplicaciones donde los lubricantes líquidos no pueden proveer la protección requerida. Es fácil aplicarlas y requieren poco mantenimiento.

Las principales propiedades de las grasas son que se quedan adheridas en el lugar de aplicación, provee un sellamiento y un espesor laminar extra. Las grasas contienen tres componentes principales: Número de Penetración, punto de goteo, base de jabón.

Características de las grasas lubricantes. Las grasas lubricantes ocupan un lugar en la industria tan importante como los aceites, ya que son especialmente indicadas para algunos tipos de máquinas. Se forman a base de aceites minerales a los que se le agregan compuestos jabonosos para darle su consistencia característica. Las grasas se seleccionan de acuerdo con sus características, algunas de las más importantes son las siguientes:

Número de penetración. Se usa para medir la consistencia de las grasas, y está basada en la penetración de un cono en un tiempo dado. Por ejemplo si realizásemos esta experiencia con mantequilla y mayonesa que teníamos en un refrigerador; en la mayonesa el cono penetra profundamente, por lo que se dice que tiene un alto número de penetración. Lo contrario sucederá con la mantequilla. Se usa grasa con número de penetración bajo cuando se requiere que el lubricante no sea fácilmente desplazable. Por ejemplo, en los procedimientos de poca velocidad y gran carga o trabajando a temperaturas elevadas. Las grasas con número de penetración alto deben usarse en descansos con velocidades altas y cuando la grasa debe ser bombeada por cañería.

Punto de goteo. Es aquella temperatura a la que aparece la primera gota. El punto de goteo debe ser considerado cuando se selecciona una grasa para trabajar a una

temperatura dada, por ejemplo, si la temperatura de operación de un descanso es de 220°F, debemos usar una grasa cuyo punto de goteo esté sobre los 220°F, en caso contrario la grasa se fundirá y fluirá fuera del descanso durante la operación.

Base de jabón. Es usada en la fabricación de grasas y es importante porque de acuerdo con ella se pueden elegir grasas:

- Para operaciones a altas o bajas temperaturas
- En ambiente seco o húmedo
- Y para las diversas combinaciones de operación que puedan presentarse

Aceites versus grasas

El problema es ahora es saber decidir cuando se debe utilizar aceite y cuando grasa. En general el problema se presenta a controversia, ya que cada tipo de lubricante tiene sus ventajas y desventajas.

La decisión depende:

- Del diseño de los procesos
- De las condiciones de operación
- Del tipo de máquina que debe lubricarse

Ventajas de las grasas

- Permite un escape menor de lubricante, lo que es especialmente útil en algunas industrias en las que el producto final debe ser limpio.
- Obtura mejor, previniendo contra la entrada de partículas extrañas o agua.
- Disminuye la frecuencia de la lubricación, por lo que se emplea especialmente en aquellos puntos difíciles de lubricar.

- Es más fácil mantenerlas en las cajas de lubricación por su consistencia plástica.
- Se necesita menor cantidad de lubricante que cuando se usa aceite (esto se observa especialmente en los rodamientos)
- Es más efectiva cuando se opera con velocidades bajas y grandes cargas.

Ventajas de los aceites

- Es más fácil de purgar y rellenar. Esto constituye una gran ventaja cuando es necesario lubricar frecuentemente debido a las necesidades del servicio.
- Es más fácil controlar la correcta cantidad del lubricante.
- Se adapta más fácilmente a todas las partes de la máquina.
- Se puede usar en un rango mayor de temperatura y velocidades, especialmente cuando las temperaturas están bajo los 32°F y sobre los 200°F.
- Ofrecen un mayor rango de viscosidades para elegir de acuerdo con las velocidades y las cargas.
- Permite su aplicación por diversos motivos.

5.2.1.1. Tipos de aceites lubricantes

Conociendo las cualidades que debe tener un aceite lubricantes, los fabricantes han clasificado los aceites de la siguiente manera se dividen en cuatro subgrupos:

Aceites minerales. Obtenidos de la destilación fraccionada del petróleo, y también de ciertos carbones y pizarras.

Aceites de origen vegetal y animal. Son denominados también aceites grasos y entre ellos se encuentran: aceite de lino, de algodón, de colza, de oliva, de tocino, de pezuña de buey, glicerina, etc.

Aceites compuestos. Formados por mezclas de los dos primeros, con la adición de ciertas sustancias para mejorar sus propiedades.

Aceites sintéticos. Constituidos por sustancias líquidas lubricantes obtenidas por procedimientos químicos. Tienen la ventaja sobre los demás de que su formación de carbonillas es prácticamente nula; su inconveniente consiste en ser más caros.

