

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA PLANTA DE EXTRUSIÓN QUE  
FABRICA PERFILES DE ALEACIONES DE ALUMINIO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JULIO ANTONIO CORZO MAZARIEGOS**

ASESORADO POR ING. LUIS ENRIQUE GUTIÉRREZ ARÉVALO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



### **NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

### **TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Álvaro Antonio Ávila Pinzón
EXAMINADOR	Ing. Jorge Chilo Sigueré Rockstroh
SECRETARIA	Inga. Hilda Marina Baiza de Illescas

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

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA PLANTA DE EXTRUSIÓN QUE  
FABRICA PERFILES DE ALEACIONES DE ALUMINIO**

**JULIO ANTONIO CORZO MAZARIEGOS**

**Asesorado por Ing. Luis Enrique Gutiérrez Arévalo**

**GUATEMALA, AGOSTO DE 2005**

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA PLANTA DE EXTRUSIÓN QUE FABRICA PERFILES DE ALEACIONES DE ALUMINIO,**

tema que me fuera asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha febrero de 2002.

Julio Antonio Corzo Mazariegos

## ÍNDICE GENERAL

Índice de Ilustraciones.....	V
Glosario.....	IX
Resumen.....	XV
Objetivos.....	XVII
Introducción.....	XIX
1 PROCESO DE EXTRUSIÓN	
1.1 Descripción.....	1
1.2 Equipo requerido.....	4
2. LA PRENSA DE EXTRUSIÓN	
2.1 Tipos de Prensas de extrusión.....	7
2.1.1 Directa.....	9
2.1.2 Indirecta.....	9
2.1.3 Otros.....	9
2.2 Diagramas de sus componentes.....	11
3. INSPECCIÓN DE RUTINA Y MANTENIMIENTO	
3.1 Mantenimiento Mecánico.....	24
3.2 Alineación.....	28
3.3 Lubricación.....	39

4.	HERRAMIENTAS DE EXTRUSIÓN	
4.1	Bloques fijos y móvil.....	43
4.2	Cizalla de desperdicio.....	48
4.3	Contenedor de lingotes.....	48
4.4	Camisa de contenedor.....	51
4.5	Vástago del cilindro de extrusión.....	53
4.6	Moldes de extrusión y herramientas de soporte.....	57
5.	REPARACIÓN DE COMPONENTES MAYORES	
5.1	Descripción de los componentes masivos.....	72
5.2	Rutinas de reparación.....	74
6.	EQUIPO OLEOHIDRÁULICO	
6.1	Aceite hidráulico.....	83
6.1.1	Filtración.....	87
6.1.2	Temperatura.....	88
6.1.3	Nivel.....	88
6.1.4	Ensayo y análisis.....	89
6.2	Bombas.....	90
6.3	Válvulas.....	91
6.4	Tubería de alta presión.....	92
6.5	Manómetros.....	93
6.6	Mantenimiento Preventivo para evitar contaminación y cavitación.....	94

7.	EQUIPO ELÉCTRICO	
7.1	Potencia.....	107
7.2	Control.....	111
7.3	Otros sistemas.....	116
8.	SISTEMAS AUXILIARES DE LA PRENSA DE EXTRUSIÓN	
8.1	Alimentación de la prensa.....	119
8.2	Manejo de Perfiles.....	146
8.3	Añejamiento Artificial de Perfiles.....	156
9.	RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
9.1	Por tareas.....	168
9.2	De acuerdo a la frecuencia.....	173
10.	REPUESTOS	
10.1	Consideraciones generales.....	197
10.2	De acuerdo a cada equipo.....	200
10.2.1	Prensa de extrusión.....	200
10.2.2	Línea de alimentación de la prensa.....	202
10.2.3	Sistema de manejo de perfiles.....	204
10.3	Almacenamiento.....	211
11.	MODERNIZACIÓN DE EQUIPO DE EXTRUSIÓN.....	213
	CONCLUSIONES.....	230
	RECOMENDACIONES.....	231
	BIBLIOGRAFÍA.....	232
	ANEXOS.....	233



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Carga compresiva de extrusión	2
2	Secuencia del proceso directo de extrusión	3
3	Distribución de maquinaria del proceso de extrusión	6
4	Diferentes tipos de prensa de extrusión	8
5	Tipos de prensa compacta versus prensa convencional	10
6	Sección de la prensa de extrusión	11
7	Estrategias de Mantenimiento	18
8	Función del pronóstico de la carga de mantenimiento	19
9	Calibrador o Eclipsógrafo	34
10	Indicador de nivel del contenedor	35
11	Adaptador para ángulos de los rodos guías	36
12	Sistema hilo metálico rígido	37
13	Componentes para el sistema hilo metálico rígido	37
14	Aditamentos para el método de Tubo de precisión	38
15	Método para localizar la base del contenedor	38
16	Localización del centro del contenedor	39
17	Mecanismos de desgaste de cojinetes antideslizantes	95
18	Mecanismo de desgaste de una superficie deslizante	96
19	Relación Beta en el flujo dinámico versus Relación Beta en flujo continuo para flujo cíclico	99

20	Tasa de ingestión de partículas	100
21	Vida relativa del rodamiento versus tamaño de partículas contaminantes	102
22	Arreglo nuevo de filtración	103
23	Regulador Atmosférico	127
24	Regulador Atmosférico con alimentación pre-mezclada	128
25	Ajuste de presión de aire	130
26	Pre-ajuste del regulador atmosférico	131
27	Ajuste de la llama piloto	132
28	Ajuste de los sistemas de premezcla	134
29	Ajuste y regulación de combustión	164
30	Cizalla mejorada	217
31	Cambiador de herramientas estación múltiple	219
32	Guías en “V”	220
33	Esquema de guías del contenedor en “V”	220
34	Horno de precalentamiento de lingotes de alta eficiencia	223
35	Interior del horno de precalentamiento de lingotes	223
36	Doble jalador de perfiles	226

## **TABLAS**

I	Composición química de los elementos	1
II	Esfuerzo versus alivio de tensiones	55
III	Referencia de tamaños de ciertos objetos conocidos	84
IV	ISO para medir la limpieza de un fluido	85
V	Holguras críticas de los componentes de un sistema óleo hidráulico	96
VI	Relación Beta versus eficiencia en %	98

VII	Promedio de conteo de partículas de 10 micrones	101
VIII	Mantenimiento Preventivo de acuerdo a Tareas	169
IX	Mantenimiento Preventivo Diaria para Prensa de Extrusión	174
X	Mantenimiento Preventivo Semanal para Prensa de Extrusión	179
XI	Mantenimiento Preventivo Mensual para Prensa de Extrusión	182
XII	Mantenimiento Preventivo Trimestral para Prensa de Extrusión	189
XIII	Mantenimiento Preventivo Semestral para Prensa de Extrusión	191
XIV	Mantenimiento Preventivo Anual para Prensa de Extrusión	193



## GLOSARIO

- Bastidor de prensa** Es una armadura soldada diseñada para soportar y posicionar con precisión la estructura de la prensa. Ésta se ha nivelado, anclado y fijado al cimiento.
- Cambiador de dados** Un dispositivo que se utiliza para cambiar rápidamente los dados ó el juego de herramientas completas, algunas variantes son las siguientes: cambiador simple, cambiador doble deslizante, para dos juegos de herramientas, cambiador secuencial, permite varios juegos de herramientas, uno tras otro, cambiador rotativo, similar al anterior excepto que un torna-mesa gira para cambiar los porta dados, y en prensas más antiguas el juego de dados se extraen y reinsertan en el plato frontal, luego se bloquean en su posición por medio de un dispositivo que amortigua las fuerzas de resistencia.
- Cilindro del contenedor** Su función es la de mantener alejado al contenedor de la hilera de herramientas mientras se lleva el ciclo de cizallado del desperdicio. También, se utiliza la presión de los cilindros para mantener al contenedor firmemente pegado contra la hilera de herramientas de extrusión durante el ciclo de operación.

**Cilindro principal**

Es el cilindro óleo-hidráulico que se fabrica usualmente de acero forjado o hierro fundido. Este incorpora la brida del cilindro principal y el casquillo del cilindro así como el sistema de retenedores ó empaques.

**Cilindro de retorno**

Para el retorno rápido del cilindro principal a una velocidad mucho mayor y que, de otra forma, no es posible alcanzar, se utiliza, únicamente, la acción del cilindro. Éste se encuentra montado sobre el bastidor o plato del cilindro principal.

**Cizalla de desperdicio**

Su función es la de quitar o remover el exceso del lingote al final del ciclo de extrusión. Una hoja accionada por medio hidráulico desciende para cortar el desperdicio. Para asegurar que se ha removido todo el remanente del lingote, en ocasiones, también, la prensa está equipada con un elemento gobernado por medios neumáticos que barre la cuchilla.

**Columnas**

Están sujetos a esfuerzos de tensión, éstos restringen la fuerza de extrusión existente entre la plancha, placa, del cilindro principal y la plancha de resistencia frontal. Existen dos variantes de diseño: tirantes fileteados con cuatro tuercas por tirante, dos en cada plancha; tirantes fileteados con camisas fijas entre planchas; y tirantes o barras laminados.

<b>Contenedor</b>	Resiste a la fuerza de extrusión que se ejerce contra el dado y confina el lingote. Está compuesto de una camisa removible para resistir a la abrasión a la que es sometida.
<b>Cruceta prensa</b>	Montada sobre el cilindro principal, está provista del vástago de extrusión y patines para guiar en el recorrido del cilindro principal por la deslizadera.
<b>Deslizaderas</b>	Sirven para guiar la traviesa de pilotaje de la prensa y el contenedor, aunque muchas prensas utilizan sistemas de guía, independientes para cada sistema. Las deslizaderas van, usualmente, montadas sobre el bastidor de la prensa ó en las columnas ó tirantes.
<b>Existencia de repuestos</b>	Piezas que están disponibles con fines de mantenimiento o para el reemplazo de piezas defectuosas.
<b>Extrusión</b>	Proceso de deformación compresiva, utilizado para producir metales semielaborados que son largos con respecto a su sección transversal y recto, tales como: barras, secciones sólidas y tubulares, tubos, alambres y tiras.
<b>Falla</b>	Es la terminación de la capacidad del equipo para realizar la función requerida.

**Inspección**

Es el proceso de medir, examinar, probar, calibrar o detectar de alguna otra forma cualquier desviación con respecto a las especificaciones.

**Juego herramienta de Extrusión**

Incluye el dado ó matriz, el respaldo del dado, el soporte y el anillo del dado y otras herramientas que sean necesarias para uniformizar las dimensiones del herramental para una prensa en particular.

**Mantenimiento**

La combinación de todas las acciones técnicas y acciones asociadas mediante las cuales un equipo o un sistema se conservan o repara para que pueda realizar sus funciones específicas.

**Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento que se lleva a cabo después de que ocurre una falla y que pretende restablecer el equipo a un estado en el que pueda realizar la función requerida.

**Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento realizado a intervalos predeterminados o con la intención de minimizar la probabilidad de falla o la degradación del funcionamiento del equipo.

**Pistón Principal**

Es el pistón del cilindro principal de extrusión.

- Plancha de resistencia** Fabricado de hierro fundido o acero forjado, provee de soporte a las herramientas de extrusión y, por tal razón, se diseña para una mínima deflexión bajo cargas. También, tiene un anillo de presión que consiste en un segmento reemplazable, diseñado para soportar con precisión el juego de herramientas de extrusión.
- Sujetador del contenedor** Soporta, guía y transporta el contenedor. Éste está unido a los cilindros del contenedor y montado en los patines guía. También, está equipado con resistencias calentadoras y sus respectivas conexiones eléctricas flexibles, y con dispositivos que le mantienen en su posición.
- Vástago de extrusión** Efectúa el trabajo de empujar el lingote a través del dado. Existen varios diseños de montaje para permitir un ajuste preciso y alineación del vástago. Para evitar que éste se pegue o se "suelde" al lingote se le coloca en la nariz del vástago un bloque falso. Las prensas de extrusión más antiguas utilizan bloques falsos sueltos que se colocan mecánicamente en posición en cada ciclo de extrusión de la prensa, luego son removidos, separados y reciclados. Actualmente, la mayoría de prensas de extrusión están equipadas con bloques falsos fijos, montados sobre el vástago.



## RESUMEN

La creciente competencia y la demanda, por parte de los clientes de una entrega oportuna de productos de alta calidad, han obligado a los fabricantes a adoptar la “automatización”. Esto ha dado lugar a inversiones muy grandes en equipo. Para alcanzar las tasas de rendimiento de inversión fijadas, el equipo tiene que ser confiable y capaz de mantenerse en ese estado sin que se den paros de trabajo y reparaciones costosas. El mantenimiento se define como la combinación de actividades a través de cuales un equipo o sistema se mantiene o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas. Es un factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para una competencia exitosa.

Las inconsistencias en la operación del equipo de producción dan por resultado una variabilidad excesiva en el producto y, en consecuencia, ocasionan una producción defectuosa. Para producir con un alto índice de calidad, el equipo de producción debe operar dentro de las especificaciones, las cuales pueden alcanzarse a través de acciones oportunas de mantenimiento.

Un sistema es un grupo de componentes que trabajan de manera combinada hacia un objetivo común. El mantenimiento puede ser considerado como un sistema con un conjunto de actividades que se realizan en paralelo con los sistemas de producción. Las relaciones entre los objetivos de la organización, el proceso de producción y el mantenimiento deben ser congruentes entre sí. Los sistemas de producción, generalmente, se ocupan de convertir entradas o insumos, como materias primas, mano de obra y procesos, en productos que satisfacen las necesidades de los clientes.

La principal salida de un sistema de producción son los productos terminados; una salida secundaria es la falla de un equipo; esta salida secundaria genera una demanda de mantenimiento, el sistema de mantenimiento toma esto como una entrada y le agrega conocimiento experto, mano de obra y repuestos y, produce un equipo en buenas condiciones que ofrece una capacidad de producción. La principal meta general de un sistema de producción es elevar al máximo las utilidades, a partir de las oportunidades disponibles en el mercado y, la meta secundaria tiene que ver con los aspectos económicos y técnicos del proceso de conversión. Los sistemas de mantenimiento, también, contribuyen al logro de estas metas, al incrementar las utilidades y la satisfacción del cliente, éstas se logran reduciendo al mínimo el tiempo muerto de la planta, mejorando la calidad, incrementando la productividad y entregando oportunamente los pedidos a los clientes.

# OBJETIVOS

## General

Elaborar un manual de mantenimiento preventivo de una planta de extrusión que fabrica perfiles de aleaciones de aluminio, el cual ayudará a prolongar la vida útil del equipo, reducir los costos de producción y hacer más competitiva a la empresa.

## Específicos

- 1) Describir el proceso de extrusión directa de aleaciones de aluminio, incluyendo el precalentamiento de los lingotes, su extrusión o paso por los moldes, el manejo de los perfiles y el tratamiento térmico.
- 2) Conocer los tipos de prensa de extrusión que se utilizan en la producción de perfiles, con énfasis en las de tipo directo debido a que son las más comunes.
- 3) Conocer los problemas más frecuentes que afectan el funcionamiento de la prensa de extrusión y el equipo auxiliar de manejo de perfiles.
- 4) Establecer rutinas de mantenimiento preventivo para el equipo de extrusión.

- 5) Instaurar un programa de seguimiento de las rutinas de mantenimiento para las plantas de extrusión de acuerdo a la frecuencia necesaria y naturaleza de cada componente involucrado.
  
- 6) Proporcionar la información bibliográfica necesaria a consultores e investigadores interesados en el tema.

# INTRODUCCIÓN

El proceso de extrusión de aleaciones de aluminio ha cobrado gran auge en el ámbito regional y mundial y, se utiliza para la fabricación de perfiles que tienen diversas aplicaciones en el sector de construcción, transporte y la industria, en general.

El avance técnico en el diseño de prensas de extrusión en los últimos diez años y el incremento de la productividad, actualmente, hacen imprescindible la elaboración de una guía de mantenimiento que se ajuste a las condiciones actuales de desarrollo tecnológico.

Los clientes esperan que los productos de cualquier tipo, entre éstos, los perfiles extruídos cumplan con normas de calidad. Para ello, es necesario evitar interrupciones de producción no planificadas y mantener un ritmo estable y continuo en el proceso. Además, es necesario hacer énfasis en la importancia de contar con el personal calificado, la herramienta, los manuales técnicos y los repuestos adecuados para dar el mantenimiento a la maquinaria.

La prensa de extrusión y su equipo auxiliar poseen una serie de sistemas que requieren atención constante, para, así, prolongar su vida útil. Debido a la importancia del proceso de extrusión, surge la necesidad de elaborar un manual técnico de mantenimiento preventivo para incrementar la eficiencia del proceso de extrusión.

Dentro del contenido del mismo, se abordan temas como: el proceso de extrusión y el equipo necesario para llevarlo a cabo, inspecciones de rutina, el mantenimiento de moldes de extrusión, reparación de componentes, el equipo hidráulico y eléctrico, control de inventario, almacenaje de repuestos y, por último, la modernización del equipo.

La programación y ejecución de las rutinas de mantenimiento reducirán el costo de mantenimiento correctivo y la cantidad de tiempos muertos que impidan el cumplimiento de un plan de producción y de las fechas de compromiso de entrega al cliente, como resultado se aumentará la competitividad.

# 1. PROCESO DE EXTRUSIÓN

## 1.1. Descripción del proceso de extrusión del aluminio

Extrusión es un proceso de deformación compresiva utilizado para producir metales semielaborados que son largos con respecto a su sección transversal, y rectos tales como barras, secciones sólidas y tubulares, tubos, alambres y tiras. Se abordará, específicamente, del proceso de extrusión para la aleación de aluminio 6063, designada por la Asociación de Aluminio de los EEUU, Aluminum Association, y los límites de su composición química se indican en la tabla I.

**Tabla I. Composición química de los elementos**

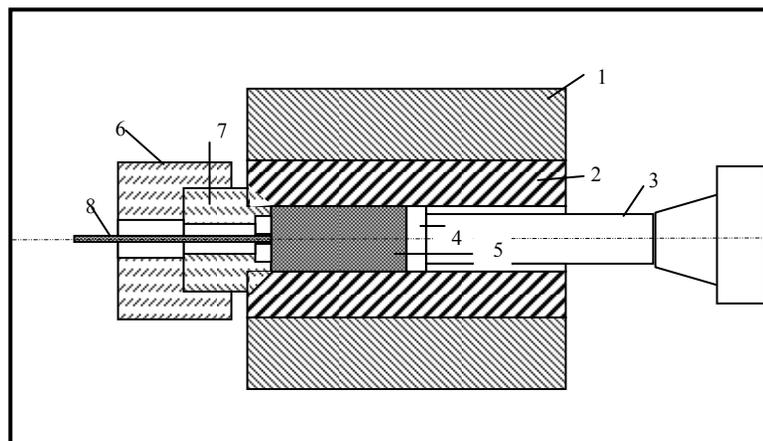
Composición Química		
Elemento	Porcentaje	
	Mínimo	Máximo
Magnesio	0.45	0.9
Silicio	0.20	0.6
Hierro	--	0.35
Cobre	--	0.10
Titanio	--	0.10
Manganeso	--	0.10
Zinc	--	0.10
Cromo	--	0.10
Otros elementos	--	0.05
Aluminio		

El proceso consiste someter un lingote confinado usualmente precalentado a una temperatura que oscila entre los 450 y 550 grados centígrados a una presión muy alta forzando el metal a través de una abertura en un plato de acero también conocido como dado del cual adquiere la forma de perfil con una sección transversal constante.