Entre los subgrupos mencionados, merecen especial atención los aceites minerales, por ser los lubricantes líquidos más empleados. Se obtienen por la destilación del petróleo bruto, de la cual se originan también otros productos (éter, gasolina, petróleo, gas oil, fuel-oil, etc.). Una vez destilados, son convenientemente tratados para purificarlos y mejorar sus propiedades básicas con aditivos. Los lubricantes proporcionan funciones básicas, como el control de la fricción, temperatura, desgaste y corrosión. Los lubricantes sintéticos, deben ser utilizados donde una o más de esas funciones no pueden ser cubiertas por los lubricantes convencionales. Aplicaciones típicas de la industria para los sintéticos incluyen ambientes de trabajo muy calientes, o sucios, altas cargas y bajas velocidades o exposición a climas muy fríos. Deberán evitarse aplicaciones en las que los sistemas sean especialmente sucios y que requieren un cambio frecuente de aceites para mantener un aceptable nivel de limpieza, o cuando las fugas en los sistemas no pueden ser fácilmente o económicamente eliminadas.

Selección de lubricantes. Actualmente están desapareciendo en la industria los llamados lubricantes para uso general, que han sido desplazados por los adecuados a cada aplicación específica. Según sea esta, se pueden citar los siguientes:

- Para cojinetes a fricción
- Para rodamientos a bolas y rodillos
- Para engranajes

- Para automóviles
- Para compresores frigoríficos
- Para compresores de aire
- Para la industria textil
- Para turbinas hidráulicas
- Para máquinas de vapor
- Para mandos hidráulicos
- Para mecanizado de metales
- Para transformadores eléctricos

De todos ellos, aquí se relacionan los más utilizados, ya que no se pretende hacer un tratado sobre lubricantes.

Lubricantes para cojinetes a fricción. Para esta aplicación interesa fundamentalmente la viscosidad del aceite, la cual deberá elegirse de acuerdo con las condiciones de trabajo, carga que actúe sobre el eje, velocidad de giro y temperatura de funcionamiento, con objeto de poder mantener un espesor mínimo de película. En la tabla III se exponen las viscosidades mas genéricas.

Todos los lubricantes tienen su nivel de viscosidad, medido siempre en grados Engler a 50° de temperatura, que indican su aplicación.

Tabla III. Características de lubricantes a diferentes cargas.

Viscosidades

Cargas	kg/cm²	Velocidad lineal m/seg	Temperatura, trabajo °C 50°	Viscosidad Engler
Muy ligeras	hasta 2	de 0.2 a 10	hasta 50°	De 1.6 a 2.6
Ligeras Medias	de 2 a 10	de 5 a 10 y a 15	hasta 50°	3.4
Pesadas	de 10 a 80 mas de 80	de 0.1 a 1 de 1 a 2.5 de 2.5 a 10	hasta 50°	4,6,8,10,12

Lubricantes para rodamientos. En general, los rodamientos se lubrican con grasa que los protege de la oxidación y la corrosión, así como contra la penetración de polvo. Debido a que las grasas son menos fluidas que los aceites, permanecen durante mucho tiempo sin tener que reponerse. Las mas utilizadas son las sódicas.

Lubricantes para engranajes. Al seleccionar lubricantes para engranajes, deben considerarse los siguientes factores:

- Tipo de engranaje (cilíndrico, cónico, etc.).
- Velocidad de funcionamiento
- Potencia transmitida
- Temperatura de trabajo
- Régimen de funcionamiento (con o sin cheques).
- Procedimiento de engrase (inmersión, chorro).

La viscosidad de estos aceites debe estar en proporción directa con la potencia, temperatura y régimen de funcionamiento, y en proporción in-versa con la velocidad.

Fluidos para mandos hidráulicos. Las características que deben reunir los fluidos para mandos hidráulicos son las siguientes:

- Propiedades antiespumantes, desemulsionantes, antioxidantes y anticorrosivas.
- Punto de inflamación elevado
- Estabilidad al batido al cual se los somete
- No atacar al caucho o a los materiales de las juntas
- Viscosidad apropiada

Para los circuitos hidráulicos, suelen adaptarse y emplearse dos tipos de fluidos: aceites de petróleo y fluidos sintéticos, siempre con los aditivos necesarios para que cumplan las especificaciones.

En los circuitos hidráulicos es muy importante que una de las especificaciones, como es la antiespumabilidad se verifique, ya que si formase espuma, esta contendría aire y habría que purgar continuamente los circuitos, con las consiguientes repercusiones en el trabajo.

Lubricantes para automóviles. Debido al gran consumo de lubricantes originado por el automóvil, se ha desarrollado una gama completa de ellos que cubre todas las necesidades determinadas por las condiciones especiales a que son sometidos.

Aceites para motores. Son aceites con aditivos contra la corrosión y oxidación, por las altas temperaturas a que deben funcionar, según la SAE. El número SAE fue establecido por la sociedad americana de ingenieros automotrices para especificar gamas de viscosidades de aceites para automóviles. Los números de invierno (SAE-5W, 10W, 20W) se determinan a temperaturas bajo cero, y los de

ve-rano (SAE-20, 30, 40, 50, 60) a 100 °C. Respecto de sus propiedades, estos aceites se dividen en tres categorías principales:

Aceite Regular (normal o ML). Mineral, sin aditivos y para trabajos ligeros y moderados corrientes.

Aceite Premium (de primera o MM). Con aditivos antioxidantes y anticorrosivos y con un ligero poder detergente.

Aceite Servicio Pesado o Heavy Duty (detergente, MS). El cual además de antioxidante y anticorrosivo, es detergente. Se emplea para motores destinados a trabajos fuertes. A esta categoría pertenecen también los aceites especiales para motores Diesel, de gran poder detergente. Suplemento 1 (Servicio DG), para esfuerzos y temperaturas normales.

Suplemento 2 (Servicio DS), para esfuerzos muy duros y temperaturas muy elevadas. La viscosidad de los aceites para motores se indica mediante los numero SAE, siendo mas alta cuanto mas lo es el numero:

- SAE-5W, SAE-10W, SAE-20W (para frió riguroso)
- SAE-20W, SAE-30, SAE-40, SAE-50

Multigrado. Son aceites que poseen la propiedad de aumentar la viscosidad de los aceites cuando el motor funciona a elevadas temperaturas, en lugar que los aceites minerales que su viscosidad disminuye a alta temperatura; con ello se disminuye el efecto que causa la temperatura en la viscosidad de los aceites normales.

Aceites para las cajas de cambio y el diferencial. Contienen aditivos (cloro, azufre, fósforo) para mantener la película de aceite mínima a las elevadas presiones de trabajo de los engranajes de cambio y del diferencial. La clasificación SAE de las viscosidades es la siguiente: SAE-75, SAE-80, SAE-40, SAE-140, SAE-240

No deben emplearse para motores, ya que los aditivos que contienen son adecuados única y exclusivamente para las aplicaciones específicas del aceite, y podrían originar graves averías.

5.2.1.2 Tipos de grasas lubricantes

Las grasas son dispersiones de aceite en jabón. Se emplean para lubricar zonas imposibles de engrasar con aceite, bien por falta de condiciones para su retención, bien porque la atmósfera de polvo y suciedad en que se encuentra la máquina aconseja la utilización de un lubricante pastoso. Una de las características más importantes de las grasas es el *punto de goteo*, es decir, la temperatura mínima a la cual la grasa contenida en un aparato especial empieza a gotear por un orificio situado en la parte inferior. Es muy importante, ya que permite conocer la temperatura máxima de empleo.

Según el jabón que las forma, las grasas pueden ser cálcicas, sódicas, al aluminio, al litio, al bario, etc. Y sus características y aplicaciones son las siguientes:

Grasas cálcicas. Tienen un aspecto mantecoso, son insolubles en agua, resisten 80 °C y son muy económicas. Se emplean para lubricar rodamientos situados en los chasis de los automóviles y rodamientos de máquinas que trabajen a poca velocidad y a menos de 70 °C.

Grasas sódicas. Tienen un aspecto fibroso, son emulsionables en agua, resisten 120 °C y son poco fusibles. Se emplean para rodamientos en que no haya peligro de contacto con el agua.

Grasas al aluminio. Son de aspecto fibroso y transparente, insolubles en el agua, muy adhesivas y muy estables. Resisten hasta 100 °C. Se emplean en juntas de cardan, cadenas, engranajes y cables, y en sistemas de engrase centralizado.

Grasas al litio. Son fibrosas, resisten bastante bien el agua y pueden utilizarse desde -20 hasta 120°C. Se emplean para aplicaciones generales (rodamientos, pivotes de mangueta en automóviles), conteniendo, si es necesario, bisulfuro de molibdeno.

Grasas al bario. Son fibrosas y mas resistentes al agua que las de litio, y su máxima temperatura de empleo es de 180°C. Se emplean para usos generales.

5.3 Aplicación de las diversas formas de lubricación

Con todos los conceptos antes mencionados se tiene una referencia de cada lubricante sin importar cual sea su origen, el siguiente paso es el de conocer en que forma se debe aplicar el lubricante seleccionado, en la industria se encuentran en ocasiones maquinaria que tiene de dos a tres formas de lubricación individualmente, por lo que es importante conocer cuando y donde se debe aplicar cada forma particular de lubricación, en primer lugar se mencionará las principales formas de lubricación y luego se hará detallará las aplicaciones de dichas formas de lubricación entre las principales formas de lubricación están:

Lubricación escasa. Forma de lubricación entre dos superficies sin la formación de una película lubricante completa. La lubricación escasa puede ser más efectiva incluyendo aditivos en el aceite para proporcionar una película mas fuerte para prevenir el desgaste y la excesiva fricción. Hay diferentes grados de lubricación escasa, dependiendo de la severidad del servicio. Para servicio ligero, algunos agentes de oleosidad son recomendados; recubriendo la superficie de los metales con una película delgada durable, estos agentes de oleosidad, protegen los metales bajo condiciones que son muy

severas para los aceites minerales puros. Los aceites compuestos, que están formulados con aceites grasos polares, son algunas veces utilizados para este propósito.

Los aditivos antidesgaste, son comúnmente utilizados en aplicaciones más severas. Los casos más severos de lubricación escasa se definen como aplicaciones de extrema presión; las cuáles se tiene que cubrir con la aplicación de lubricantes que contengan aditivos EP, que previenen las superficies deslizantes de soldarse a las altas temperaturas y presiones.