Pueden obtenerse perfiles que varían en complejidad, dependiendo del material a utilizar y las herramientas de extrusión. La extrusión puede llevarse a cabo a temperatura ambiente o a una mayor a la indicada, sin embargo, se aborda exclusivamente el proceso en el rango de temperatura indicado y para la aleación de aluminio 6063 debido a que es la más común.

La figura 1 muestra como la carga compresiva de extrusión es transmitida mediante un vástago de un cilindro hidráulico, ó mecánico, y de un bloque, al lingote de aluminio. El elemento que mantiene al lingote confinado, llamado contenedor se construye utilizando varios cilindros gruesos, que usualmente se tratan térmicamente juntos y son encogidos simultáneamente, esto con el objeto de soportar los grandes esfuerzos radiales a los que son sometidos. Finalmente se coloca una camisa resistente al desgaste por fricción. El esfuerzo axial es aplicado al conjunto de herramientas, las cuales se sostienen del bastidor frontal ó inferior de la prensa.

**Figura No. 1 Carga compresiva de extrusión**

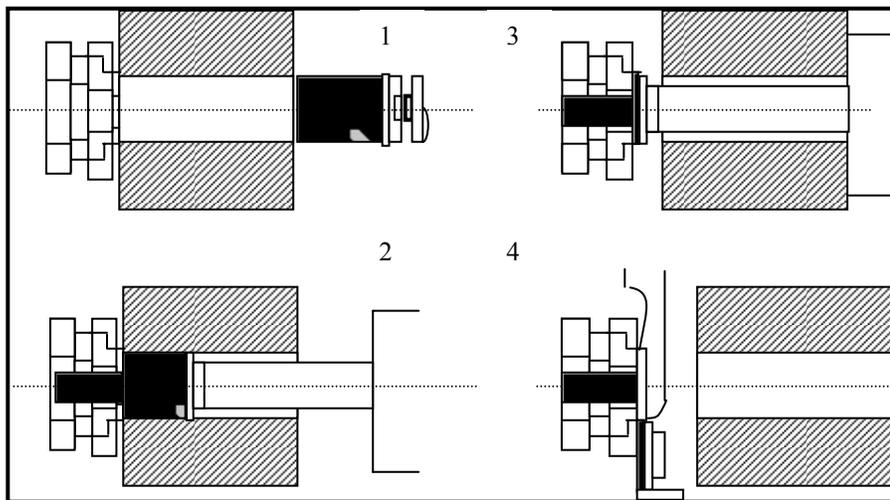


**Fuente: Extrusión, Sociedad Americana de Metales, página 262**

- |                              |                      |                      |
|------------------------------|----------------------|----------------------|
| 1. Contenedor (carcasa)      | 3. Vástago           | 5. Lingote a extruir |
| 2. Camisa del contenedor     | 4. Bloque falso      | 6. Soporte del dado  |
| 7. Soporte primario del dado | 8. Material extruido |                      |

La prensa hidráulica de extrusión se inventó en el año 1810 por el inglés S. Bramah, y estaba concebida para la extrusión de plomo. El mismo principio es utilizado en la actualidad en la fabricación de tubos de este metal. En 1890, el alemán A. Dick aplicó exitosamente este proceso a otras aleaciones metálicas con un punto de fusión mayor. Su contribución fue la de colocar un bloque de metal en la parte frontal del vástago, como que fuera una extensión del mismo, con lo que se logra sacar el desperdicio de la extrusión de la prensa en cada ciclo de operación. En la figura 2 se observa un diagrama esquemático del proceso de extrusión.

**Figura No. 2 Secuencia del proceso directo de extrusión**



**Fuente:** Extrusión, Sociedad Americana de Metales, página 264

1. Carga de lingote    2. Extrusión    3. Desprendimiento    4. Cizallamiento

## 1.2. Equipo requerido

Para la fabricación de perfiles de aluminio se necesita de un equipo especial que a continuación se describe en la figura 3.

**A. Horno de precalentamiento de lingotes:** para elevar la temperatura de éstos y facilitar su deformación en la prensa. Los tipos de hornos se clasifican de acuerdo a la forma en que transmiten el calor a los lingotes, conducción y radiación, y por inducción eléctrica. Los más modernos tienen inclusive una cizalla incorporada y un controlador lógico programable que envía las señales a un sistema computarizado a fin de que el procesador calcule la longitud de corte de cada lingote dependiendo del tipo de perfil a fabricar con la consecuente minimización del desperdicio de perfiles.

**B. Sistema de transferencia del horno a la prensa:** es un mecanismo para trasladar el lingote del horno de precalentamiento a la prensa en un tiempo corto y así evitar el descenso de su temperatura.

**C. Prensa de extrusión:** es el equipo que realiza la deformación del lingote y lo transforma en perfil.

**D. Equipo para la salida de perfiles:** el grupo de maquinarias necesarias para recibir el(los) perfil(es) caliente(s) de la prensa, éste incluye una mesa de enfriamiento inicial, un sistema de jalado de perfiles y un mecanismo de traslado a una segunda mesa de enfriamiento.

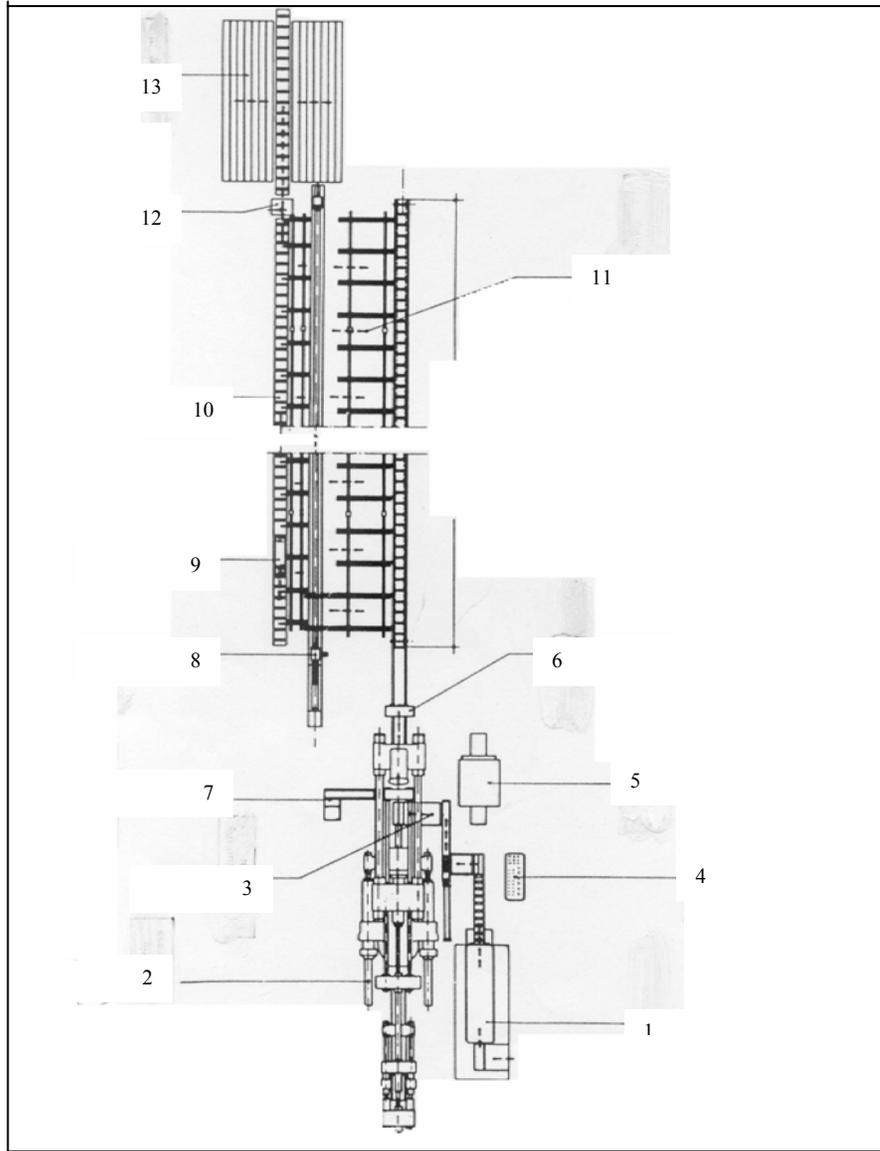
**E. Mesa de enfriamiento:** un juego de bandas transportadoras que sostienen el producto extruido y que dispone de ventiladores que ayudan al enfriamiento de los perfiles.

**F. Máquina para estirar perfiles:** es una máquina que consta de dos mordazas colocadas una frente a la otra y separadas, que tienen su propio sistema óleo-hidráulico o neumático para sujetar el material y luego por la acción de un cilindro hidráulico se separan y estiran el perfil.

**G. Unidad de corte final:** ésta se compone de una sierra para el corte de los perfiles a su longitud final.

**H. Horno de templado o añejamiento artificial:** un horno para calentar los perfiles extruidos, estirados y cortados que funciona forzando a lo largo del material un flujo de aire caliente, con el fin de acelerar el proceso de endurecimiento, o añejado, superficial del mismo.

**Figura No. 3 Distribución de maquinaria del proceso de extrusión**



**Fuente: Extrusión, Sociedad Americana de Metales, página 256**

- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| 1. Horno de precalentamiento de lingotes             | 2. Prensa de extrusión            |
| 3. Mesa de alimentación de lingotes                  | 4. Panel de control               |
| 5. Horno de herramientas                             | 6. Mesa inicial de extrusión      |
| 7. Cizalla de desechos de lingote                    | 8. Estiradora de perfiles         |
| 9. Mesa final para corte de perfiles                 | 10. Línea final corte de perfiles |
| 11. Mesa de enfriamiento y transferencia de perfiles | 12. Sierra final de perfiles      |
| 13. Estibamiento de perfiles                         |                                   |

## 2. LA PRENSA DE EXTRUSIÓN

En la prensa de extrusión se efectúa el trabajo de deformación compresiva. Existen cuatro diferencias características de los métodos de extrusión y las prensas que se utilizan.

- A. El movimiento de la extrusión relativo al vástago: proceso directo o indirecto.
- B. La posición del eje de la prensa: horizontal o vertical.
- C. El tipo de prensa de acuerdo a su propulsión: prensa hidráulica, óleo-hidráulica o con agua, y prensa mecánica.
- D. Método de aplicación de la carga: extrusión convencional o hidrostática.

### 2.1 Tipos de prensas de extrusión

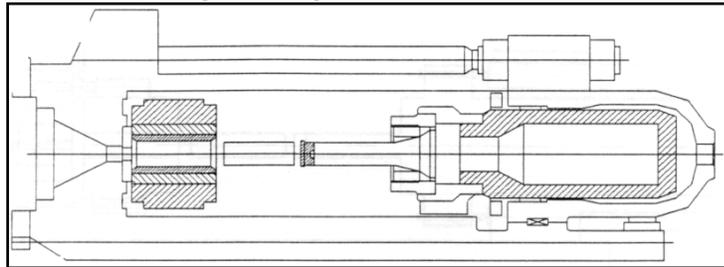
Para este trabajo y por ser las que más comúnmente se utilizan en la fabricación de perfiles de aleaciones de aluminio, las prensas de extrusión se clasifican de la siguiente forma:

- 1) directas;
- 2) directas con mandril hueco;
- 3) indirectas

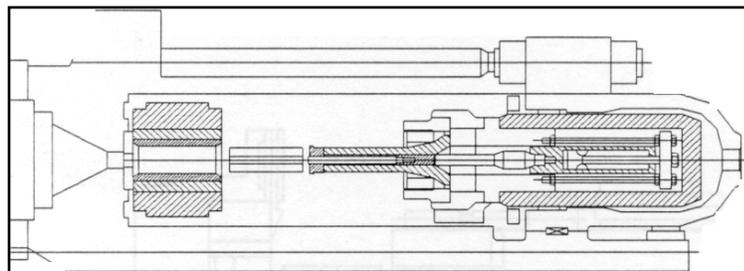
Por lo tanto, se puede estimar que la gran mayoría de prensas que se usan para la extrusión de perfiles de aluminio son horizontales, que necesitan una unidad óleo-hidráulica para el movimiento de los cilindros y que la forma de

aplicación de la carga es convencional. Los tipos básicos se ilustran en la figura 4.

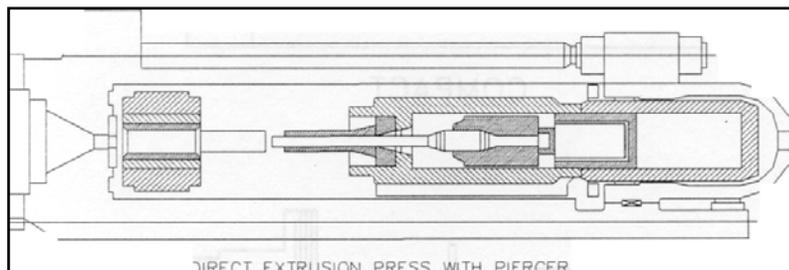
**Figura No. 4 Diferentes tipos de prensas de extrusión**



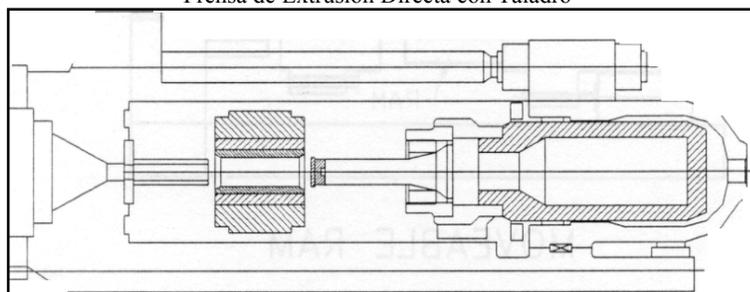
Prensa de Extrusión Directa



Prensa de Extrusión Directa con Mandril Interno



Prensa de Extrusión Directa con Taladro



Prensa de Extrusión Indirecta

**Fuente: Robert Werner, Manual Técnico Prensa de Extrusión, página 2-2**

### **2.1.1 Directas**

En las prensas de extrusión directas, el lingote se fuerza a través del dado y, conforme pasa, adquiere la forma del perfil. Para que pueda fluir el perfil, la fuerza de la prensa debe ser superior a la fuerza de extrusión y a la fuerza de fricción existente en la superficie de contacto entre el contenedor y el lingote que se manifiesta al momento de la extrusión.

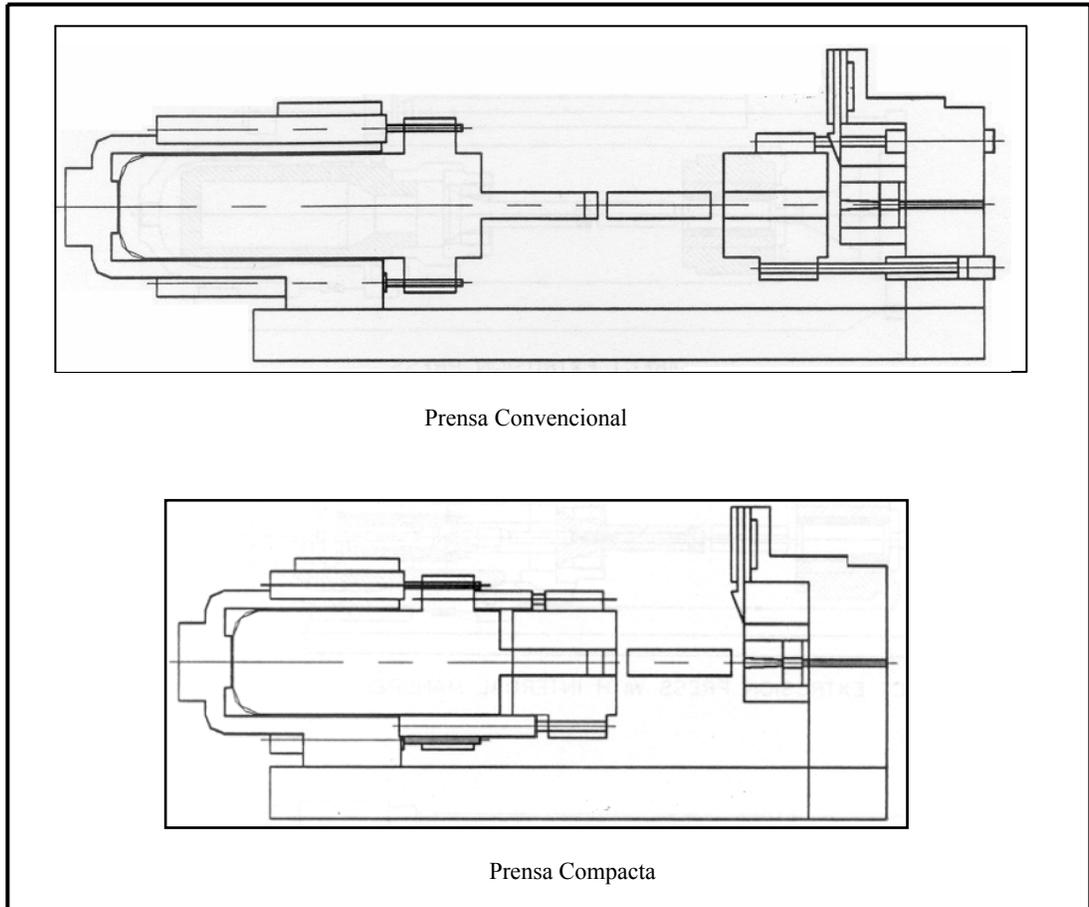
### **2.1.2 Indirectas**

En las prensas de extrusión indirectas, en cambio, es el dado el que se mueve y tanto el lingote como el contenedor permanecen estáticos. El perfil fluye dentro de un vástago hueco. Con el correr de los años se han desarrollado muchos diseños innovadores para prensas indirectas, incluyendo aquellos que son convertibles, es decir aquellas que del tipo directo se convierten en indirecta y viceversa. También existen las prensas activas indirectas las cuales hasta mueven en forma simultánea la matriz y el vástago de acuerdo a una relación controlada.

### **2.1.3 Otros**

Además de los diseños convencionales de prensas de extrusión, existen varios diseños compactos, mostrados en la figura 4, y fueron desarrollados con el objeto de reducir el tiempo muerto, el espacio en planta y crear una prensa más rígida y resistente.

**Figura No. 5 Tipos de prensa compacta versus prensa convencional**



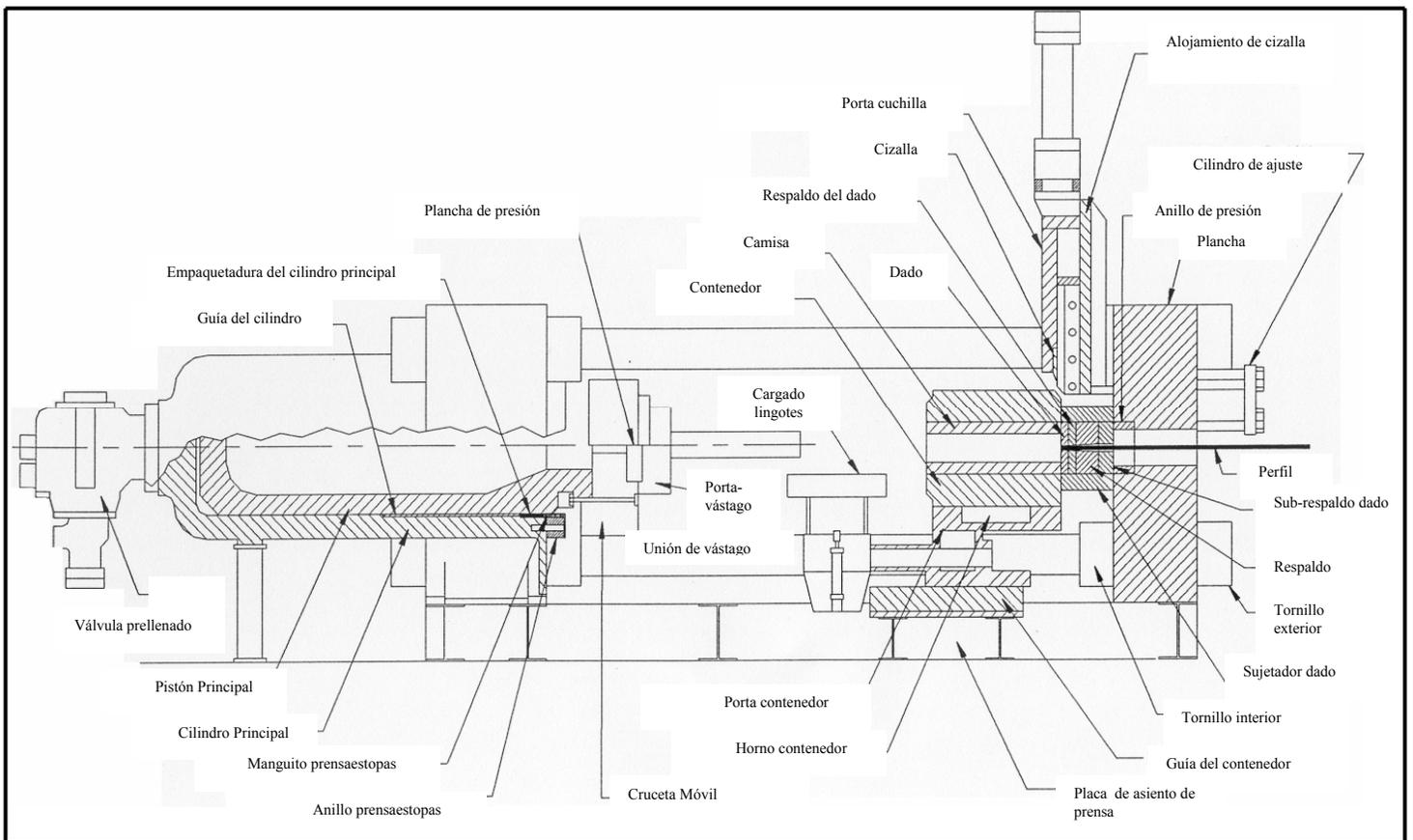
**Fuente: Robert Werner, Manual Técnico Prensa de Extrusión, página 2-3**

Más allá de esas variaciones, se han visto esquemas de alimentación rápida de materia prima, tal es el caso de la prensa tipo revolver, en la que rotan tres contenedores. Muchas prensas antiguas y algunas prensas productoras de tubería son operadas en posición vertical. Las prensas usualmente utilizan 3 o 4 tirantes principales.

## 2.2 Esquema de los componentes de una prensa extrusora de aluminio:

Para poder proporcionar un marco de referencia sobre la terminología utilizada, se muestra a continuación la figura 6. Los términos utilizados a lo largo de este trabajo se definen de acuerdo a los diagramas y la definición de términos recién tratada.

**Figura No. 6 Sección de la prensa de extrusión**



Fuente: Robert Werner, Manual Técnico de Prensa de Extrusión, página 2-7



### **3. INSPECCIÓN DE RUTINA Y MANTENIMIENTO**

Los enemigos comunes de una prensa de extrusión horizontal de acuerdo a su importancia son los siguientes: La gravedad, fricción y suciedad. La posición horizontal requiere de superficies de soporte para resistir el peso de los componentes en todo el ciclo de operación. Estas superficies de contacto están sujetas a desgaste por la fricción, y también a sufrir daños resultantes de la suciedad que se genera por estar operando dentro de una planta industrial y que es común alrededor de la prensa de extrusión. El equipo y herramientas pesados pueden caer directamente sobre estas superficies causando un daño permanente. Los lubricantes y fluidos óleo-hidráulicos atrapan y retienen suciedad también.

La alineación correcta de la prensa es crítica para minimizar el desgaste y los esfuerzos en la estructura de la prensa y sus componentes. Aun cuando los componentes de una prensa hayan sido sobredimensionados para prolongar su vida en servicio, debe tomarse en cuenta que por mínima que sea la desviación de la corredera, el efecto multiplicativo de los esfuerzos involucrados puede ser devastador, y puede resultar en una falla prematura. Si por ejemplo, el cabezal de la prensa no está alineado, esto puede ocasionar desgaste excesivo en el cilindro y pistón principales, y sus sistemas de empaques. Los rodos del cabezal pueden fallar por la carga impuesta o bien a causa de la fatiga.

Igualmente importante es que el vástago, el contenedor y el juego de herramientas estén perfectamente alineados con la plancha frontal de la prensa y por ende con el anillo de presión que sostiene el juego de herramientas de

extrusión. Esto es crítico para cumplir con las tolerancias de extrusión e incide en la vida útil de la camisa del contenedor, y los porta-herramientas. Si las deslizaderas del contenedor están deterioradas es imposible alinear la prensa y eventualmente se obtendrá un incremento significativo en los costos, y por consiguiente mala calidad del producto fabricado, se incurrirá en reparaciones innecesarias y los costos de éstas.

Los patines y las guías para el contenedor y la traviesa deben estar protegidos del polvo y los materiales extraños. La suciedad se acumula ya sea porque es traída por el viento o bien por el tráfico de los operarios sobre las zonas de deslizamiento. La falta de cuidado en el manejo de herramientas, barras o herramientas manuales pesadas puede ocasionar un daño permanente sobre estas superficies. Lo mismo ocurre en el vástago del cilindro principal.

Se debe comenzar por instruir al personal de planta con respecto a los peligros y sus consecuencias así como también sobre las prevenciones que se deben adoptar. Un daño menor debe ser reconocido durante la inspección y corregido antes de que ocurra un daño mayor.

Un sistema de mantenimiento puede concebirse como un modelo sencillo de entrada-salida. Las entradas de dicho modelo son mano de obra, administración, herramientas, repuestos, equipo, etc., y la salida es equipo funcionando, confiable y bien configurado para lograr la operación planeada de la planta, se debe mostrar las actividades necesarias para hacer de este un sistema funcional: planeación, organización y control. Esta parte presenta los componentes de un sistema de mantenimiento a fin de incrementar sus salidas y lograr una mejor utilización de los recursos. La filosofía del mantenimiento de una planta de extrusión es básicamente la de minimizar la cantidad de personal a cargo del mantenimiento que sea consistente con la optimización de la

producción y la disponibilidad de la planta sin que se comprometa la seguridad. Para lograr esta filosofía, las siguientes estrategias desempeñan un papel eficaz al aplicarse en combinación y forma adecuadas:

### **A. Mantenimiento correctivo o por fallas**

Este tipo de mantenimiento se realiza solamente cuando el equipo es incapaz de seguir operando. No hay elemento de planeación para este tipo de mantenimiento. Este es el caso que se presenta cuando el costo adicional de otros tipos de mantenimiento no puede justificarse. Esta estrategia se conoce como estrategia operación hasta que falle. Es aplicable principalmente en los componentes electrónicos.

### **B. Mantenimiento preventivo con base en el tiempo o en el uso**

El mantenimiento preventivo es cualquier mantenimiento planeado que se lleva a cabo para hacer frente a fallas potenciales. Puede realizarse de acuerdo al uso o a las condiciones del equipo. Se lleva a cabo tomando en consideración las horas de funcionamiento o un calendario establecido. Requiere de mucha planeación y las rutinas específicas que se realizan son conocidas así como sus frecuencias. En la determinación de la frecuencia generalmente se necesitan conocimientos acerca de la distribución de fallas o la confiabilidad del equipo. El mantenimiento preventivo consiste usualmente de rutinas, tareas repetitivas y puede ser llevado a cabo por personal de mantenimiento o por los mismos operarios de las máquinas. La lista de las tareas de mantenimiento para cualquier planta industrial sufre cambios constantes de acuerdo al registro que se lleva de los problemas que han causado las fallas así como también de los datos encontrados en otros programas de mantenimiento preventivo.

### **C. Mantenimiento preventivo con base en las condiciones**

Este tipo de mantenimiento hace uso de la tecnología moderna para determinar las condiciones en que se encuentra la máquina. Cuando la máquina está en operación se registra la información y analizan las lecturas registradas para predecir el tiempo y alcance de las reparaciones necesarias para mantener la maquinaria en su mejor condición. A ésta estrategia también se la llama Mantenimiento Predictivo. Ejemplos de mantenimiento predictivo en prensas de extrusión son los siguientes.

1. Análisis del aceite hidráulico: prueba realizada por un experto para determinar la contaminación del aceite.
2. Inspección y prueba ultrasónica de los componentes de la prensa: esta prueba sirve para verificar las fisuras que pueda tener los componentes del equipo.
3. Exploración por medio de infrarrojos del equipo eléctrico: para esta prueba se utilizar termógrafo y normalmente lo realizar una empresa especializada y sirve para determinar el sobrecalentamiento de los circuitos eléctricos, etc.
4. Monitoreo de vibraciones: es una prueba que determina la amplitud de onda presente en el equipo.

### **D. Mantenimiento de oportunidad**

Este tipo de mantenimiento se lleva a cabo cuando surge la oportunidad, tales oportunidades pueden presentarse durante los períodos de paros generales programados de un sistema en particular, y se utiliza para hacer tareas conocidas de mantenimiento aunque no se necesiten.

## **E. Detección de fallas**

Es un acto o inspección que se realiza para evaluar el nivel de presencia inicial de fallas en el equipo, utilizando el término VOSO que es simplemente ver, oír, sentir y oler. Un ejemplo de detección de fallas es cuando se escucha el latiguo de una faja de una transmisión, esto puede indicar que la faja esta floja o apunto de romperse.

## **F. Modificación del diseño**

Se hace con el objeto de que un equipo alcance una condición que sea aceptable en ese momento. Esta estrategia implica mejoras y, ocasionalmente, expansión de fabricación y capacidad. Por lo general requiere de una coordinación con la función de ingeniería y otros departamentos dentro de la empresa.

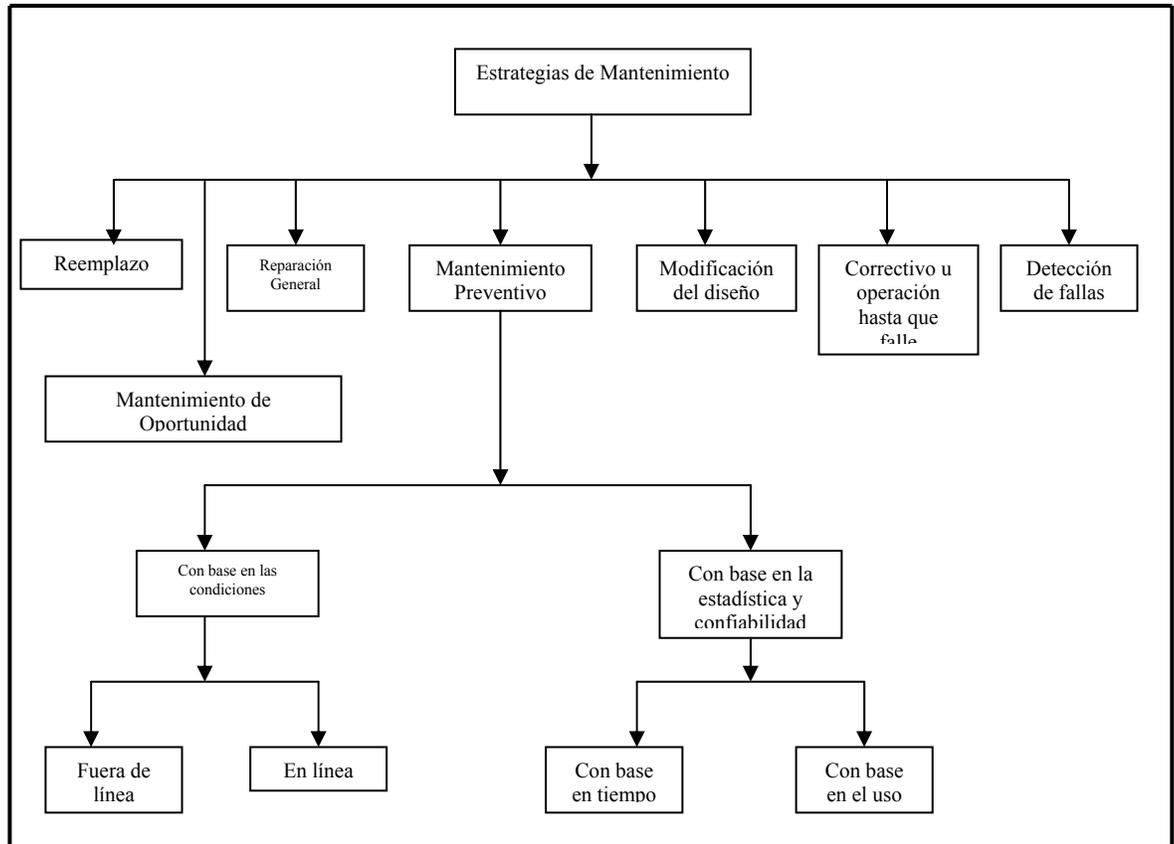
**G. Reparación general:** es un examen completo y el restablecimiento de un equipo o sus componentes principales a una condición aceptable. Generalmente ésta es una tarea de gran envergadura.

**H. Reemplazo:** esta estrategia implica reemplazar el equipo en lugar de darle mantenimiento. Puede ser un reemplazo planeado o un reemplazo ante una falla.

Cada una de estas estrategias tiene una función en la operación de una planta. Es la mezcla óptima de estas estrategias la que da por resultado la filosofía de mantenimiento más eficaz. El tamaño de la planta y el grado operación planeado, junto con la estrategia aplicable pueden ayudar a estimar

la carga de mantenimiento o las salidas deseadas del sistema del mismo. La figura 7 es un resumen de aplicar estrategias de mantenimiento.

**Figura No. 7 Estrategias de mantenimiento**



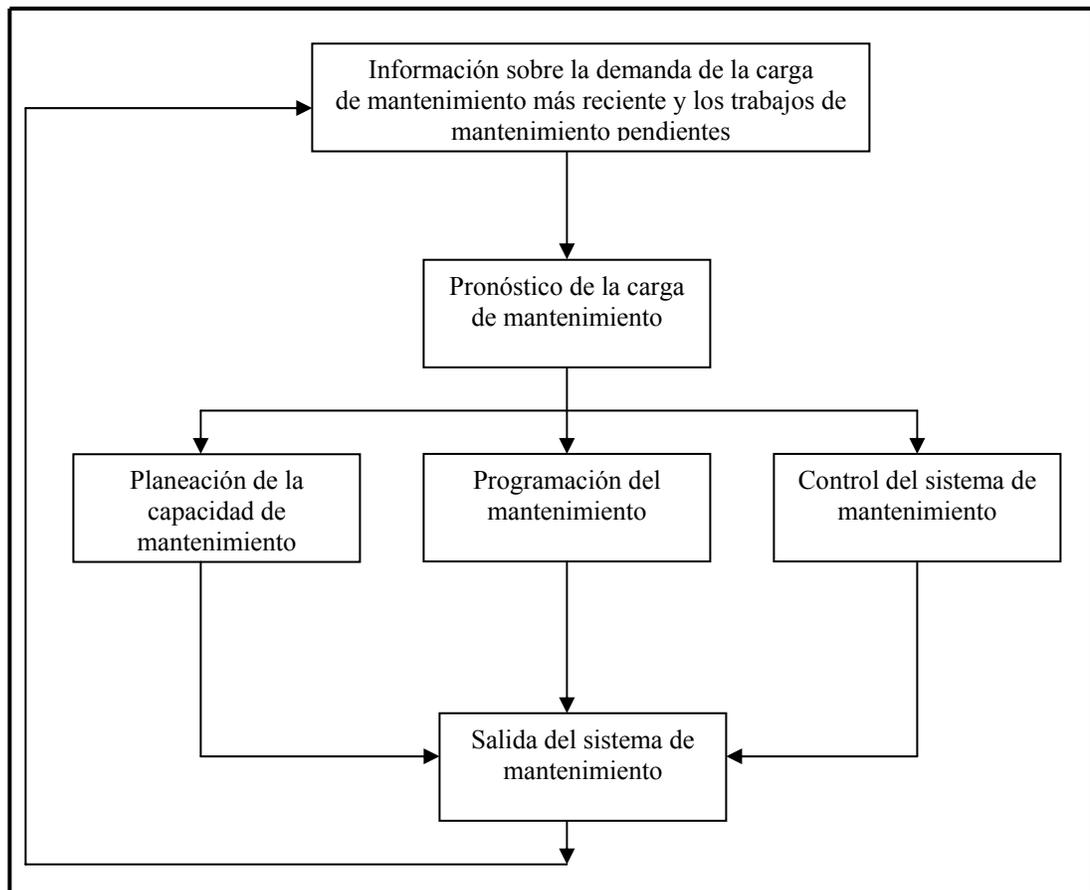
Fuente: Duffuaa Salih, Sistema de Mantenimiento, página 35

### I. Pronóstico de la carga de mantenimiento

Es el proceso mediante el cual se predice la carga de mantenimiento. Ésta carga en una planta varía de forma aleatoria y, entre otros factores, puede ser una función de la edad del equipo, el grado de uso, la calidad del mantenimiento, factores climáticos y las destrezas de los trabajadores de mantenimiento. El pronóstico es esencial para alcanzar el nivel deseado de

eficacia y utilización de recursos, y sin éste, muchas de las funciones de mantenimiento no pueden realizarse bien. En la figura 8 se muestra el papel que desempeña este pronóstico en un sistema de mantenimiento.

**Figura No. 8 Función del pronóstico de la carga de mantenimiento**



Fuente: Duffuaa Salih, Sistema de Mantenimiento, página 43

### **J. Planeación de la capacidad de mantenimiento**

Esta determina los recursos necesarios para satisfacer la demanda de trabajos de mantenimiento e incluyen entre otros: La mano de obra, material, repuestos, equipo y herramientas. Los aspectos fundamentales en la

capacidad de mantenimiento son entre otros la cantidad de trabajadores de mantenimiento y sus habilidades, las herramientas requeridas, etc. Debido a que la carga de mantenimiento es una variable aleatoria, no se puede determinar el número exacto de los diversos tipos de técnicos. Por lo tanto, sin pronósticos razonablemente exactos de la demanda futura de trabajos de mantenimiento, no sería posible realizar una planeación adecuada de la capacidad a largo plazo. Para utilizar mejor sus recursos de mano de obra, las empresas tienden a emplear una menor cantidad de técnicos de la que han anticipado, lo cual dará por resultado una acumulación de trabajos de mantenimiento pendientes. Éstos pueden completarse haciendo que los trabajadores existentes laboren tiempo extra o buscando ayuda exterior a contratistas. Los trabajos pendientes también pueden desahogarse cuando la carga de mantenimiento es menor que la capacidad.