Lubricación a película delgada. Una condición de lubricación en la que el espesor de la película lubricante es tal que la fricción entre las superficies es determinada por las propiedades de la superficie así como por la viscosidad del lubricante.

Lubricación centralizada. Sistema de lubricación en el que una cantidad medida de lubricante es aplicada a diferentes puntos en una máquina o grupo de máquinas desde un equipo central, tal como es el caso de una bomba de lubricación.

Lubricación circulante. Un sistema de lubricación en el cuál el lubricante, una vez que ha pasado por el componente a lubricar, es recirculado por medio de una bomba.

Lubricación de película completa. Presencia de una película continua de lubricante suficiente para separar completamente dos superficies. La lubricación de película completa es normalmente lubricación hidrodinámica, en la que el aceite se adhiere a las superficies en movimiento y es forzado en el área en medio de las superficies deslizantes, donde forma una cuña de presión o hidrodinámica.

Lubricación forzada. Un sistema de lubricación en el que el lubricante es surtido a la superficie del equipo mediante un dispositivo de presión por ejemplo, una bomba.

Lubricación hidrodinámica. Un sistema de lubricación en el que la forma y el movimiento relativo de las superficies deslizantes, causa la formación de una película fluida, teniendo suficiente presión para separar las superficies. Mantener una capa de líquido intacta entre superficies que se mueven una respecto de la otra, se logra generalmente mediante el bombeo del aceite. Entre un cigueñal y su asiento existe una capa de aceite que hace que el cigueñal flote. El espesor de esta capa depende de un balance entre la entrada y la salida de aceite. El espesor de equilibrio de la capa de aceite se puede alterar por:

- Incremento de la carga, que expulsa aceite.
- Incremento de la temperatura, que aumenta la pérdida de aceite
- Cambio a un aceite de menor viscosidad, que también aumenta la pérdida de aceite.
- Reducción de la velocidad de bombeo, que disminuye el espesor de la capa

Lubricación Hidrostática. Un sistema de lubricación en el que el lubricante es abastecido mediante una presión externa suficiente para separar las superficies opuestas por una película de fino lubricante a presión constante.

Lubricación por anillo. Un sistema de lubricación en el que el lubricante es abastecido a los cojinetes por un anillo montado en una flecha.

Lubricación por salpique. Un sistema de lubricación en el que las partes de un mecanismo se sumergen y salpican el lubricante a ellas mismas o a otras partes del mecanismo.

Lubricación elastohidrodinámica. En baleros de elementos rodantes, la deformación elástica del rodamiento (aplanamiento) mientras rueda, bajo carga, en la superficie de la pista. Este aplanamiento momentáneo mejora las propiedades de lubricación hidrodinámicas por la conversión el contacto de punto o línea en contacto de superficie a superficie. A medida que la presión o la carga se incrementan, la viscosidad del aceite también aumenta. Cuando el lubricante converge hacia la zona de contacto, las dos superficies se deforman elásticamente debido a la presión del lubricante. En la zona de contacto, la presión hidrodinámica desarrollada en el lubricante causa un incremento adicional en la viscosidad que es suficiente para separar las superficies en el borde de ataque del área de contacto. Debido a esta alta viscosidad y al corto tiempo requerido para que el lubricante atraviese la zona de contacto, hacen que el aceite no pueda escapar, y las superficies permanecerán separadas.

La carga tiene un pequeño efecto en el espesor de la capa, debido a que a estas presiones, la capa de aceite es más rígida que las superficies metálicas. Por lo tanto, el efecto principal de un incremento en la carga es deformar las superficies metálicas e incrementar el área de contacto, antes que disminuir el espesor de la capa de lubricante.

Pérdida de lubricación. Las hipótesis simples hechas durante la discusión anterior, no siempre son válidas en la práctica. Bajo ciertas condiciones - tales como carga repentina, alta carga durante largo tiempo, alta temperatura, baja velocidad, o baja viscosidad - el sistema de lubricación no se mantiene en régimen hidrodinámico. Se llega a una situación en la cual existe un contacto intermitente entre las superficies metálicas, resultando en un aumento significativo de la temperatura, y una posterior destrucción de las superficies en contacto. Bajo estas circunstancias, la capa fluida no es capaz de proteger las superficies, y se deben emplear otras técnicas, como ser el agregado de aditivos formantes de capas protectoras sobre las superficies móviles.

Físicamente la forma en que se debe realizar la lubricación es el que a continuación se expresa, la aplicación de la lubricación se hará para lubricantes líquidos y grasas.

Métodos de aplicación de aceites lubricantes

- A pérdida
- Por depósito
- Por circulación
- Por mezcla aire lubricante

Métodos de aplicación de grasas lubricantes

- Manual
- Por depósito
- Por equipo mecánico manual y/o neumático que dispensa lubricante a un solo punto a la vez.