### **K. Organización del mantenimiento**

Dependiendo de la carga de mantenimiento, el tamaño de la planta, la destreza de los trabajadores, etc., el mantenimiento se puede organizar por departamentos, por áreas o en forma centralizada. Cada tipo de organización tiene sus ventajas y sus desventajas. En las organizaciones grandes, la descentralización, la función del mantenimiento puede producir un tiempo de respuesta más rápido y lograr que los trabajadores se familiaricen más con los problemas de una sección particular de la planta. Sin embargo, la creación de un número de pequeñas unidades tiende a reducir la flexibilidad del sistema de mantenimiento como un todo. La gama de habilidades disponibles se reduce y la utilización de la mano de obra es generalmente menor que en una unidad de mantenimiento centralizada. En algunos casos, puede implantarse una solución de compromiso, denominada sistema en cascada, que es el que permite que las unidades de

mantenimiento del área de producción se enlacen con la unidad de mantenimiento central.

### **L. Planeación del mantenimiento preventivo**

Después de que se ha puesto en marcha un programa de mantenimiento preventivo, se requiere la planeación de las tareas de mantenimiento. En otras palabras, invertir tiempo y mano de obra para analizar cada tarea y su frecuencia, luego identificar al personal adecuado, las herramientas necesarias, las partes, consumibles y equipo de medición requeridos para cada tarea. Asegurarse que todo esto estará disponible cuando se necesite. Sin la planeación, las tareas podrían quedar incompletas o ignoradas del todo y el programa fracasará.

### **M. Inspección diaria**

Un operador, supervisor o encargado de mantenimiento capacitado debe verificar minuciosamente el estado de la prensa sin detener su operación, y observar aquellos elementos de las máquinas que puedan ser inspeccionados sin riesgos. Se programan las reparaciones que sean necesarias, de acuerdo a la urgencia con que lo ameriten. A continuación se sugiere una lista de verificación para la inspección diaria.

1. Observar cuidadosamente los movimientos de las partes móviles tales como el contenedor, la cruceta, el cambiador de dados y la cizalla de desperdicio.
2. Elegir de forma aleatoria la trayectoria de un trozo de desperdicio y observar su alineación, ángulo recto, ya que, con ello se puede

inferir acerca del estado y alineación del contenedor y de la camisa del mismo.

3. El equipo porta herramienta también puede indicarnos desgaste o acumulación de desperdicio. ¿Ésta limpio el cambiador de dados?
4. Se debe prestar atención al contenedor, el vástago y el bloque fijo. Cualquier señal de falta de alineación, vástago retorcido u otros problemas se harán evidentes acá.
5. El sistema óleo-hidráulico también podrá presentar los siguientes síntomas de que algo anda mal: Deberá prestarse atención a las fugas, bajo nivel de lubricante, calor excesivo, cambios abruptos en la temperatura del aceite ó cambios en la condición del mismo. Todas estas son señales de problemas futuros.

La planeación en el mantenimiento del equipo llevada a cabo regularmente permite un uso eficiente de ambos, personal y equipo. Con paradas previstas el trabajo puede llevarse a cabo cuando se cuenta con el talento, las herramientas, los consumibles y el resto de equipo de diagnóstico necesario. El personal de producción puede faltar a su trabajo o bien asignársele otro trabajo.

Muchos trabajos distintos pueden ser llevados a cabo concurrentemente, el trabajo se realiza más detalladamente. El hecho de registrar las tasas de desgaste es beneficioso, ya que ciertos componentes pueden ser reemplazados antes de que se den las paradas no planificadas. En contraste, el mantenimiento de avería debe depender de los trabajadores y las herramientas disponibles.

Una planta de extrusión bien organizada programa reparaciones regularmente y lo hacen reservando varios días a la semana o cada dos semanas. Las tareas son realizadas de acuerdo a las anotaciones contenidas en el reporte diario de inspección y, además; determinadas de acuerdo a los reportes estadísticos de fallas. Los períodos de mantenimiento preventivo mensual, trimestral, semestral y anual requerirán un tiempo mayor en ejecutarse y de acuerdo a chequeos adicionales incluidos en los programas establecidos.

No es posible establecer una frecuencia estándar para mantenimiento preventivo, es diferente para cada prensa de extrusión y cada empresa, sin embargo, se sugiere intervalos de mantenimiento preventivo los que dependerán de la situación actual particular:

1. diseño del equipo;
2. edad del equipo;
3. historia reciente del equipo;
4. requerimientos del programa de producción.

Los intervalos sugeridos se basan en las opiniones de varias plantas extrusoras y podrían ser útiles para el establecimiento de un programa de esta naturaleza.

### **3.1 Mantenimiento mecánico**

#### **A. Cilindro motor y empaques**

Deberán buscarse fugas ó bien cualquier incremento brusco en el caudal de las mismas. Esto indicará que los empaques deben ser reemplazados o bien que la superficie del cilindro principal está deteriorada. Puede haber partículas atrapadas en los empaques y que ocasionen rayones en la superficie del pistón principal. Cuando se aprieta el empaque, el anillo del retenedor debe apretarse uniformemente en todo su contorno. Se debe chequear el estado del cilindro principal periódicamente por el desgaste que éste ocasione al casquillo, este procedimiento deberá realizarse así:

1. llevar al pistón principal a una posición tal, que pueda acomodarse un nivel de maquinista en la superficie de éste, aproximadamente 18 pulgadas;
2. en este punto el pistón principal deberá estar totalmente soportado por el casquillo del cilindro;
3. el cilindro principal deberá tener una máxima tolerancia de nivel de 0.0005 pulgada./pie (0.04 mm./metro). Si la superficie de la plancha del cilindro principal es perpendicular y el cilindro no está nivelado, el casquillo seguramente estará desnivelado y requerirá ser reemplazado;
4. los patines de la cruceta de prensa sólo deberían apenas tocar las deslizaderas en está posición.

## **B. Pistón principal**

Está sujeto a sufrir rayones ó hendiduras permanentes que consecuentemente dañarán los empaques e incrementarán las fugas. Si esto ocurre, la superficie del pistón deberá ser pulida suavemente con una piedra de esmerilar, luego deberá lavarse para eliminar los residuos.

Esta área de la prensa de extrusión requiere un monitoreo preciso y deberá volver a empaquetarse tan pronto como sea conveniente, ó inmediatamente si la formación de hendiduras persiste.

## **C. Tirantes ó columnas**

Se deberá verificar si existe holgura entre las tuercas interiores y las planchas cuando la prensa esta sujeta a cargas. De existir una holgura de al menos 0.001 pulgadas (0.025 mm) indicará que se ha perdido la pre-compresión de los tirantes. Se deberá marcar la posición de cada tuerca con relación a las planchas ya que de esta manera, la rotación de la tuerca será más fácil de detectar. Es importante que se sigan cuidadosamente las instrucciones del fabricante para aflojar las tuercas y ajustar la pre-compresión de los tirantes. En caso de no contar con esta información, el procedimiento general indicado a continuación puede ser de utilidad: La pre-compresión de los tirantes se consigue incrementando la fuerza (tonelaje) de la prensa a un 10% sobre el valor indicado por el fabricante y se utiliza el pistón principal para estirar las columnas, luego se aprietan las tuercas interiores y se bloquean para que retengan la pre-compresión. Las tuercas interiores deben permanecer apretadas, aún bajo cargas y no deberá existir holgura entre la tuerca y la

plancha. De la misma forma, cuando la carga se libera no deberá existir holgura entre la plancha y las tuercas externas. Con tirantes encamisados, no es permitida holgura entre la camisa y la plancha. De existir espacio entonces se habrá perdido la pre-compresión y requerirá reapretar al par indicado y verificar que los ángulos sean rectos.

#### **D. Plancha ó plato frontal**

La condición del anillo de presión es determinante para mantener las prestaciones de los dados de extrusión y por ello deberá verificarse continuamente con un calibrador vernier. Si está flojo, presenta fisuras ó está distorsionado (por ejemplo se ha “acuñado” ó hay impresión permanente en el anillo) se deberá reparar ó reemplazar si se detecta cualquier daño. El viejo anillo de presión puede ser restaurado a su condición original con la pulidora hasta desbastar el material en exceso y lograr superficies paralelas.

#### **E. Cruceta ó parte superior de arriestrado de prensa, deslizaderas y patines**

Las deslizaderas deben estar libres de fisuras u otros daños a la superficie, por ejemplo; el que se ocasiona por la caída accidental de herramienta. Otro asunto que merece atención es la acumulación de residuos de bronce sobre las pistas donde se desliza la parte móvil de la prensa. Esto indicará una mala lubricación o bien que los patines de bronce no están teniendo el contacto apropiado por estar desalineado. Si esto llegará a suceder, los patines deben ser removidos e inspeccionados regularmente y maquinados o reemplazados cuando sea necesario. Algunas prensas se equipan con un

brazo limpiador para remover la suciedad y materias extrañas de la superficie de deslizamiento. Las deslizaderas deben ser verificadas para que estén libres de abolladuras u otros daños a las superficies causados probablemente por la caída de herramienta.

#### **F. Cilindros de la cruceta**

Verificar la cantidad de aceite en el vástago, ya que puede indicar que es necesario el cambio de anillos ó retenedores. Se verifica el tamaño de las holguras alrededor del vástago ya que el exceso de juego es indicativo de un desgaste de los retenedores. Las conexiones hidráulicas no deben presentar fugas tampoco incluso cuando están sujetas a cargas. Es muy importante estar al tanto de la temperatura del fluido óleo-hidráulico ya que de estar muy caliente, el aceite podrá pasar por la cabeza del pistón. En este caso se requerirá de la reconstrucción.

#### **G. Vástago o pistón de extrusión**

Como complemento al monitoreo de la alineación de este elemento de la prensa, deberá corroborarse la existencia de fisuras o torcedura del vástago por los esfuerzos compresivos a los que está sometido.

#### **H. Cilindros del contenedor**

Hay que verificar si hay exceso de aceite sobre los vástagos ya que esto indicará que hay daños en el sistema de empaques.

## **I. Cizalla de desperdicio**

Las guías de las cuchillas no deben estar desgastadas ya que esto permite que la cuchilla se aleje del conjunto de herramientas y hace ineficiente su uso. El grupo de herramientas deberá estar absolutamente uniforme en todas sus dimensiones, las variaciones que sobrepasen los 0.02 pulgadas, 0.5 milímetros, seguramente ocasionarán daños a la cuchilla. Como regla general, deberá adoptarse un estándar en cuanto al tamaño de la herramienta para cada prensa de extrusión. Esta norma debe seguirse al pie de la letra para evitar problemas, la herramienta que no sea del tamaño estándar deberá ser descartada ó modificada.

Existen varios diseños y dispositivos disponibles para lograr que la posición del conjunto de herramientas sea la correcta. Una de ellas es la mordaza de sujeción operada por medio de un mecanismo que incluye una leva y una mordaza de apriete para mantener la pila en su posición durante el proceso de corte del desperdicio. La condición del porta-herramientas es determinante también y por esta razón debe ser inspeccionado periódicamente, el cilindro hidráulico que transmite la fuerza para el corte ó cizalla deberá ser revisado para evitar la acumulación excesiva de lubricante en el vástago.

### **3.2 Alineación**

Los procedimientos y la frecuencia en que debe alinearse una prensa de extrusión son variables de acuerdo al diseño de prensa que se trate y a la condición de la maquinaria. Las recomendaciones originales del fabricante, de estar disponibles, deben siempre prevalecer sobre los procedimientos indicados acá. Se han dividido los procedimientos en dos partes.

## **A. Alineación del bastidor de la prensa y sus componentes**

Este procedimiento debe ser ejecutado cuidadosamente la primera vez que se instala el equipo y luego después de un período de abandono, por ejemplo, cuando se inicia un nuevo programa de mantenimiento preventivo. Deberá asegurarse que la base de la prensa esté a plomo y nivelada sobre la superficie. Cuando se instala por primera vez, usualmente se coloca la prensa sobre unas alzas, chapas de relleno para reducir el huelgo, luego se cimenta en su lugar. Normalmente se utiliza mortero de ½” a 1 ½”. Los pernos de anclaje se sujetan a las alzas. La tolerancia usualmente alcanza cinco milésimas de pulgada por pie, ó 0.04 milímetros por metro. Con el correr del tiempo, es posible que la prensa ya no se encuentre a nivel, algunos problemas incluyen:

- a. asentamiento del cimiento ó el terreno debajo de éste;
- b. deterioro del cimiento;
- c. pernos de anclaje flojos (debido a la vibración);
- d. condiciones ambientales;
- e. daño mecánico ó modificación de la estructura de la prensa.

Antes de nivelar la prensa, se debe examinar la condición del cimiento (el mortero) y los pernos de anclaje. Si es necesario se deberá remover el concreto, volver a nivelar y volver a colocar alzas a la base, reapretar los pernos de anclaje. Si vuelve a notarse un cambio en el nivel debido al deterioro del cimiento ó asentamiento, entonces deberá consultarse con un ingeniero geotécnico para obtener técnicas apropiadas de reparación de cimientos, tales como fundición a presión o pilares de concreto. Una vez esta correctamente ajustado y estabilizado no se requiere una nueva verificación a intervalos frecuentes. El procedimiento es el siguiente.

- a. -Nivelar la base de la prensa en sentido horizontal a lo largo y ancho y luego diagonalmente en ambos sentidos, parte frontal izquierda a parte trasera derecha, etc. La variación máxima no deberá exceder de 0.0005 pulgadas por pie, 0.04 milímetros por metro.
- b. -Alineación y nivelación del cilindro principal: La brida del cilindro principal debe permanecer perpendicular a las guías y a la línea central de la base de la prensa y paralelo a la plancha frontal. Para determinar el grado de perpendicularidad, se debe colocar una escuadra sobre la parte maquinada de la superficie frontal de la plancha de resistencia, hay que verificar la pata horizontal de la escuadra con un nivel. La desviación máxima permitida desde la perpendicular es de 5 milésimas de pulgada por pie, 4 centésimas de milímetro por metro. Otra evaluación importante es la siguiente: El pistón del cilindro principal se coloca de tal forma que se lleva hasta que pueda acomodarse un nivel sobre la superficie de éste, aproximadamente unas 18 pulgadas. Una vez se alcanza este punto el pistón tendrá que ser soportado por el casquillo del cilindro principal, entonces el vástago del cilindro debe estar a nivel y con la misma desviación desde la perpendicular. Es muy probable que ocurra un desgaste excesivo en el casquillo si la superficie del plato del cilindro principal es perpendicular y el pistón no está a nivel, horizontal, y tal elemento requiera ser reemplazado. En esta posición los patines de la cruceta apenas deben estar haciendo contacto con las guías en esta posición. En muchas prensas, la perpendicularidad de la plancha del cilindro principal puede ser ajustada por medio de un gato hidráulico y colocando alzas al soporte posterior de los cilindros.

- c. -Verificar la alineación de los tirantes: Se debe correr un nivel en ambos sentidos a lo largo de todo el tirante y a través de ambos juegos de rodos en cada extremo. Los tirantes deben encontrarse a nivel y a las mismas tolerancias que la base de la prensa.
- d. -Verificación del paralelismo del plato del cilindro principal y el plato de resistencia ó frontal: La distancia entre ambos platos se medirá para cada tirante encontrándose el contenedor a temperatura de operación. Siempre se debe medir partiendo de superficies maquinadas. En algunos casos será mejor y más práctico desde el interior de las tuercas internas de los tirantes, en tal caso se debe siempre medir el grueso de las tuercas con un micrómetro y agregar esta dimensión a las medidas que se hicieron con la barra de medición. Las barras de medición deben ser sujetadas con ganchos “S” para evitar la deflexión e insular los rodos para evitar la dilatación por la temperatura proveniente del contenedor. La máxima desviación permitida dependerá de las directrices que proporcionen para tal efecto los fabricantes del equipo pero, en ausencia de tal información, la variación máxima permitida entre los tirantes debe ser +/- 3 milésimas de pulgada, 75 centésimas de milímetro. Esta medición se deberá repetir tanto en circunstancias que la prensa esté sujeta a carga como aquellas sin carga.
- e. -Verificar la pretensión de los tirantes: Seguir las recomendaciones del fabricante al aflojar las tuercas y ajustar la pretensión de los tirantes. Si no se cuenta con tales instrucciones, la pretensión de los tirantes se logra usualmente sometiendo a la prensa a una carga que exceda en un 10 por ciento el rango establecido máximo de carga. Se usa el vástago del cilindro principal para estirar los rodos y luego se aprietan las tuercas interiores, se

bloquean para que retengan la carga. Las tuercas internas deben permanecer apretadas, incluso cuando la prensa se encuentra sometida a su máxima carga. En estas condiciones la holgura existente entre la tuerca y la brida no debe exceder de una milésima de pulgada (0.001”). Cuando se libera la carga no debe existir holgura entre la brida y las tuercas exteriores. Para el caso de tirantes con camisa no se permite ninguna holgura entre la camisa y la brida. La existencia de un espacio libre, es indicativo de la pérdida de pretensión. En este caso se debe ajustar, con un medidor de par, el momento de las tuercas y verificar que las superficies estén a escuadra.

### **B. Alineación de los componentes “dinámicos” de la prensa**

Los elementos denominados “dinámicos” de la prensa de extrusión son los que están sujetos a una operación de miles de ciclos en un mes. Por este motivo, están sujetos a desgaste y fatiga, así como a calentamiento y a fallas mecánicas. Sin embargo, aún cuando la prensa se haya vuelto obsoleta y se ha desgastado, los clientes demandan perfiles cuyas tolerancias, en lo referente a espesor de pared, son cada vez más difíciles. Por tanto, la alineación entre el contenedor, las herramientas y el anillo de presión de la plancha es primordial. Los procedimientos recomendados se encuentran a continuación.

- a. -Verificación del nivel y alineación del pistón principal y el vástago: Verificar que el pistón principal se encuentre nivelado paralelo a la línea de simetría de la prensa, visto en planta, a lo largo de su carrera. En la mayoría de las prensas el ajuste se efectúa mediante los patines o la cruceta. Se recomienda verificar al

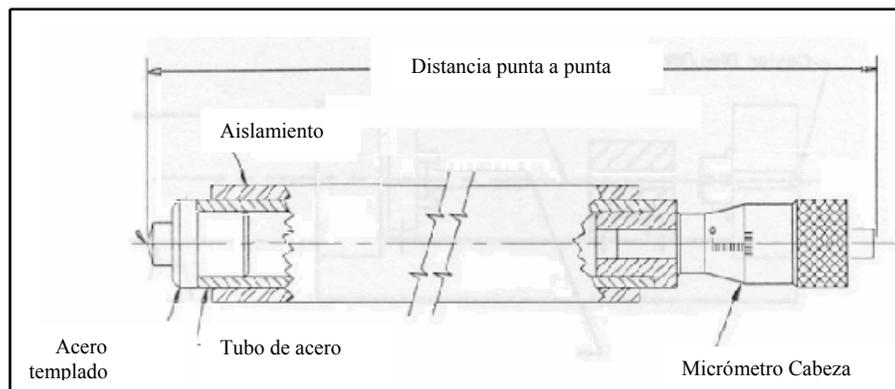
menos tres puntos del recorrido. La alineación del pistón principal con respecto del vástago debe mantenerse, además el vástago debe estar recto y paralelo al pistón.