Sistemas y métodos de lubricación

- Directo
- Indirecto
- Paralelos (de una sola línea, de doble línea)
- En serie (de flujo reversible, de *manifold* con flujo no reversible).

Se debe tomar en consideración que grandes cantidades de lubricante pueden ser tan dañinas como cantidades muy pequeñas no controladas; sin embargo una falta total de lubricante es por supuesto, el peor enemigo de cualquier máquina.

Clasificación para aplicación de aceites lubricantes

Aceitado a pérdida. Este sistema el aceite pasa por los elementos de la máquina, cojinetes por ejemplo, solo una vez y luego se pierde para uso posterior, este método se subdivide en lubricación de aceite manual, aceite por gotero, aceite de mecha y botellas de lubricación.

- **Aceite manual:** es realizado mediante aceiteras manuales o con brocha, usualmente se aplica en equipos antiguos o en maquinaria moderna para rodamientos sometidos a bajas cargas y velocidad o en partes de poco movimiento (cojinetes, engranajes abiertos, cadenas, guías, correas, cables). La desventaja es que usualmente se aplica cantidades excesivas de lubricante que se desplaza rápidamente, permitiendo que el cojinete o engranaje opere con deficiente lubricación hasta el próximo periodo de aplicación. Además debido al factor humano los ciclos de lubricación pueden no ser llevados con regularidad.
- **Lubricación por gotero:** estas aceiteras permiten una lubricación uniforme y son utilizadas en aquellas maquinas que están en constante movimiento, el flujo de aceite se controla por medio de válvulas de agua.
- **Lubricación por mecha:** consiste en una mecha de lana virgen que se introduce dentro de un deposito con aceite, las hebras de la mecha permiten que el lubricante sea llevado del deposito hacia el cojinete, el flujo de aceite se regula variando la cantidad de hebras y el largo de la mecha que esta sumergida dentro del aceite.
- **Pin por vibración:** consiste en una botella invertida montada sobre el cojinete y ajustado con un pin deslizante que descansa sobre el eje, al girar el eje fuerza a la

vibración del pin, lo que permite el flujo de aceite hacia el cojinete a través de la holgura existente entre el pin y la guía.

Métodos por depósito

Estos sistemas utilizan el mismo aceite una y otra vez. Así mismo utilizan diferentes métodos para llevar el aceite del depósito hacia las partes en movimiento, como son:

- **Anillo**
- **Salpicadura:** este muestra tres formas principales que deben ser controladas (nivel de aceite, temperatura del aceite, cambios de aceite)
- **Cadena o callar para lubricación:** en este caso existe una pieza adicional que descansa sobre el eje, el cual al entrar en movimiento el eje permite que el anillo gire y lleve el aceite del depósito a los puntos donde se requiere.

Lubricación por gravedad

- **Sumidero húmedo:** es un sistema de circulación por presión, utiliza la parte inferior de equipo o de la máquina como sumidero de aceite.
- **Sumidero seco:** es similar al anterior, sin embargo aquí se utiliza un depósito diferente al de la máquina, del cual se extrae el aceite por medio de una bomba.

Sistemas de aire lubricante o niebla

Sistemas automáticos y centralizados de lubricación

Para la aplicación de grasas lubricantes:

- **A mano:** se aplica directa a la parte de la maquinaria que lo requiere utilizando la mano para ella. Este método es utilizado para el ensamble de la maquinaria, los rodamientos, los *bushings*, etc.
- **Sistemas mecánicos manuales y/o neumáticos:** dispensan grasa a un solo punto a la vez mediante aire o bien de forma manual.
- **Por sistemas centralizados:** dispensan a un número variable de puntos , cuenta con un depósito central el cual mantiene el contenido de grasa antes de su aplicación ya sea por medio de aire o por otro medio de aplicación.

Sistema centralizado de lubricación

Para que un sistema centralizado de lubricación sea confiable se necesita que el controlador central pueda desarrollar los pasos siguientes:

- Indicar fallos en la bomba
- Energizar la fuente de poder de la bomba
- Indicar fallos en fuentes de poder de la bomba
- Indicar filtros o líneas defectuosas en el sistema
- Indicar niveles bajos en el deposito de lubricación
- Indicar roturas en la línea principal de alimentación del lubricante
- Verificar que todas las válvulas dosificadoras operen adecuadamente

Lubricación de las máquinas y herramientas

Los fabricantes de las máquinas herramientas normalmente determinan el tipo de lubricante a ser aplicado en cada parte del equipo, dando las características del lubricante indicado, sea aceite o grasa, y en algunos casos citando el nombre del producto. Así, cabe al técnico de lubricación mediante las especificaciones del fabricante, indicar uno de sus productos que mejor se encuadren dentro de las especificaciones.

En términos generales, la lubricación de los tipos básicos de máquinas y herramientas es simple y puede ser resuelta con la recomendación de dos a cuatro tipos de lubricantes para un universo grande de máquinas.

Normalmente, en los tipos de máquinas presentados la caja de roscas y engranajes de cabezal de la base son lubricados por baño de aceite cuya indicación de lubricante atiende más a la viscosidad (ISO 68 a ISO 150), conteniendo o no agente antidesgaste. En este caso, serían recomendados según TEXACO los productos de la Serie Regal , en este caso en particular ya que exista necesidad de agente antidesgaste.

En los puntos de lubricación manual pueden ser aplicados los mismos productos indicados anteriormente, o eventualmente los productos ALGOL 100 o URSA 150, siempre de TEXACO.

La lubricación de las guías de las máquinas herramientas requieren siempre de un lubricante con características de Extrema Presión y de adherencia, visto que estas guías pueden ser horizontales o verticales. En este caso, el producto recomendado según TEXACO es *Guiatex/Way lubricant*.

La lubricación a grasa de estas máquinas (Tornos, Cepillos, Calibradoras, etc.) puede ser resuelta con la aplicación de un producto de grado NLGI-2, jabón a base de litio, pudiendo contener agentes de extrema presión en caso que sea especificado.

Aceite Regal R&O 32

Esta serie consiste en aceites de alto rendimiento inhibidos contra la herrumbe y la oxidación específicamente formulados para con una amplia variedad de equipos que requieren de aceites de circulación de alta calidad. Estos aceites deben ser capaces de lubricar y refrigerar los cojinetes y engranajes a la vez que protegen el sistema contra corrosión, herrumbe y depósitos dañinos. Los beneficios más sobresalientes del aceite Regal R&O 32 es la resistencia a la degradación por oxidación y a la formación de lodos y depósitos, excelente protección contra la herrumbe y la corrosión, rápida separación del aire y del agua. El aceite además cuenta entre sus características con un Índice de viscosidad 104, punto de fluidez -31°C , Número de horas de Neutralización 3500, Gravedad API 31.8, Viscosidad a 100°C es 5.4 cSt.

Aceite Algol 100

Aceite mineral nafténico altamente refinado con viscosidad baja. Este aceite es reconocido ampliamente por sus bajos puntos de fluidez y sus muy bajos residuos de carbón, es excelente para aplicaciones manuales. Sus características más sobresalientes son: Gravedad API, 25.5, Punto de Fluidez -18°C , Viscosidad a 40°C 105 cSt, Índice de Viscosidad 25.

Aceite Guiatex/Way lubricant

Es un producto de calidad premium diseñado para la lubricación de las guías de las máquinas herramientas. Específicamente los aceites Way lubricant 68 y 100 se

recomienda para la mayoría de guías horizontales para las máquinas herramientas y para aplicaciones de carga de ligeras a moderadas. Entre las características de este aceite se puede mencionar: Excelentes características de adherencia y deslizamiento para lograr una operación suave y sin saltos, buenas propiedades de extrema presión y contra el desgaste, buena protección contra la corrosión. Su características más sobresalientes son: Gravedad API 30.5, Punto de Fluidez -23°C, Viscosidad a 40°C 67.2 cSt, Índice de Viscosidad 109

Grasa Starfak

Las grasa Starfak es un lubricante de calidad premium que contiene una base sintética y un espesor de jabón complejo de litio. Esta grasa se caracteriza por su alto punto de goteo por encima de 230°C , y se recomienda para aplicaciones industriales. Entre los beneficios de esta grasa esta: Excelente protección contra cargas altas y de impacto, resistencia al lavado por agua, excelente estabilidad a la oxidación. Su características más sobresalientes son: Jabón de complejo de Litio, peso % 14, Punto de Goteo 230 +, Temperatura para uso continuo, 175°C, Viscosidad, a 40°C 460 cSt.

5.2 Programa de lubricación para la fundidora

Para la fundidora se recomienda un sistema de lubricación centralizada tomando como ejemplo de estos sistemas a el sistema Farval, dicho sistema deberá de implementarse solamente al taller de máquinas y herramientas y parcialmente en el taller de fundición pues las mezcladoras también serán lubricadas por medio de este sistema centralizado, pues es allí donde se encuentra el equipo que necesita lubricación periódica. El resto de equipo, como compresores y equipo auxiliar se lubricarán de forma manual o en su defecto se reemplazarán cojinetes y piezas según lo recomiende el fabricante.

Sistema de lubricación centralizada farval

Es un sistema de lubricación fabricado por Eaton, los tres sistemas con los que cuenta son: Single line, Dual line, y de niebla; en este trabajo de graduación el sistema de lubricación centralizada que se elaborará es el de Single line. Estos tres sistemas ayudan a obtener una producción ininterrumpida; una duración más larga de la maquinaria; un costo más bajo de mantenimiento y una mayor seguridad para el personal.