- b. -Verificar la alineación entre el anillo de presión del plato frontal el juego de herramientas, el contenedor y el vástago de extrusión. Existen distintos procedimientos y fijaciones a escoger para medir la alineación relativa de estos elementos.
- c. -Ajuste de la alineación del contenedor y el juego de herramientas: La meta del grado de alineación y precisión que se pretende alcanzar entre estos elementos en todas las direcciones es de +/- veinte milésimas de pulgada, ó medio milímetro.
- d. -Alineación de la cizalla de desperdicio: En prensas pequeñas, con fuerzas de extrusión menores a mil ochocientas toneladas cortas, el ajuste del corte nos indica que la hoja de corte debe ubicarse a una distancia de entre veinte y veinticinco milésimas de pulgada de la cara caliente del dado. En las prensas grandes, ésta holgura puede ser mayor.
- e. -Alineación del alimentador de lingotes: El contenedor, el pistón de extrusión y el bloque fijo deben estar a temperatura de operación. Se recomienda un desvío del eje de alineación que no exceda de veinte milésimas de pulgada. Las medidas preliminares pueden realizarse utilizando uno de los sistemas de alineación descritos anteriormente.

### C. Herramientas recomendadas para llevar a cabo alineaciones de la prensa de extrusión

- a. *Nivel de maquinista*: un nivel de precisión que debe tener una exactitud de diez segundos, cada división del nonio del calibrador vernier equivale a 0.0005 pulgadas por pie, 0.004 milímetros por metro. Precaución: Este aparato no debe usarse sobre superficies calientes.
- b. *Nivel de topógrafo*: con una exactitud típica de 0.0001 pulgadas por pie.
- c. *Pértiga de medida, Compás de varas ó Eclipsógrafo*: es un dispositivo fabricado especialmente para medir las distancias entre las tuercas de los tirantes. Un micrómetro se aloja dentro de un tubo de acero ó aluminio en uno de sus extremos y un husillo con la punta de forma esférica en el otro extremo. Para que éstos instrumentos sean confiables deben ser diseñados y apoyados tomando en consideración la deflexión que podrían experimentar por su propio peso. Asimismo, se les aísla térmicamente para evitar la dilatación debida al calor que se transfiere del contenedor. Se muestra en la figura 9.

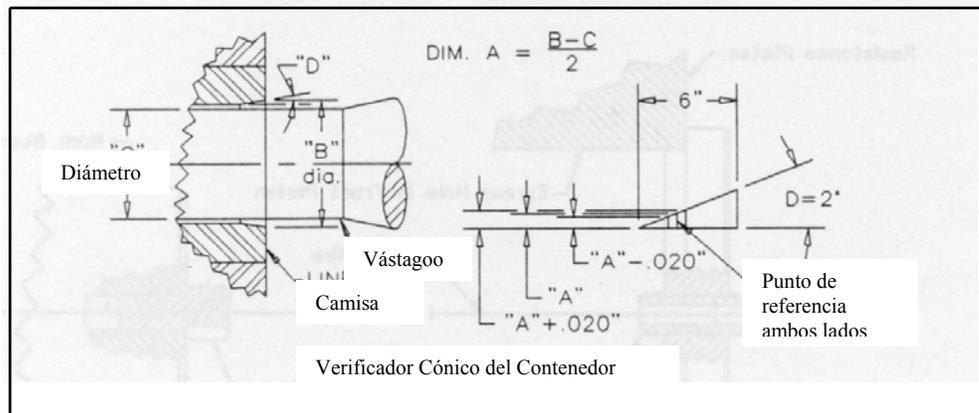
**Figura No. 9 Calibrador ó Eclipsógrafo**



Fuente: Robert Werner Manual Prensa de extrusión. página 3-11

- d. *Verificador cónico del contenedor*: Este instrumento de medición se fabrica para este fin específico. El material del cual está fabricado tiene una superficie donde tiene trazos indicadores, tal es el caso del aluminio, por lo general es de seis pulgadas de longitud con un ángulo, o conicidad, ligeramente mayor que el ángulo que se encuentra en la entrada del contenedor. Las marcas indican que tan centrado se encuentra el vástago del pistón principal con respecto del contenedor. Idealmente el contenedor y el vástago tienen el mismo centro de referencia.

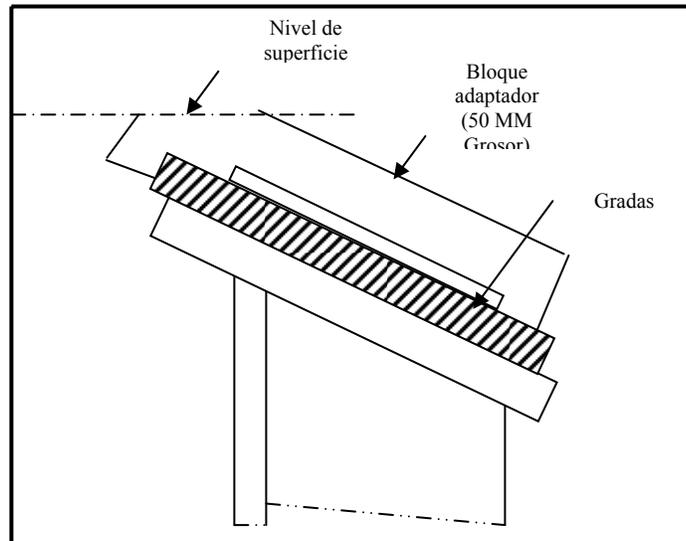
**Figura No. 10 Indicador de nivel del contenedor**



**Fuente: Robert Werner, Manual de Prensa de extrusión, página 3-12**

- e. *Bloques de referencia para correderas inclinadas*: estos se conciben para prensas que estén equipadas con correderas inclinadas y los bloques sirven para establecer puntos de referencia para nivelar el bastidor de la prensa.

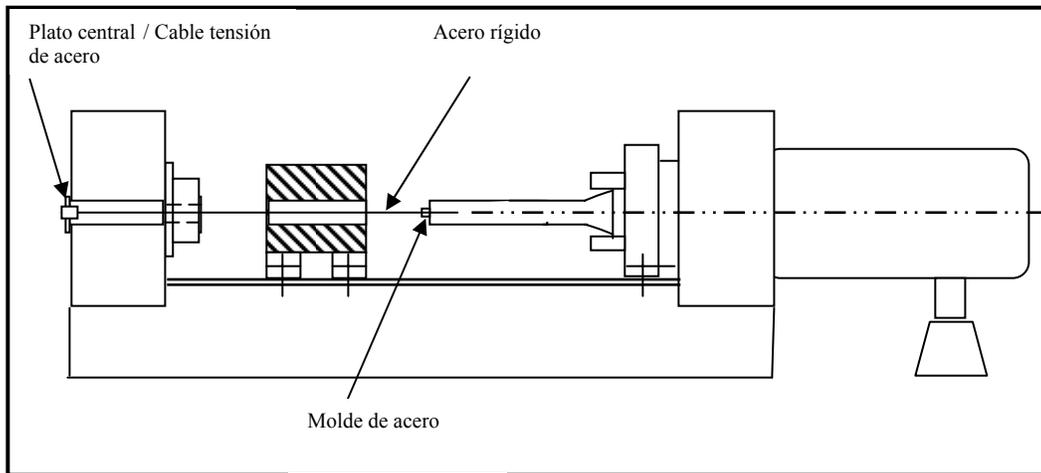
**Figura No. 11 Adaptador para ángulos de los rodos guías**



Fuente: Robert Werner Manual de Prensa de extrusión, página 3-14

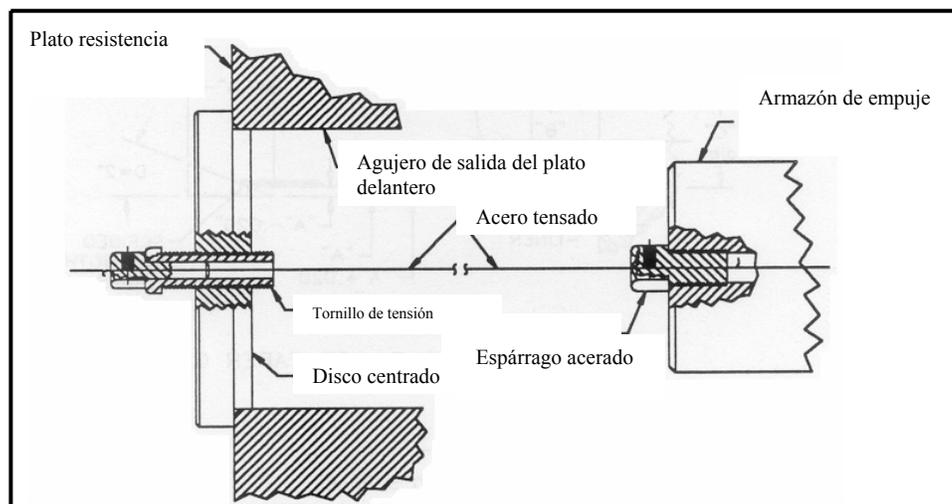
- f. *Fijaciones para las cuerdas de piano:* la utilización de cuerdas de piano para localizar el centro de la prensa se facilita al utilizar una serie de fijaciones fabricadas para cada prensa según sea el caso, y que sirven para soportar la cuerda y posicionarla en la plancha frontal de la prensa y el vástago de extrusión.

**Figura No. 12 Sistema hilo metálico rígido**



Fuente: Dietrich Altenpohl, *Aluminum Technology, Applications And The Environmen*

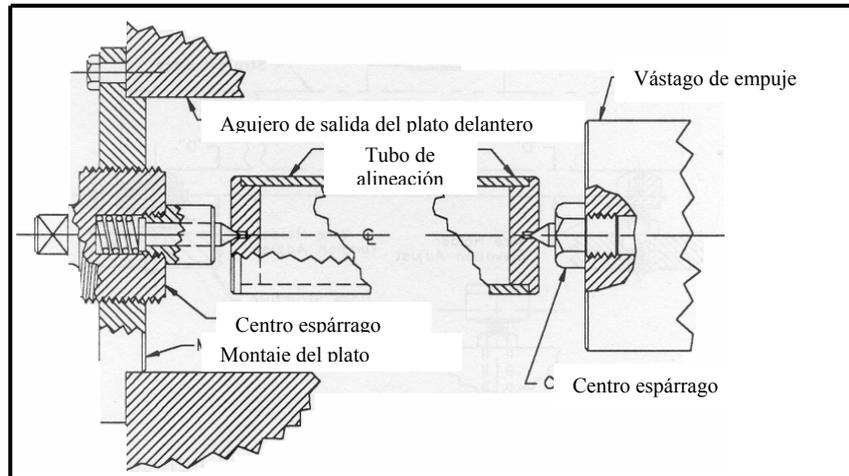
**Figura No. 13 Componentes para el sistema hilo metálico rígido**



Fuente: Robert Werner, *Manual Prensa de extrusión*, página 3-13

- g. *Fijación de tubo de precisión*: una técnica alternativa para alinear los centros se obtiene mediante el uso de un tubo maquinado especialmente junto con sus fijaciones para el plato de la prensa y el vástago de extrusión.

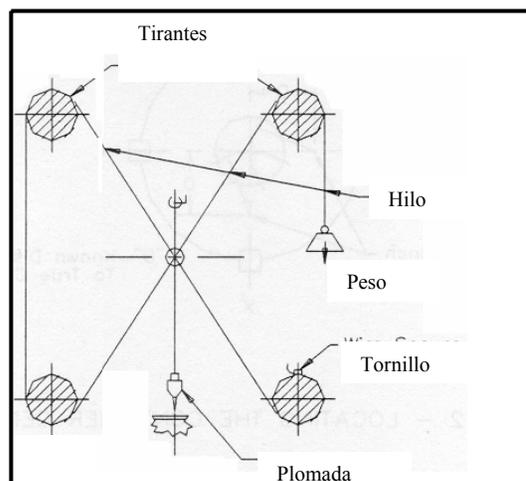
**Figura No. 14 Aditamentos para el método de Tubo de precisión**



**Fuente: Robert Werner, Manual Prensa de extrusión, página 3-14**

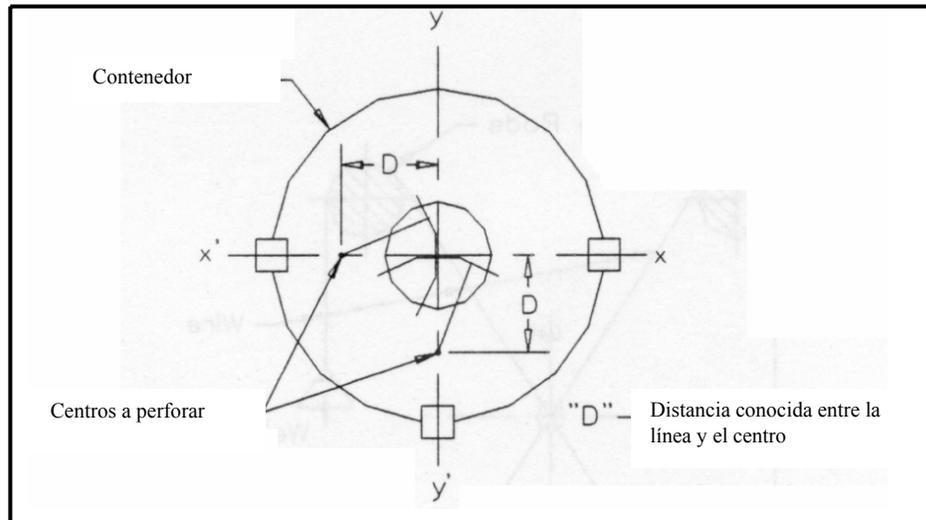
h. *Localización del eje de simetría de una prensa de extrusión:* para ejecutar cualquier tarea de alineación de la prensa es indispensable definir los puntos de simetría. A continuación se muestran la técnica para ubicar dichos puntos.

**Figura No. 15 Método para localizar la base del contenedor**



**Fuente: Robert Werner Manual Prensa de extrusión, página 3-13**

**Figura No. 16 Localización del centro del contenedor**



**Fuente: Robert Werner, Manual Prensa de extrusión, página 3-14**

### **3.3 Lubricación**

Esta es una operación que debe ser periódica y consiste en aplicaciones de aceites y grasas para evitar averías por desgaste prematuro que constituyen por lo general hasta el 70% de las fallas de un equipo. La lubricación general de los componentes de una prensa de extrusión es por lo general una tarea muy sencilla de realizar. La presencia de fugas hidráulicas y lubricantes, que se aplican por aspersion en las herramientas hace que se forme una capa de aceite sobre toda el área de la prensa. Es más importante asegurarse de evitar que el polvo y los materiales extraños queden atrapados en la superficie por la acción de esta capa de aceite presente. La ubicación y los puntos de lubricación dependerán enteramente del diseño de la prensa, los procedimientos y prácticas pasadas constituyen una guía suficiente para realizarlos.

## **A. Lubricación de herramientas de extrusión con lubricantes para alta temperatura**

El avance tecnológico ha resultado en el desarrollo de muchos lubricantes, tanto sencillos como multigrados que se utilizan para aplicaciones específicas en la prensa, a saber.

**1. Lubricantes para lingotes de aluminio y el bloque falso:** las operaciones de lubricación de los extremos de los lingotes han sido realizadas tradicionalmente aplicando una capa de grafito, mezclado en forma de aerosol, ya sea con una base de agua o Kerosén. Sin embargo, con el uso cada vez más común de los bloques falsos fijos combinado con el advenimiento de los lingotes cizallados en caliente ha forzado el desarrollo de alternativas que pueden ser aplicadas, automáticamente, por ejemplo, después de que cada lingote ha sido cizallado. Actualmente, existen dos métodos de aplicación de lubricantes sobre las superficies del extremo del lingote y el falso bloque fijo.

**a. Aspersión automática:** en el cual, un aspersor desciende desde arriba mediante la acción de un cilindro neumático que se alinea con el bloque fijo mientras la prensa de extrusión está en el ciclo muerto, luego una boquilla que rota aplica el lubricante a la cara y los extremos del bloque fijo.

**b. Aplicación de carbón con la ayuda de una flama:** el extremo del lingote se le aplica una llama rica en carbón, luego un gas como el acetileno se quema durante tres a cuatro segundos lo que genera un humo negro.

**2. Lubricantes para la cizalla en caliente:** Boquillas fijas son colocadas para aplicar el lubricante al extremo filudo de la hoja de cizallar cada cinco o diez lingotes.

**3. Lubricación y refrigeración para las sierras de corte:** El corte de los perfiles de aluminio o de los lingotes puede ser mejorado con la utilización de lubricantes de corte, que a la vez sirven para disipar el calor generado por las operaciones de corte propiamente dichas. Las propiedades de los fluidos de corte altamente desarrollados permiten la reducción en la cantidad de lubricante requerido, de ésta manera se reduce la cantidad que queda en el producto que se ha cortado. También se incrementa la vida útil de la hoja y la calidad de corte es mucho mejor.



## 4 HERRAMIENTAS DE EXTRUSIÓN

Las herramientas son los dispositivos que tiene la prensa de extrusión para llevar a cabo el trabajo de deformación compresiva. Generalmente, la herramienta va montada sobre el bastidor de la prensa y efectúa el trabajo.

### 4.1 Bloque Fijo y Móvil

La mayoría de prensas de extrusión se han equipado con bloques fijos, éstos ofrecen ventajas importantes sobre los bloques móviles:

- a. Se elimina la intervención de un operador.
- b. El tiempo muerto y los gastos incurridos por el manejo del sistema de bloques también se elimina.
- c. Se pueden utilizar lingotes ligeramente más largos y con ello se incrementa el tiempo activo de trabajo.
- d. Se simplifica la operación de desecho.
- e. Los daños a la parte frontal del contenedor desaparecen.
- f. Se reduce el tiempo muerto de operación.

Para poder gozar de las ventajas del bloque móvil se deben considerar varios factores como lo son:

**1. Diseño del bloque:** el mercado actual cuenta con algunos diseños propios para los bloques fijos. En general, la geometría del cuerpo del bloque se expande bajo la carga de extrusión ocasionando que el borde externo se expanda prácticamente hasta alcanzar el diámetro interno del contenedor, la expansión es el resultado de empujar el inserto en el cuerpo del bloque. Al fin del ciclo de extrusión, la “relajación” de la presión de extrusión permite que el inserto se retraiga y el cuerpo a que se contraiga en diámetro, ayudando así a empujar el desperdicio fuera de la cara del bloque.

Las fallas en el bloque móvil se relacionan por lo general a la limitada elasticidad de algunos aceros usados y los esfuerzos excesivos a que son sometidos, los cuales tienden a sobrepasar el esfuerzo límite de fluencia del acero, cuando el diámetro externo del bloque sufre un incremento permanente de 0.020” (0.5 mm), lo más probable es que se haya perdido la elasticidad del acero. La formación de desperdicio de aluminio en el bloque ocasiona el rechazo del producto porque el perfil presenta ampollas, pequeños burbujas que atrapan hidrógeno. Esto también ocasiona desgaste en la periferia del bloque. A manera de información, los bloques móviles se construyen usualmente de acero AISI H-13 y se endurecen hasta un grado ROCKWELL C comprendido entre 45 y 49.

**2. Espacio libre dentro del contenedor:** el diámetro del bloque debe seleccionarse para que provea de un sello total durante la extrusión, y suficiente espacio libre para pasar fácilmente a través del contenedor durante la carrera de retorno. No existe un arreglo general acerca del espacio libre adecuado, ya que depende en cierta forma del diseño del bloque. También la pobre alineación requerirá un espacio libre mayor y por ende un comportamiento pobre del bloque. Las aberturas recomendadas entre el bloque y el contenedor varían más comúnmente en 0.030” (0.75 mm) pero 0.016” a 0.040” (0.4 a 1 mm) son

aconsejables de hecho, la mayoría de los operadores de prensa deben llegar a la abertura óptima para su caso en particular por prueba y error.