Sistema Single Line

La línea sencilla Farval es un sistema de lubricación centralizada, totalmente dirigido y altamente versátil. Ofrece un método proporcional progresivo para abastecer aceite o grasa bajo la presión exacta requerida por cada punto de lubricación a un grupo o grupos de elementos (cojinetes, engranajes y chumaceras) desde una unidad central de bombeo. Este sistema funciona intermitentemente o continuamente con capacidades controladas y con bombas operadas a mano, con electricidad, hidráulica o neumáticamente. La medición y el abastecimiento de lubricante a los elementos de máquinas se lleva a cabo por múltiples capaces de dar servicio tanto a uno como a 20 elementos. Los sistemas más de una línea están siendo utilizados con éxito en herramientas de pequeñas y grandes máquinas, en grúas de trabajo ligero así como en laminadoras de trabajo pesado por mencionar algunos ejemplos, también los sistemas de lubricación de Farval de línea simple están a la vanguardia pues la línea completa de bombas, indicadores y accesorios de control satisfacen los requisitos más exigentes de los equipos de automatización actuales.

Características del sistema de línea sencilla

- Proporciona operación mecánica continua, pues no existen paros para lubricación.
- Prolonga la vida del elemento de máquina y así las máquinas funcionan más tiempo.
- Da cantidades positivas y exactas de aceite o grasa a cada elemento de máquina.
- Asegura que ningún punto se quede sin lubricar o se lubrique en exceso.
- Reduce los riesgos personales por desperfectos, debido a que elimina la necesidad de lubricar los elementos individualmente.
- Ofrece control positivo y monitorización de la operación del sistema.
- Ahorra lubricante.

Plan típico del sistema

Un sistema básico de línea sencilla consistente de una bomba, depósito, múltiples de válvula, líneas de descarga y abastecimiento de lubricante. Los múltiples de válvulas pueden ser montados en cualquier posición deseada normalmente cerca de los elementos a lubricar. Tanto la bomba como el depósito están situados en un punto conveniente para dar servicio y para que satisfaga todas las normas de seguridad. Farval, proporciona una línea completas de bombeo manuales y automáticas que satisfacen una amplia variedad de requisitos de aplicación.

Control: el control de las bombas automáticas puede ser llevado a cabo por: movimiento o ciclo automático; impulso hidráulico o neumático; por un cronómetro eléctrico, la frecuencia de la operación pueden determinarse por el control de un reloj registrador o por aparatos sensibles de ciclaje.

Indicador de presión: presión monitorizada en la bomba. Alta presión indicada inmediatamente en la bomba o remotamente. Están colocados en los múltiples primarios y secundarios para el cojinete que se ha eliminado.

Bomba: puede ser operada: manualmente, neumáticamente, hidráulicamente, mecánicamente, eléctricamente.

Indicador de ciclos: visual para operación del sistema, puede ser conectado eléctricamente al reloj para controlar los ciclos.

Líneas de descarga: líneas por las cuales circula el aceite o grasa para ser descargadas en los elementos a lubricar.

Múltiple de válvula de línea sencilla, secuencia de operación

El volumen del lubricante que se descarga por ciclo se controla por el diámetro del pistón variable. Aunque las válvulas de la línea sencilla cubren una amplia gama, algunas veces es necesario combinar las descargas de la derecha y de la izquierda del mismo pistón para alimentar cojinetes grandes o igualar el número de salidas con el número de cojinetes. Esto se efectúa cambiando una clavija en el frente del múltiple. Los múltiples de válvula de la línea sencilla están disponibles en tres modelos 1000, 2000 y 3000, con capacidades de descarga desde 0.005 a 0.150 pulgadas cúbicas. Estos múltiples, apropiados tanto para aceite como para grasa, proporcionan una lubricación positiva de 1 a 20 puntos.

Sistema de acción manual o de pistola. Los sistemas de acción manual o pistola de línea sencilla proporcionan una lubricación centralizada a bajo costo. Con este sistema todos los cojinetes pueden ser lubricados con cantidades medidas con exactitud desde una simple conexión de pistola de grasa.

Estación de bombeo automática. Con capacidad de descarga de 5.2 pulgadas cúbicas/minuto a 100 pulgadas cúbicas/minuto. Capacidades del depósito: 5 y 10 libras

de grasa; 3-1/2 y 6 litros de aceite. Todas las bombas movidas por motor tienen una reducción de corona sinfín entre el motor y la bomba. La amplia variedad permite la selección de la correcta salida de la bomba para los requisitos de un sistema en particular.

Sistema de circulación del aceite. Los sistemas de circulación de aceite proporcionan un sistema de lubricación de circuito cerrado en donde el aceite regresa al depósito. Las unidades que existen son tres de capacidades de 15, 30 y 50 galones con capacidades de bombas de hasta un galón de aceite por minuto.

Indicadores de ciclo. Los indicadores de ciclo dan la seguridad de que el lubricante está fluyendo a través del sistema. Están montados en las válvulas múltiples estándar. Cada movimiento del vástago significa que el múltiple ha operado una vez.

Indicadores de Presión. Las indicaciones de presión indican el bloqueo de los elementos de máquina, líneas, de los múltiples secundarios. Están instalados en la salida alternada de los múltiples de válvula estándar y rápidamente indican con precisión la fuente de bloqueo que está señalada por el aparato principal de presión en la bomba.