**3. Método de sujeción al vástago de extrusión:** una vez más, prevalecen ciertos diseños patentados. El sistema de sujeción más sencillo se compone de un perno fileteado, dispuesto para enroscar, que conecta el vástago con el bloque falso. Las desventajas de éste método son:

- a. la rigidez (falta de flexibilidad)
- b. agarrotamiento
- c. dificultad de cambiar y
- d. ocasionalmente la pérdida del bloque

Si el perno del bloque se afloja, la fuerza completa de la extrusión se concentrará en el y es muy probable que se rompa. Se utilizan guías y clavijas para evitar que se aflojen. Otro diseño muy popular es la traviesa que pasa a través del vástago hacia una tuerca en la parte posterior. En este caso, la base del bloque se mantiene en contacto con el vástago evitándose así cargas excesivas en los hilos de la rosca. Del método tipo “bayoneta” se dice que evita el daño en el filete y puede “resistir” cierto grado de desviación en cuanto a las líneas de alineación ya que se permite algún movimiento radial.

**4. Alineación de la Prensa:** el tiempo de vida en servicio de los bloques se reduce drásticamente debido a fallas en la alineación. Se recomienda que la desviación con respecto del eje alineado no exceda de  $\pm 0.020$  ( $\pm 0.5$  mm).

**5. Pre calentamiento del bloque fijo:** a pesar de que el proceso de extrusión genera una cantidad considerable de calor, el bloque fijo siempre debe precalentarse antes de ser puesto en servicio. Este proceso ayuda a minimizar el choque térmico y a incrementar la tenacidad del acero. El choque es mayor a las temperaturas operativas de extrusión. Una temperatura recomendada aproximadamente de 600 ° F (315 ° C). Es importante notar que se puede precalentar el bloque en un horno destinado para esto ó también se consigue dejándolo en el centro del contenedor durante unas horas. Sin embargo, no se debe dejar el bloque dentro de cualquier horno por más de dos horas para evitar la pérdida de carburo de hierro o pérdida de temple.

**6. Lubricación del bloque y el lingote:** en general, para eliminar que el aluminio se “pegue” al bloque se debe aplicar un lubricante, ya sea al bloque o al lingote. La mayoría de operadores utilizan una aplicación manual o automática de lubricantes acuosos, base de agua, especiales, o bien se utilizan compuestos de grafito que se aplican directamente sobre el lingote.

**7. Reparación del bloque fijo:** se recomienda usualmente el reemplazo debido al desgaste del área de contacto ó a la acumulación de aluminio en el retorno ó la pérdida de elasticidad. Las áreas de contacto de los bloques se reparan soldando y re-maquinando hasta hacerlos llegar hasta su diámetro original. A continuación se menciona el procedimiento de soldado Castle para bloques fabricados con acero AISI H-13:

- a. Precalentar hasta 400 ° C (750 ° F)
- b. Soldar utilizando un proceso de arco protegido por gas (la temperatura no debe descender debajo de 350 ° C (660 ° F)
- c. Enfriar lentamente al aire hasta 80 - 100 ° C (172 - 212 ° F)
- d. Temple doble

En el equipo que aún está equipado con un bloque móvil debe considerarse lo siguiente: debe ser verificada la existencia de desperdicio de aluminio, y las fisuras debidas a los esfuerzos. También es importante comprobar la existencia de golpes y daños debidos a problemas mecánicos así como la medición de las tolerancias dimensionales. Si el bloque muestra daños, rectifíquese la alineación del alimentador de lingotes e inspecciónese el sistema de manejo del bloque móvil repárese.

**8. Bloques de Limpieza:** se recomienda el uso frecuente de bloques de limpieza porque mejoran el proceso y la vida del bloque de extrusión. Para obtenerlo, se fabrica un bloque de diámetro ligeramente mayor al que tendría el bloque normal. El diámetro que se recomienda varía desde uno 0.010" (0.2 mm) menos que el diámetro interno del contenedor hasta 0.030" (0.60 mm) más grande inclusive. El bloque de limpieza se debe precalentar a 800 ° F (425 ° C) antes de uso. La frecuencia con que se requiera el uso del bloque de limpieza se estima de acuerdo a las necesidades de cada planta en particular. Algunas empresas acostumbran correr el bloque una vez cada turno ó después de cambios en las aleaciones y otros nunca lo usan.

## 4.2 Cizalla de desperdicio

La cizalla de desperdicio corta el remanente de lingote al finalizar el ciclo de extrusión. En vista del gran número de ciclos que se le utiliza, se debe tomar en cuenta que la superficie de corte, regularmente en forma de buril, debe mantenerse afilada para evitar daños en la herramienta adyacente así como también incrementos innecesarios en el tiempo muerto de la prensa.

## 4.3 Contenedor de Lingotes

Como se ha mencionado anteriormente, el contenedor resiste los esfuerzos radiales que le transmite la camisa de éste durante el proceso de extrusión. Previene que la camisa se rompa cuando se encuentra bajo el efecto de las fuerzas extremas de extrusión. El esfuerzo en la camisa debe ser transmitido uniformemente al contenedor para lograr un ajuste preciso lo cual se logra encogiendo la camisa, a menor temperatura, y ajustándola al contenedor, este ajuste también induce esfuerzos compresivos en la camisa, haciendo que resista mayores esfuerzos en última instancia. El soporte debe ser uniforme y continuo durante el ciclo de extrusión sin que se rebase el límite plástico del acero lo que ocasionaría la falla de la camisa.

- A. **Material de construcción:** se utiliza acero forjado, comúnmente cromo-níquel-molibdeno o cromo-molibdeno-vanadio SAE 4350 o SAE 4150 tipo modificado.
  
- B. **Tratamiento térmico:** es endurecido, enfriado rápidamente y templado a una dureza 280 a 350 BHN (Brinnell). Las temperaturas a las que se conduce éste tratamiento por encima de

los 1000° F (540° C) sirven para asegurar la estabilidad a las temperaturas normales de operación. No ocurrirá un ablandamiento permanente del contenedor bajo condiciones de servicio normales.

C. **Características deseables del material:** el material del que está fabricado el contenedor se escogen para proveer tenacidad, alta resistencia a esfuerzos y la suficiente ductilidad cuando se calienta.

D. **Posibles causas de daño:** el contenedor puede dañarse debido a:

- 1) Un choque térmico, cualquier enfriamiento o calentamiento súbito puede causar fisuras.
- 2) *El calor excesivo:* A elevadas temperaturas, el material del contenedor tiende a suavizarse y debilitarse. Cerca de los 1,100° F (590° C) se suavizará permanentemente y será no apto para uso posterior.
- 3) *Temperatura no-uniforme:* Durante la operación, la retención desigual de calor resultará en una temperatura mayor cerca del centro del contenedor. El área más caliente también será más débil y podría ceder a causa de la presión de extrusión. En caso extremo se formaría una “panza” ó distorsión del contenedor cerca del eje del mismo. A temperaturas más bajas (400° - 600° F/ 215 – 315° C) pueda ser que la distorsión no sea un problema pero sin embargo, a altas temperaturas puede convertirse en permanente y requiere re-maquinado.

E. **Precauciones para evitar daños al contenedor:** Se deben atender las siguientes recomendaciones para evitar en la medida de lo posible daños:

- 1) Precalentar el contenedor antes de cada uso.
- 2) Al poner en servicio se debe calentar lentamente 100° F (55° C) por hora.
- 3) Evitar el fuego ó la flama directos.
- 4) Evitar la soldadura sobre su superficie. Si esto es inevitable entonces se deberá precalentar a 1,000° F (540° C) antes de soldar, soldar, y recocer inmediatamente después de la soldadura (esto se logra calentando hasta 1,600° F u 870° C, luego una inmersión en una solución acuosa de polímero ó agua en su defecto, se deja enfriar al aire y por último se debe volver a tratar térmicamente).
- 5) Evitar enfriamiento repentino (choque térmico).
- 6) Operar el contenedor a la temperatura mínima posible y además que sea consistente con buenas prácticas de extrusión.
- 7) Verificar el estado de los termómetros frecuentemente.
- 8) Inspeccionar visualmente las guías del contenedor a fin de establecer la existencia de fisuras.
- 9) Comprobar la ausencia de signos de movimiento relativo del contenedor y su sujeción y reparar consecuentemente.

F. **Control de mantenimiento preventivo para el contenedor:**

- 1) Mantener una buena alineación de la prensa.
- 2) Verificar las condiciones de los instrumentos que toman la temperatura por lo menos una vez a la semana.
- 3) Revisar la existencia de curvatura en las chavetas y fisuras cada vez que el contenedor este fuera de la prensa.

- 4) Verificar la dureza superficial del contenedor cada vez que se reemplace la camisa y se instale una nueva.
- 5) Re-maquinado cada vez que se instale una camisa nueva.
- 6) Buscar si es evidente el movimiento de la herramienta que sostiene al contenedor y reparar en caso sea necesario.

#### 4.4 Camisa del Contenedor

La camisa del contenedor es el elemento que resiste los efectos abrasivos del aluminio y los óxidos durante la extrusión. Se logra una dureza adecuada a una temperatura alta a expensas de la reducción en la ductilidad. Por lo tanto, la camisa debe depender de la herramienta de soporte del contenedor a fin de resistir las quebraduras.

- A. **Material de construcción:** se fabrica de acero forjado AISI H-12. Va separada del contenedor a fin de lograr una resistencia mayor y para que pueda ser reemplazada en cuanto sea necesario.
- B. **Tratamiento térmico:** es endurecido, enfriado rápidamente y templado a una dureza que va de 400 a 450 BHN (Brinnell) ó 50 ROCKWELL C. Se recomienda efectuar un mínimo de dos revenidos, e incluso tres donde se requiera una dureza de 477 BHN inclusive. Cada revenido debe mantenerse a temperatura por dos horas por cada pulgada de grueso para asegurar una absorción de calor adecuada.

**C. Características deseables del material de construcción:**

El material con el que se construye la camisa se escoge para que provea alta dureza, baja resistencia y poca ductilidad.

**D. Posibles causas de daño:** Éste elemento puede dañarse debido a lo siguiente:

- 1) *Choque Térmico:* es muy sensible a los cambios bruscos de temperatura. Cualquier calentamiento o enfriamiento repentino puede causar la rotura.
  
- 2) *Falta de soporte:* la camisa debe estar completamente apoyada por el contenedor ya que está encogida dentro de éste. Caso contrario fallará por los esfuerzos de tensión que se dan en el proceso de extrusión. Si el contenedor se encontrara a una temperatura mayor que la de la camisa, se perderá el ajuste y resultará en fallas.

Precauciones a tomar en consideración para evitar daños y prolongar la vida útil de la camisa.

- Precalentar la camisa antes de usar. Se recomienda que el calentamiento sea lento, es decir unos 100 ° F (55 ° C) por hora
- Asegurarse que el procedimiento de precalentamiento no resulte en la pérdida de encogimiento.
- Mantener la camisa caliente aún cuando la prensa no se encuentra en operación. Se puede utilizar un calentador especial que puede

improvisarse para este objetivo. Como mínimo ciérrense los extremos del contenedor para prevenir enfriamiento

- La temperatura del contenedor no debe exceder nunca a la de la camisa ya que se perdería el encogimiento.
- Evitar la llama directa, el contacto con agua y la soldadura.
- Mantener limpia la parte que sella.

#### 4.5 Vástago del cilindro de extrusión

La función del vástago es transmitir las fuerzas compresivas del cilindro principal al lingote, por lo tanto tiene que operar bajo carga compresiva sin permitir deflexiones o rotura.

A. **Material:** se construye de acero trabajado en caliente, con alto contenido de cromo, molibdeno y tungsteno o bien cromo, vanadio y molibdeno; AISI H-12 ó H-13.

B. **Tratamiento térmico:** es endurecido, enfriado rápidamente y templado a una dureza que va de 429 a 477 BHN (Brinnell). Debido a que no está sujeto a temperaturas extremas, se endurece para proveerle de la resistencia a la compresión necesaria.

C. **Características deseables del material de construcción:** deberá tener una dureza extremadamente alta, una elevada resistencia a la alta compresión y baja ductilidad. Causas de fallas son las siguientes:

- 1) *Choque térmico*: es muy sensible al choque térmico. El calentamiento o enfriamiento muy rápidos provocarán la aparición de fisuras.
- 2) *Falta de precalentamiento*: a temperatura ambiente, el vástago es muy rígido y quebradizo para ser usado con seguridad. Se debe precalentar hasta un rango de 100 a 200 ° F (38 a 93 ° C) antes de usar.
- 3) *Mala alineación*: se incrementa la concentración de esfuerzos resultando en la rotura o torceduras.
- 4) *Impactos*: cualquier golpe súbito, tal como un martillazo al contenedor o un mal funcionamiento del bloque fijo pueden ocasionar concentraciones de esfuerzos muy grandes y eventualmente debilitar el vástago.
- 5) *Deformación bajo carga compresiva*: si se observa un aplastamiento en la cara del vástago donde el diámetro se incrementa en 1/8" (3 mm) o cuando aparecen fisuras milimétricas. En tal caso se deberá rectificar el vástago y re-maquinar la cara.
- 6) *Endurecimiento debido a trabajo en caliente*: la continua presión alta de contacto (con el bloque falso) puede ocasionar la formación de una pequeña capa de metal endurecido donde aparecerán pequeñas fisuras. Para prevenir la propagación de las fisuras dentro del vástago se debe remover constantemente esta capa endurecida y re-maquinar la cara del vástago.
- 7) *Fatiga*: el vástago, al igual que los demás componentes de la prensa, están sometidos a falla en servicio por fatiga, la cual es evidente en forma de fisuras pequeñas en las partes que están sometidas a concentración de esfuerzos. Para

aliviar esta situación, se deberán eliminar (aliviar) los esfuerzos internos ocasionados mediante el procedimiento dado a continuación:

- a) Precalentar el vástago hasta 1,000 ° F (540 ° C)
- b) Someter el vástago a esta temperatura y mantenerla por un período de una hora por cada pulgada de diámetro que éste tenga.
- c) Sacar del horno y dejar enfriar al aire a temperatura ambiente.

La frecuencia con la que se lleva a cabo ésta operación de alivio de esfuerzos varía de acuerdo a la historia que tenga el mismo vástago. Se sugieren intervalos para condiciones normales a continuación:

**Tabla II. Esfuerzo vrs alivio de tensiones**

<b>Esfuerzo Compresivo (lb/plg<sup>2</sup>) Rango de operación</b>	<b>Intervalo sugerido para alivio de tensiones (lingotes procesados)</b>
180,000 a 200,000	20,000 a 30,000
160,000 a 180,000	30,000 a 40,000
130,000 a 160,000	40,000 a 50,000
100,000 a 130,000	50,000 a 60,000
Menor A 100,000	100,000

**Fuente: Aluminum Technology, Applications And The Environment**

D. **Precauciones:** para evitar daños y prolongar la vida del vástago se deberá observar lo siguiente:

- 1) *Precalentarlo antes de usarlo:* es preferible que el calentamiento sea lento. Son adecuadas temperaturas sobre los 200 ° F (93 ° C) pero la misma debe obtenerse en toda la sección del vástago, desde el centro.
- 2) Evitar el fuego directo.

- 3) Evitar contacto con agua, a menos que se haya escogido de antemano un material especial para esta aplicación.
- 4) Verificar la alineación de la prensa en todo el ciclo.
- 5) *Mantener limpio el cilindro principal y corregir cualquier daño visible:* re-maquinar para eliminar las fisuras, deformaciones, vestigios de impacto o cortes y luego aliviar los esfuerzos luego de maquinar.
- 6) Evitar la soldadura directa.

#### **E. *Mantenimiento preventivo:***

- 1) Mantener una buena alineación de la prensa
- 2) *Verificar que el extremo del vástago no tenga deformaciones.* Esta operación se puede realizar cada vez que se requiera cambiar el bloque fijo.
- 3) *Verificar las condiciones del extremo en cuanto a endurecimiento por haberlo trabajado:* esto puede realizarse semanalmente o cada vez que se cambie el bloque fijo.
- 4) Aliviar las tensiones cuando se requiera y de acuerdo al servicio.
- 5) Verificar el grado de rectitud.
- 6) *Verificar el plato de presión al cual está montado el vástago:* Deberán advertirse daños, deflexión o hundimiento en las superficies.
- 7) El anillo de retención del vástago u otros dispositivos de montaje deberán reapretarse apropiadamente.

### ***F. Herramientas de repuesto:***

Sirvan las recomendaciones indicadas a continuación para mantener herramientas de repuesto tales como contenedores, camisa, vástago, etc:

- 1) Mantener dibujos exactos de todas las herramientas, para el caso que se necesite comprar o adquirir reemplazo de éstas.
- 2) Inspección de las herramientas de repuesto tan pronto como son recibidos (nuevas o reparadas) para establecer las condiciones y la conformación a las dimensiones.
- 3) Almacenar herramientas de repuesto en un lugar caliente, ya que de esta forma no se requiere de tiempo de precalentamiento y se evita el choque térmico.

## **4.6 Moldes de extrusión y herramientas de soporte**

Normalmente no se les considera parte del mantenimiento de la prensa, sin embargo el cuidado y manejo apropiados de los dados y la herramienta de soporte son críticos para una operación ágil de la prensa. Por ejemplo, en plantas donde las dimensiones exteriores de las herramientas no se estandarizan ni se adhieren a tolerancias estrictas es común un exceso en las operaciones de mantenimiento, más que nada en la cizalla del desperdicio y en el cambiador de dados.

### ***A. Mantenimiento preventivo de herramientas de extrusión:***

¿Cómo se relaciona el mantenimiento preventivo y la herramienta de extrusión? Dada a la investigación realizada se ha encontrado que ésta operación juega un papel de primordial importancia en el proceso industrial de

extrusión. Un mantenimiento inapropiado puede ocasionar un descenso en el rendimiento en una o las siguientes áreas:

- Rendimientos de producción: kilos (libras) de material producido por hora.
- Vida útil de las matrices de extrusión.
- Rotura de la herramienta de soporte.
- Interrupciones en la producción.
- Maximización de la vida útil de las matrices y minimización del peso por unidad de longitud (m o pie).

Con los datos de extrusión no se requiere de chequeos físicos (nivel de aceite, cojinetes, monitoreo de desgaste del devanado de motores, etc.), sin embargo hay muchos aspectos de la herramienta de extrusión que deben ser observados y mantenidos adecuadamente. Las verificaciones y pasos de mantenimiento para herramientas de extrusión pueden dividirse en cuatro categorías mayores, que son:

- Inspección al recibir las herramientas del proveedor.
- Manejo de dados y herramienta.
- Inspección después de uso.
- Características externas de matrices y herramientas.

**a. Inspección al recibir las herramientas del proveedor:** No se considera una buena práctica de manufactura el colocar un dado en mal estado en la prensa y con ello perder tiempo valioso, mano de obra, materia prima, etcétera. Esto probablemente no sucede o, al menos, no se da tan frecuentemente. Sin embargo es importante notar que en muchas plantas no se supervisa correctamente. Por

esta razón, en varias empresas extrusoras se han implementado sistemas de supervisión con el objeto de alcanzar la mayor calidad de producto al mayor ritmo productivo posible.

- *Identificación apropiada de herramientas:* Los números de dados, herramientas de respaldo, platos de alimentación son muy importantes. Para el caso de un dado que este mal identificado, podría no prepararse correctamente y por esta razón correr mal y causar problemas mayores. Son importantes también las fechas y la identificación del proveedor. Se debe revisar que no hayan astillas de metal, sobrantes de la fabricación: Estas pequeñas partículas ocasionan líneas que se verán a lo largo del perfil extruído.
- *Dureza adecuada:* Casi todos los fabricantes son muy cuidadosos en la verificación de la dureza de las piezas, sin embargo es aconsejable revisar las herramientas concienzudamente.
- *Chequeo de dimensiones (diámetro, espesor, etc.):* Más vale prevenir que lamentar. Revisar las dimensiones de la herramienta va a prevenir que las herramientas se atasquen entre sí, o por el contrario quedar muy flojas.
- *Las aberturas (lenguas) de los dados deben estar perfectamente balanceadas:* Este “balance” será de gran importancia en la adquisición y orden de nuevas herramientas ya que nos proporcionará información precisa acerca del

mínimo peso por unidad de longitud y a la vez permitir que se produzca el mayor peso por cada dado considerado.

- *Espacio libre de la herramienta de soporte:* Los soportes principales y secundarios no deberán interferir con la abertura de la plancha frontal. Es mejor desbastar para que se produzca una holgura y así minimizar la posibilidad de rotura de toda la herramienta ó que la prensa deje de funcionar porque el algún punto se trabó.
- *Funcionalidad de las herramientas de soporte:* Deben de estar bien soportadas para eliminar en lo posible la deflexión de las herramientas y minimizar el riesgo de roturas.
- *Holgura de salida adecuada:* Dentro de la herramienta se deberá verificar que la superficie de contacto del dado y el material que se está procesando posean un ángulo que permita evacuar el material. Deberá existir un incremento gradual en el ancho de paso del metal en sitios críticos tales como lengüetas, agujeros para tornillos, etcétera. Si se trabaja con una holgura excesiva, esto puede ocasionar que un dado corra incorrectamente. Una anchura de cuarenta milésimas de pulgada (0.040”) es considerada normal.
- *Soporte de dado apropiado:* En las partes del perfil que tienen lengüetas se aconseja el máximo soporte para un mejor resultado. El maquinado posterior en áreas como lengüetas largas ó agujeros para tornillos debe ser en ángulo recto (cero grados de inclinación con respecto del paso del metal).

- *Acabado de la superficie de contacto:* Deberá verificarse la existencia en las superficies de los siguientes defectos
- Líneas de electro erosión.
- Raspones de limas, galgas ó papel de esmerilar.
- Abolladuras por mal manejo
- Rebabas en el lado de salida.
- Es mejor descubrir uno de éstos defectos antes de llevar a cabo las operaciones de muestreo, pruebas o aún intentar producir.
- *Simetría de la superficie de contacto:* La superficie debe estar perfectamente plana y guardar un ángulo recto con respecto a la superficie frontal de la herramienta.

**b. Manejo de la herramienta:**

Los dados y herramientas de extrusión son la fuente de un buen producto terminado, malas herramientas y dados producirán perfiles de mala calidad, es así de sencillo. Por tanto, la herramienta debe tratarse con suma delicadeza, tal como si fuera artículo de joyería. Muy a menudo, la herramienta y los dados no son manejados con el suficiente cuidado y por lo tanto son dañados. Es importante hacer conciencia a los operarios que los dados no deben permanecer en el suelo de la planta ya que uno de los defectos que podría producirse provienen de la suciedad que las herramientas atrapan al estar en el suelo.

### **c. Inspección de la herramienta después de uso:**

Después de que las herramientas fueran usadas para el proceso de extrusión y han sido sometidas a un tratamiento con sosa cáustica (para eliminar los residuos de aleación de aluminio) se recomienda la inspección cuidadosa de todos los componentes, tal como se indica a continuación para diferentes tipos de dados:

#### **1. Datos Sólidos:**

- a. Superficies de contacto erosionadas.
- b. Grietas en lengüetas y áreas críticas.
- c. Mayor peso de producto por unidad de longitud calculada teóricamente.

Es indispensable para mantener los costos de producción y para evitar la entrega al cliente de más material del que está especificado en un dado de extrusión.

- *Cara plana:* Si el dado ó la herramienta de soporte no están planas, es más probable que cuando el metal fluya a través de ellos no lo haga en forma uniforme, y que en las superficies de contacto no se logre un paso del metal equilibrado. Por este motivo se pierde el control del flujo del metal. Con la deflexión que sufre el dado bajo estas condiciones se obtiene material no conforme.
- *Rajaduras en las esquinas de las aberturas de los dados:* Es muy común que el material que se encuentra en las esquinas de los dados se desprenda por las elevadas presiones y temperaturas a

que es sometido pero de ser así el material producido presentará líneas de extrusión, defecto inaceptable en la actualidad.

## **2. Dados Tubulares:**

Al igual que los sólidos, su condición debe ser inspeccionada después de cada turno de producción:

- *Rajaduras (o especies de telarañas de rajaduras):* Son normales algunas pequeñas pero las grietas en exceso ocasionará la falla de toda la herramienta.
- Hundimiento superficial de la cara de la herramienta.
- *Dureza superficial (Rockwell) de los componentes de la herramienta:* La ductilidad ó poca dureza pueden ocasionar que se produzca material de mala calidad y eventualmente provocar falla en la herramienta. Se recomienda Rockwell C de entre 47 y 49.
- *Grado de ajuste cónico entre las piezas que conforman la herramienta:* Deberá obtenerse un sello que logre transmitir las fuerzas uniformemente.
- *Herramienta de soporte:* La herramienta de soporte se revisa con frecuencia y no solamente cuando un producto presenta defectos a la hora de la extrusión. En este caso, en la herramienta de soporte se deberá observar lo siguiente:
  - *Cara planas:* Si no lo están, esto causará problemas al momento de extrusión y permitirá la deflexión del dado más allá de lo que es permisible. Es indispensable cuando se esta extruyendo un perfil ancho o perfiles con lengüetas angostas y

largas. En muchos casos, la herramienta de soporte puede ser re-maquinada y re-tratada térmicamente de ser necesario.

- Limpieza de superficies para evitar la formación de aluminio.
- *Dureza*: Se debe revisar constantemente la dureza de la herramienta para asegurarse que la misma no se está ablandando debido a la exposición a variaciones de temperatura. La dureza ideal será entre Rockwell C 42 y 46.
- *Rajaduras*: Se debe inspeccionar sobre todo en las esquinas ya que eventualmente se convertirán en rajaduras mayores haciendo que la pieza falle.
- *Conexiones para nitrógeno*: El nitrógeno en estado líquido o gaseoso es inerte y provee al producto de una atmósfera inerte libre de oxígeno.
- *Abolladuras*: La herramienta no debe tener abolladuras. Es muy fácil golpear estos grandes bloques de acero con piezas adyacentes y podrían causar variaciones dimensionales o protuberancias que ocasionarían que las mismas no asienten bien unas en otras.
- *Agujeros con rosca para levantamiento*: Las herramientas se manipulan enroscando un gancho de ojo. El agujero deberá estar libre de materia extraña y suciedad para permitir que el gancho pueda ser enroscado en su totalidad. Esto hará improbable que se caiga una herramienta al ser levantada.
- *Anillo de presión del bloque*: Al igual que las otras herramientas de soporte, ésta debe ser inspeccionada periódicamente y en especial los siguientes puntos:

- a. Aparecimiento de gradas o impresiones permanentes que otra herramienta ha

provocado en la cara del anillo. De ser así será necesario considerar el reemplazo.

b. Limpieza: Libre de formación de aleación de aluminio.

c. Fisuras: Si tiene fisuras, es seguro que todo el grupo de herramientas se refleja lo que ocasionará que el grupo de herramientas en su totalidad falle.

- *Anillos:* Se deben observar con cuidado los siguientes aspectos:
  - a. Áreas de sellado en anillos achaflanados. El área achaflanada de los dados, de donde se sujeta el núcleo de la armadura (tipo araña) deben mantenerse libres de formación de aleaciones de aluminio ó abolladuras. El área de sellado debe estar libre de impresiones permanentes ocasionados por la presión en esta.
  - b. Áreas de sellado en dados con anillos escalonados. También para este tipo deberá mantenerse limpia e inspeccionar adicionalmente que no existan virutas.
  - c. Agujeros para levantar la herramienta. Asegurarse que los agujeros roscados están libres de materia extraña que no permitirán que el perno no se enrosque por completo y provoque la caída de la herramienta cuando ésta es levantada.
  - d. Ranuras de chaveta. Las ranuras desgastadas pueden ocasionar mala alineación del grupo de herramientas, tanto los dados como las herramientas de respaldo. Esto puede ocasionar huelgos que no son correctos y el taponamiento de la salida de ésta. Se deben reemplazar las chavetas constantemente para asegurar su funcionamiento.

e. *Conexiones de nitrógeno*: Si se introduce nitrógeno ( $N_2$ ), ya sea en estado gaseoso o líquido, por el conducto perforado en el anillo debe asegurarse que los conductos se encuentren libres de obstrucciones para permitir que el gas realice el trabajo de regulación de temperatura para el cual fue concebido.

- **Cambiador de dados**: Este elemento está sujeto a desgaste debido a los múltiples cambios que necesitan realizarse en la prensa cuando hay variedad de dados por extruir. Una inspección y mantenimiento apropiados ayudarán a mantener la herramienta en su lugar a lo largo del proceso de extrusión y evita que el dado y el anillo se dañen debido a los esfuerzos de corte a los que están sujetos. Se deberá hacer un chequeo rutinario acerca de las áreas que a continuación se describe:

1. Identificación apropiada.
2. Formación de grasa, suciedad ó residuos de aleaciones de aluminio.

**d. Otros pasos aconsejables para optimizar el rendimiento de la herramienta y la prensa de extrusión:**

Mantener la herramienta bien ordenada y organizada, teniendo cuidado en tener a mano las herramientas de soporte correspondientes. Los números de identificación asignados pueden usarse para establecer un orden en el almacenamiento de herramienta.

Una vez que ha limpiado e inspeccionado la herramienta, y está lista para almacenamiento, se recomienda proteger con una capa de lubricante las áreas internas de los dados para protegerlos de óxido, suciedad, etcétera. En algunos perfiles complejos, algunos extrusores dejan el dado tal como ésta (lleno de aleación de aluminio) si es que al momento de quitarlo de servicio, se estaban obteniendo buenos resultados (perfiles de alta calidad que están conformes).

Un compuesto para evitar el agarrotamiento por alta temperatura debe ser aplicado a todos los pernos y tornillos que se usan en el ensamblaje de la herramienta. Si en la planta se posee más de una prensa de extrusión que pueda usar el mismo conjunto de herramientas, es importante que se proceda con cuidado a fin de diferenciarlos ya que un grupo de herramientas no necesariamente será adecuado en otra prensa pese a que posee las mismas características. En el apartado acerca de la alineación se hizo hincapié en que ésta juega un papel importante en la producción de y calidad del metal producido. Existen algunos métodos para verificar la alineación de la prensa y por tanto es aconsejable aplicarlos y corregir semanalmente cualquier desviación.

Debido a que las herramientas están construidas de acero (por lo general AISI H-13) es importante monitorear las condiciones de tratamiento térmico que éstas poseen. Usualmente se habla de una nitruración para volver a tratar térmicamente las herramientas. Por tanto es importante incorporar en una planta un programa de re-nitruración para maximizar la vida útil de los dados y herramientas de soporte. Ya establecido un programa de éste tipo es más fácil predecir con más certeza la cantidad de lingotes que un determinado dado puede resistir y no solamente esperar a que se presenten algunos defectos superficiales como líneas u otros que se pasen al producto procesado. Para perfiles con relaciones de extrusión muy elevada y formas muy complejas se recomienda que el primer lingote se encuentre a una temperatura mayor. Esto reducirá el riesgo de dañar el dado.

## 5 REPARACIÓN DE COMPONENTES MAYORES

Las prensas de extrusión experimentan millones de ciclos de cargas. Una prensa con un ciclo de operación de dos minutos (2') y ciento veinte (120) horas de trabajo a la semana tendrá un millón de ciclos al cabo de seis años. Muchas prensas en uso actualmente han operado por 25 ó inclusive 40 años ininterrumpidamente. El elevado número de ciclos y la fatiga consecuente se toma en consideración para evaluar el estado de los componentes masivos ya que los mismos no pueden ser evaluados ni reparados basándonos en los resultados de procedimientos normales.

La fatiga es la falla de materiales debido a que están sometidos a esfuerzos repetitivos. Los esfuerzos aplicados pueden ser alternados, es decir, tener valores positivos y negativos, desde cero hasta un máximo positivo y de cero a un máximo valor negativo o también desde valores positivos a negativos. Para un material en particular, la fatiga se expresa como la cantidad de ciclos de esfuerzo, lo cual está dado en función a la magnitud de la carga aplicada. Un diagrama de resistencia a la fatiga se construye con datos de laboratorio que indican el número de ciclos (de vida) que se esperan de acuerdo al nivel de esfuerzos aplicados. La resistencia a la fatiga se ve reducida por la aparición de defectos superficiales tales como rugosidades o rasguños, muescas o protuberancias.

Las fallas debido a la fatiga se evidencian con fracturas graduales y progresivas que comienzan con grietas invisibles que se van agrandando hasta que se da la falla. En las etapas iniciales, las grietas progresan lentamente.

Todas las prensas de extrusión están sujetas a fallar por fatiga en las partes estructurales masivas, por tanto, es aconsejable establecer un programa para:

- ***Detectar las fisuras debido a fatiga:*** Se recomienda una inspección anual de componentes que estén accesibles sin la necesidad de ser desarmados. Una inspección más a fondo y detallada (incluyendo el interior del cilindro principal) se recomienda cada cinco años. Existen dos métodos para detectar y monitorear las fisuras debido a fatiga de los componentes de la prensa:

- a. Inspección magnética de partículas (MPI por sus siglas en inglés).
- b. Ensayo ultrasónico (UT por sus siglas en inglés).

Ambos métodos son sofisticados y requieren instrumentos de ensayo especial y personal capacitado en el uso de los mismos. Para compañías pequeñas y medianas es aconsejable subcontratar los servicios de empresas especializadas en el ensayo y análisis. Sin embargo, estos métodos no son infalibles debido a las imperfecciones que se dan en la fundición de acero cuando se fabrican los materiales de los que se han hecho las prensas.

- ***Control del avance de las fisuras debido a fatiga:*** Una vez se han detectado las fisuras se debe incrementar la frecuencia de inspección. Es imposible especificar la frecuencia de reinspección ya que la propagación de fallas es impredecible y usualmente avanza a un ritmo menor una vez éstas alcancen un cierto tamaño. Es más acertado basarse en la gravedad de la fisura y posible severidad en caso de una falla catastrófica de la parte. Por lo tanto se utiliza la siguiente definición:

Riesgo total = Severidad de la fisura x Probabilidad de falla

El objetivo principal de llevar un control del progreso de la fisura es anticiparse a determinar cuando debe adquirirse una pieza que sustituya a la que ha presentado una fisura.

- ***Reparación versus reemplazo de componentes que han fallado:***  
Cuando se ha presentado una fisura muy grande o se ha llegado a la falla se debe tomar una decisión: Reparar o reemplazar. La decisión se complica debido a los siguientes factores:
  - a. Tiempo de despacho de repuestos muy prolongado
  - b. Incertidumbre acerca de la vida útil que tendrá la pieza después de reparada.

El tiempo de despacho de una gran mayoría de repuestos es de varios meses y ningún extrusor puede darse el lujo de parar la operación por un tiempo tan prolongado. Se debe intentar efectuar reparaciones, aún cuando estas no van a ser permanentes. El objetivo de la reparación es entonces comprar tiempo suficiente para adquirir un repuesto adecuado.

En cuanto al método de reparación, es dependiente del material y de la posibilidad de éxito. Las piezas fabricadas de fundición de hierro o acero de bajo grado (cilindro principal y planchas) son usualmente las más problemáticas, ya que las reparaciones a largo plazo son prácticamente imposibles. Si el material de construcción es desconocido, se recomienda tomar una pequeña muestra de una pieza adyacente y de

un sitio que no esté sujeto a cargas para analizarlo, y así determinar el procedimiento correcto de soldadura.

En el caso de material fabricado a partir de aleaciones de acero especiales, éste requerirá una preparación muy precisa y procedimientos recomendados por el fabricante original. Además los métodos para rectificar y remover con ello las fisuras, limpieza de la superficie y tratamiento térmico al sitio antes de la aplicación de una nueva soldadura. El precalentamiento de la pieza y muchas veces, la ubicación de la fisura (que puede estar en un sitio muy inaccesible) complican las condiciones de trabajo de los soldadores, la adquisición de partes de reemplazo debe anticiparse tanto como sea posible mediante el uso de técnicas de inspección. En el caso de muchas plantas, los fabricantes originales ya no existen y tampoco están disponibles los dibujos detallados de las piezas que necesitan reemplazo. En muchos casos se requiere la reingeniería de la pieza para mejorar la vida útil de la pieza.

## **5.1 Descripción de los componentes masivos**

Un componente masivo de la prensa de extrusión es una pieza, o un sistema que tiene una función propia de la prensa que por su tamaño no puede ser reemplazado fácilmente cuando se encuentra en servicio y sufre algún desperfecto. Entre los componentes de este tipo se encuentran:

- A. ***Cilindro principal:*** Las reparaciones por soldadura en este elemento, especialmente si está construido de hierro fundido o acero de fundición se realizan solamente para un corto tiempo (seis meses).

Las fisuras aparecen más comúnmente en los agujeros de drenaje u otros puntos de concentración de esfuerzos.

- B. **Plancha frontal de la prensa:** Tal como con los cilindros de fundición de hierro, es difícil lograr una soldadura que dure bastante tiempo. Las fisuras que aparecen en la superficie sujeta a tensión deben ser removidas limándolas manualmente (donde es posible). Después debe inspeccionarse cuidadosamente para asegurarse que las fisuras hayan sido removidas por completo.
  
- C. **Tirantes:** Las reparaciones de éstos no son permanentes, sin embargo pueden ser una alternativa económica en muchos casos. Si los tirantes se quitan de servicio debido a fisuras por fatiga, éstas pueden ser eliminadas removiéndolas del área de fisura e inclusive hasta 1/8 plg. (3 mm) por debajo de los hilos de tornillo. Luego se deberá soldar sobre medida para poder luego rectificar los hilos de los tornillos. Es importante el tratamiento térmico previo a la soldadura así como el que se efectúa posterior a la misma ya que en el segundo caso deberá servir para alivio de tensiones internas. El material de soldadura debe ser elegido tomando en cuenta que las propiedades mecánicas de éste deben ser superiores al tirante en sí.
  
- D. **Cruceta:** En éste elemento, al igual que los demás componentes masivos, la soldadura es un problema y por lo tanto, se deben adoptar precauciones similares y las limitaciones deben ser consideradas. Un punto importante es el tratamiento térmico, tanto anterior como posterior a la soldadura.

- E. **Sujetador del contenedor:** Para éste componente debe considerarse si se trata de un sujetador antiguo o uno de reciente instalación, ya que para los antiguos no se aconseja una soldadura que resista mucho tiempo, especialmente si esta construido de dos piezas.
- F. **Guías o deslizaderas del contenedor:** La solución más viable en términos económicos es el reemplazo de estas guías así como el sujetador, sin embargo, también es posible reparar las guías existentes que no están equipadas con superficies reparables, existen algunas compañías especializadas que pueden efectuar trabajos de re-maquinado para remover las abolladuras.