Programa de lubricación por medio del sistema Farval

Para la aplicación del sistema de lubricación Farval en el taller de máquinas y herramientas de la Fundidora Bernal, S.A. bastará con una línea sencilla central de descarga de la cual se deriven dos líneas auxiliares de lubricación para la sección “A” y sección “B” del taller de máquinas y herramientas descrita en el capítulo 1, dichas líneas auxiliares serán instaladas a cada válvula de distribución, las cuales en total serán 6 válvulas o múltiples de distribución. Cada línea de lubricación terminará en la caja de engranajes de cada torno, en las chumaceras de las calibradoras y en cada hogar de engranes de los cepillos, dando una lubricación de 0.005 pulgada cúbica/min con aceite

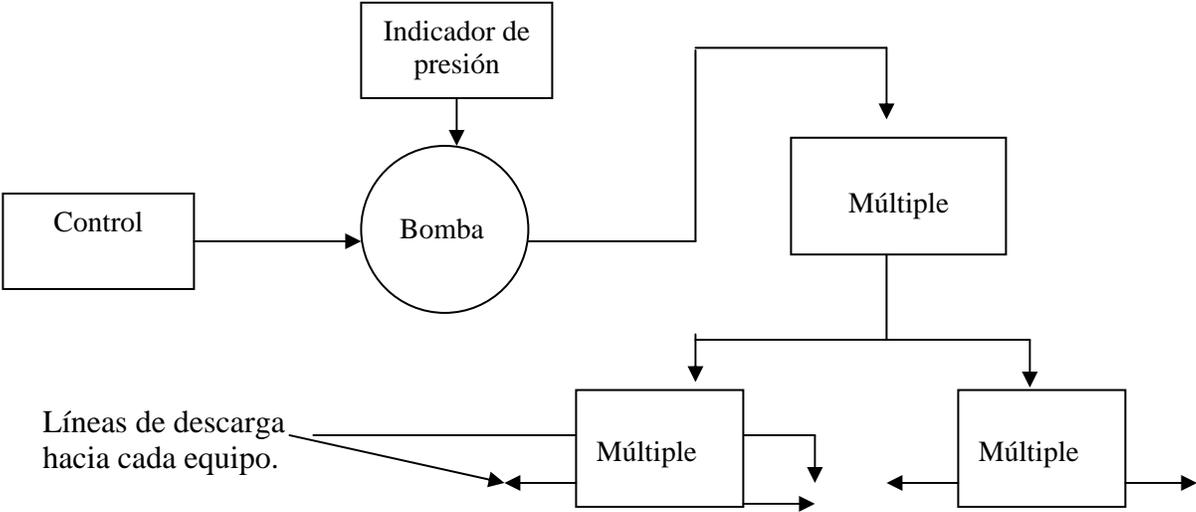
de viscosidad ligera como por ejemplo el aceite REGAL R&O 32, repitiendo un programa fijo. Dicho programa se suministrará en duración de 15 minutos a cada torno (siguiendo las instrucciones del manual de operación) y a cada hogar de engranes de los cepillos o bien a su mecanismo de movimiento alternativo, diariamente al inicio de la jornada, repitiendo el ciclo de lubricación cada 4 horas. Debido a que el torno 6 es el más grande, la duración de la lubricación de este torno será de 30 minutos cada día de la misma manera. Las partes que no se deben lubricar con aceite, serán lubricadas con grasa.

Las calibradoras y la mezcladora se lubricarán en sus cojinetes de forma distinta; el mismo volumen de lubricación por minuto con la diferencia que se hará con duración de 10 minutos cada semana al inicio de la jornada repitiendo el ciclo al igual que en los tornos y cepillos cada 4 horas, mediante la colocación de graseras en la parte superior de cada cojinete conectando cada una a la línea de lubricación, en el caso de las calibradoras el tornillo guía se lubricará por medio de grasa de manera manual, las grúas se lubricarán de forma individual debido a su posición dentro del taller, el equipo a lubricar en la grúa es: la caja de engranajes y la cadena de transmisión, se lubricará cada tres meses por medio de la pistola de lubricación, en cambio el cable sujetador se lubricará cada vez que se cambie el cable por medio de grasa de manera manual.

Las guías de las bancadas de los tornos, barrenos y de los cepillos, así como también las cadenas de transmisión de los motores eléctricos a la calibradora se deben lubricar con la pistola de lubricación diariamente con la cantidad estipulada de 1.5 pulgada cúbica por aplicación con aceite Guiatex/Way lubricant. Las cadenas de transmisión se lubricarán mensualmente de la misma manera con grasa Starfak PM.

A continuación se ilustra un esquema general de la aplicación de un sistema de lubricación centralizada Farval, el depósito no se ilustra por cuestiones de espacio pero se encuentra ubicado en el sistema de bombeo.

Figura 16. Esquema del sistema de lubricación centralizada Farval.



El diagrama que a continuación se presenta ejemplifica el taller de máquinas y herramientas de la Fundidora Bernal, S.A. con la maquinaria que cuenta actualmente el taller y muestra la forma en la que se propone que sea implementado el sistema de lubricación centralizada Farval, con aceite ligero, de forma cíclica programada.