## 5.2 Rutinas de reparación

Para poder establecer las operaciones que deben realizarse a fin de reparar los componentes masivos de una prensa de extrusión es imprescindible conocer la naturaleza de los daños de éstos componentes. Se determinó que las cargas altas y cíclicas a las que son sujetas las prensas de extrusión provocan que los componentes se fatiguen. Una investigación metalúrgica de la superficie donde se fracturó el material reveló que se trataba de una fractura debida a la fatiga, iniciada en la parte inferior del primer hilo de la rosca engranada, y que se desarrolló debido a la gran cantidad de ciclos de carga. No se detectaron anomalías en cuanto a la forma de las roscas, la superficie del material en el tirante y se concluyó que la causa de la falla era una sobrecarga debido a la fatiga del material. Posteriormente, aparecieron otras fisuras en los tirantes, las planchas frontales y los cilindros y por lo tanto, estos componentes fueron objeto de investigación y se concluyó que la causa de las fracturas se debió a la fatiga por la gran cantidad de ciclos a los que fueron sometidas las partes. Como resultado de estos esfuerzos, se estableció un programa de

mantenimiento preventivo para prensas de extrusión. Como resultado de este estudio se encontró que la relación costo-beneficio se puede mejorar hasta en un 50% si se elabora un programa adecuado de mantenimiento (se considera dentro de esta mejoría el costo de las paradas no planeadas, el costo de inspección y el costo de las paradas planificadas que requieran desarmar para inspeccionar). Entonces se logró establecer que el problema de fatiga para una prensa de extrusión no se origina por cargas extremadamente altas, más bien por el elevado número de ciclos a los que se le somete. De hecho las cargas en una prensa de extrusión son moderadas con un factor de seguridad de falla debida a fatiga de 2 a 1. Debido a lo anterior, los fabricantes de prensas de extrusión en conjunto con los diseñadores, el personal de operación y mantenimiento no tomaron en consideración el problema de la fatiga. Esto se evidencia a través de muchos detalles, tales como:

- Elección del acero de fundición bajo un control muy pobre, en donde se encuentran inclusiones de defectos del material.
- Ausencia de cálculos detallados de los esfuerzos en los puntos de transición, las roscas y los cantos.
- Se omitió especificar la curvatura en las esquinas (cantos) o no está especificada en dibujos o es muy pequeña en la vida real.
- Falta de documentación de las reparaciones con soldadura en las partes de acero fundido.

Las fallas debido a la fatiga ocurren cuando la carga por fatiga excede la resistencia del material. En muchos casos, las fallas debido a fatigas ocurrirán sin que se sobrepase la resistencia nominal del material. Frecuentemente ocurren fracturas sin que haya sobreesfuerzos sobre el material, y por ende no hay esfuerzos que excedan el límite de fluencia. La carga por fatiga comprende

el nivel de esfuerzos locales y el número de veces que este esfuerzo se impone y se quita.

$$N = \bar{\sigma}^x$$

Donde N es el número de ciclos de carga para fallar

$\bar{\sigma}$  = esfuerzo

y  $5.5 \leq X \leq 3.5$ , el X es adimensional e indica un factor de seguridad.

Esto significa que un 10% de incremento en el esfuerzo lleva a la reducción de la vida útil por 30 a 40%. Por tanto, el control de las cargas y esfuerzos es importante en la ingeniería para minimizar el problema de fatiga, es por este motivo que se debe prestar atención a los causantes del crecimiento de los esfuerzos, como cantos afilados, rayones, golpes o inclusive marcas de maquinado en la superficie, por tanto deben evitarse en sitios donde hay concentración de esfuerzos muy grandes. El esfuerzo promedio (que es grandemente influenciado por la soldadura o el tratamiento térmico no controlado) también es significativo y debe ser controlado.

La resistencia a la fatiga de un material depende en primer lugar de la pureza del material (por ejemplo, el contenido de grietas o inclusiones). El esfuerzo convencional de un material es el parámetro que se toma en segundo lugar. Las palabras clave son control de las cargas y materiales. El reto de mejorar la eficiencia en costos debe encaminarse en esta dirección, tanto como sea necesario para tener bajo control los problemas debidos a fatiga, ni más ni menos.

Las cargas debidas a fatiga en una prensa de extrusión se concentran en la carga hidráulica de trabajo, de acuerdo a un ciclo de carga que va de cero a una presión nominal y de regreso por cada carrera de la prensa. Sin embargo,

esto no se apega totalmente a la realidad, ya que ningún sistema de regulación hidráulico es perfecto, y la presión crítica, que ocurre solamente por un corto período de tiempo puede ser mucho mayor que la presión nominal. Muchos operadores de prensas de extrusión monitorean los picos de presión hidráulicos como parte de un programa de mantenimiento preventivo de la prensa de extrusión, se han dado algunos resultados extremadamente abrumadores en fatiga, ya que los factores de cresta (relación entre esfuerzo pico y esfuerzo nominal) han sobrepasado el valor de 2, así también se han dado variaciones muy grandes en las lecturas de presiones (ocasionados por las bombas en ausencia de atenuadores adecuados).

Una forma en que se puede prolongar la vida de la prensa y su resistencia a la fatiga se consigue haciendo sencillos cambios al sistema óleo-hidráulico. El factor de cresta aceptado en la actualidad se sitúa en 1.2, con esto se eliminan las falsas maniobras en la operación del sistema hidráulico, pero la experiencia indica que es posible reducir el factor a 1.1 sin afectar significativamente el costo. Este enfoque considera los picos que ocurren regularmente pero no aquellos que ocurren ocasionalmente, el mantener la limpieza en el fluido para evitar la aparición de partículas en el aceite, no solamente influye en la carga por fatiga sino que también hace que el sistema sea fiable. Cuando las cargas no tienen una distribución uniforme entre los tirantes de la prensa o bien existen falsos momentos de deflexión en las planchas frontales debido a la gran fricción existente en el cojinete que soporta la plancha frontal. Entonces se hace necesario monitorear los tirantes por medio de galgas de flejes resistentes, el balance (equilibrio en la aplicación de las cargas) en la prensa de extrusión juega un papel importante, no solo para minimizar las cargas de fatiga sino para mejorar el proceso de extrusión y la calidad de los productos producidos mediante este proceso de transformación.

Las fallas debido a fatiga se han localizado en planchas frontales, tirantes y cilindros dichas fallas en las planchas frontales y los cilindros han ocurrido constantemente cuando se trata de materiales de fundición, donde las fisuras debido a la fatiga han iniciado en los defectos del material. La calidad de la fundición de los materiales no cumple con los requerimientos de la ingeniería de fatiga. En muchos casos, la cantidad de grietas y defectos en el material fundido ha sido tan grande que ha sido imposible inspeccionar las piezas por medio de ensayos ultrasónicos, y ha sido muy difícil hacerlo por medio de la prueba de partículas magnéticas, la investigación y ensayo para determinar la existencia de fisuras es la única forma de detectar una falla debido a fatiga con anticipación. Por tanto, la inspección de los materiales debería ser un requerimiento mínimo. Por tanto, en una prensa de extrusión no se recomienda el control de los materiales o las cargas para establecer un adecuado monitoreo del problema de fatiga. En el caso de las cargas, el problema puede resolverse mediante las mediciones que se efectúen, pero la falta de control e inspección en los materiales existentes ha sido un problema constante en el desarrollo de un programa de mantenimiento preventivo.

#### **A. Desarrollo de un programa de inspección, reparación y avería**

El programa incluye inspecciones regulares para encontrar fisuras usando el método de Inspección de Partículas Magnéticas (MPI en inglés) y Ensayo Ultrasónico (UT en inglés), la estadística de falla se usa para determinar el intervalo de inspección. Se supuso la existencia de una grieta de setenta milímetros (70 mm) de longitud por diez milímetros (10 mm) de profundidad en la superficie interna del cilindro, en la dirección más crítica, luego se determinó el tiempo que tardaba en propagarse la fisura hasta que apareciera un problema de fuga de aceite, por lo general cinco (5) años de servicio normal en la prensa de extrusión. Se usó un promedio entre un intervalo de inspección

adecuado (2 años) y el que se pudiera realizar en la práctica. A partir de esta suposición se decidió efectuar inspecciones limitadas desde el exterior anualmente y una inspección más profunda cada cinco años con el cilindro totalmente descubierto. Los tirantes de diferentes diseños se encuentran entre las cuarenta y cuatro prensas de extrusión evaluadas por programas de mantenimiento, para la mayoría de tirantes se realizaron ensayos ultrasónicos en servicio (sujetos a una carga de tensión). En cuanto a las planchas frontales se considera una inspección cada cinco años. Se utiliza el ensayo de partículas magnéticas cada año y se realizó una inspección completa al término de cada cinco años.

Para incrementar la eficiencia de costos se llevan a cabo inspecciones de mantenimiento de oportunidad (las inspecciones se realizan en períodos en los cuales está interrumpida la producción). Además de estas inspecciones, los ensayos de partículas magnéticas para otros componentes no masivos, tales como respaldos de la prensa, bastidor del contenedor, y crucetas se efectúan al mismo tiempo que se alcanzan las presiones óleo hidráulicas máximas. Las pruebas bajo estas condiciones se llevan a cabo anualmente.

1. **Cilindros de acero fundido:** Las inspecciones han demostrado que el material de muchos cilindros de acero fundido tiene muy pobres cualidades en relación a la resistencia a la fatiga y además es difícil detectar los lugares donde fallará el material. En muchos casos las grietas internas derivadas del proceso de fundición estaban presentes pero eran imperceptibles incluso si se realizaba una prueba ultrasónica. En 32 de los 44 cilindros inspeccionados se detectaron fisuras. En 15 casos, las grietas eran tan grandes que se consideró adecuado repararlas por medio de soldadura, mientras que en el resto de casos solo se requirió de esmerilado.

Al removerse las grietas por medio de un esmeril se observa que en ciertos casos era difícil reparar ya que las fisuras se volvían más profundas a medida que se esmerilaba, debido probablemente a la liberación de esfuerzos residuales en el material. En muchos casos ya existen grietas, mucho mayores en medio del material y no cercanas a la superficie del mismo. Como consecuencia la mayoría de fallas debido a fatiga han iniciado dentro del material y no en la superficie. Durante el esmerilado se ha nota que aparecen defectos casi en la superficie. Estos defectos se rellenan con aceite hidráulico (usando un cuarto negro y polvo fluorescente durante la inspección por partículas magnéticas). En 4 de los 15 cilindros que se repararon, han ocurrido nuevas fallas después de reparar, en sitios distintos a los que se les efectuó la primera reparación. El programa de inspección para cilindros ha sido por lo tanto parcialmente exitoso. Esto se debe básicamente a que se ha sobreestimado la calidad del material de fundición usado en la manufactura del cilindro, habían mas defectos y mayores que los que se asumieron. En los casos más severos, el material no se puede inspeccionar y las fisuras inician en el interior del mismo en muchos sitios donde existen grandes defectos. El aumento de los defectos se da por la presión de aceite en los defectos. Los defectos forman un patrón continuo en grandes áreas del cilindro y las aberturas proyectadas hacia la superficie interna del cilindro en forma de poros permiten que los defectos se llenen de aceite. El nuevo programa incorpora criterios para rechazar los cilindros no conformes (reemplazo o cilindro nuevo) así como procedimientos para estimar la vida útil remanente de un cilindro. En el presente, estos procedimientos son de naturaleza cualitativa y se basan en la experiencia, sin embargo se está estudiando la implantación de

nuevos procedimientos cuantitativos. Tales procedimientos toman como base la interpretación amplificada de señales de los ensayos ultrasónicos y probablemente en el uso de señales acústicas emitidas para identificar las fisuras y su crecimiento por debajo de la superficie del material.

2. **Tirantes:** En las prensas de extrusión se han localizado fisuras en los tirantes. Todas las fisuras han ocurrido en la región de la rosca (primer rosca engranada por la tuerca), excepto por una. Las investigaciones de las fisuras determinaron que los esfuerzos a los que se encuentran sujetos los tirantes son puramente de tensión y con insignificantes efectos en los momentos de flexión. Por lo tanto el efecto de hendidura es muy grande y por lo tanto las fisuras aparecen rápidamente, sin embargo avanzan muy lentamente. El tiempo que pasará para que se detecte una fisura por medio de un ensayo ultrasónico puede ser de muchos años y con una inspección anual para pequeñas fisuras no se tiene un tiempo definido sino más bien se espera para ver que pasa.
  
3. **Planchas Frontales:** La mayoría de las planchas en las 44 prensas de extrusión evaluadas son de acero de fundición y la calidad de material de fabricación ha sido tan pobre como la de los cilindros. En 25 de las 44 prensas se localizaron fisuras, en general, las planchas son rígidas y el nivel de esfuerzos nominales es bajo. Por lo tanto, las fisuras debidas a la fatiga se concentran en los cantos filudos y en las marcas donde se dividen las superficies (por ejemplo, un aumento o disminución del grosor).

Estos defectos se remueven regularmente por medio del esmerilado y pocas veces se logra por medio de la soldadura, debido a los cantos y esquinas agudas y las concentraciones de esfuerzos relacionadas con éstos, el grado de crecimiento de la fisura decrece pero al mismo tiempo la fisura es más grande. En el agujero central, en la superficie de contacto con la herramienta de extrusión se localiza otro punto de inicio de fisuras.

## 6 EQUIPO ÓLEO-HIDRAÚLICO

### 6.1 Aceite Hidráulico

Así como la sangre circula por las venas y arterias de los seres humanos, el aceite hidráulico es la sangre del sistema hidráulico y debe ser mantenido en perfectas condiciones. Se ha estimado que un 75% de todas las fallas del sistema hidráulico se deben a la contaminación del aceite. La espuma y formación de burbujas de aire indican que el fluido contiene aire lo que puede ocasionar cavitación y fallas prematuras a las bombas, si el color del aceite se vuelve más oscuro, seguramente, el aceite ha sido sobre calentado. Si se vuelve turbio se ha incrementado el contenido de agua en él. La contaminación interfiere con las cuatro funciones básicas de los fluidos hidráulicos:

- a) Actuar como un medio de transferencia de energía,
- b) Actuar como lubricante de las partes móviles internas,
- c) Actuar como medio de transferencia de calor, y por último
- d) Sirve para sellar los pequeños huelgos entre las partes móviles.

La contaminación puede presentarse de muchas formas, pero más comúnmente en forma de partícula sólida, agua y aire atrapado. Algunas partículas sólidas ocasionan desgaste e inhiben las propiedades lubricantes de los fluidos. Las partes móviles ubicadas internamente, tales como engranajes de una bomba, o una válvula se verán afectados ocasionando errores de funcionamiento. Las válvulas direccionales o de control de flujo o que alivian la presión dejarán de funcionar correctamente y componentes muy sensibles como las válvulas servo-asistidas podrán atascarse o parar por completo.

Las partículas muy finas denominadas “Finos” pueden acumularse entre las partes móviles de un componente haciendo que este se trabe ó haga movimientos bruscos. La acumulación de finos es la causa más común de quemadura de solenoides, posicionamiento impreciso y desgaste general, las partículas que tienen las mismas dimensiones que la holgura dinámica de un componente hacen imposible el proceso de lubricación y aceleran el desgaste por abrasión. También contribuyen con la reacción en cadena de desgaste, donde la acción abrasiva ayuda a crear nuevas partículas a partir del desgaste de la superficie. Este fenómeno acelera el proceso hasta que ocurre una falla catastrófica; las partículas mayores restringen ó impiden el flujo a través de los huelgos y orificios ocasionando mal funcionamiento de los componentes, mayores temperaturas de operación, mayores caídas de presión y eventualmente fallas catastróficas. El tamaño de las partículas que ocasionan los daños mide por lo general menos de 40 micrómetros y por tanto no son perceptibles a simple vista, para referenciar el tamaño de tales partículas se hace la siguiente comparación con otros objetos más conocidos que se dan en la tabla III:

**Tabla III. Referencia de tamaños de ciertos objetos conocidos:**

Objeto	Micrones	Pulgadas
Grano de sal de mesa	100	.0039
Cabello humano	70	.0027
Limite inferior de visibilidad	40	.0158
Glóbulos blancos	25	.001
Polvo de talco	10	.0039
Glóbulos rojos	8	.0003
Bacteria (en promedio)	2	.000078

**Fuente: Robert Werner, Manual Prensa de extrusión, página 6-2**

El grado de limpieza de un fluido se mide en términos del número de partículas de diferentes tamaños en el volumen especificado del fluido.

El código de normas ISO para contaminantes sólidos se ha redactado de acuerdo al estándar ISO 4406 y provee un método universal para expresar el grado de contaminación. Consiste en un par de números de escala. El primer número representa la cantidad de partículas mayores a 3 micrómetros por cada mililitro de fluido y la segunda escala representa la cantidad de partículas mayores de 15 micrones por mililitro de fluido. La tabla siguiente muestra la tabla ISO con la cual se mide la limpieza de un fluido:

**Tabla IV. ISO para medir la limpieza de un fluido**

<b>Código ISO</b>	<b>Partículas por mililitro máximas</b>
8	2.5
9	5
10	10
11	20
12	40
13	80
14	160
15	320
16	640
17	1,300
18	2,500
19	5,000
20	10,000
21	20,000
22	40,000

Fuente: Robert Werner, Manual Prensa de extrusión, página 6-24

Por lo tanto, de acuerdo a la tabla el valor ISO 17/14 indica un fluido con 1,300 partículas por mililitro mayores o iguales a cinco micrones ( $1,300 \text{ P/ml} \geq 5 \mu$ ), y ciento sesenta partículas por mililitro mayores o iguales a quince micrones ( $160 \text{ P/ml} \geq 15 \mu$ ), deberá tenerse en cuenta que aunque el fluido óleo-hidráulico sea nuevo este no necesariamente se encontrará limpio. Se debe considerar la contaminación en la refinería o en algún punto del proceso de transporte y distribución. La mayoría de aceites nuevos se encuentran contaminados hasta un ISO 18/15 o inclusive alcanzan un mayor grado de contaminación. Antes de utilizar el aceite en servicio deberá filtrarse.

El agua constituye un contaminante común en el aceite óleo-hidráulico y puede ocasionar daños como los que se indican a continuación:

- Corrosión de las superficies metálicas
- Desgaste acelerado por abrasión
- Fatiga en rodamientos, articulaciones y puntos de apoyo
- Separación de aditivos
- Variación en la viscosidad

El agua puede entrar en el sistema hidráulico de varias formas, el almacenamiento de los barriles en el exterior acumulará el agua que ingresa en éstos cuando se abren o se llenan. También puede ingresar al sistema debido al desgaste de los sellos, retenedores o empaquetaduras que tienen los cilindros hidráulicos y las aberturas de los tanques. Una fuente continúa de agua es la condensación, la humedad en el aire se condensa dentro del tanque ocasionando la aparición de óxido y corrosión. La presencia de agua es también la causa del crecimiento del lodo, lo que a la vez ocasiona la reducción en la vida del fluido, degradación de las superficies y una efectividad del fluido impredecible, cada fluido tiene un punto de saturación de agua sobre el cual no

se puede disolver más agua cualquier exceso de agua se emulsiona y se puede observar con una apariencia lechosa ó decoloración del aceite. El aceite se saturará con un contenido de 0.03% de agua. La contaminación del aceite hasta del 2% de agua puede ser removida por filtros absorbentes, si está contaminado por encima de ese 2% se requerirá de un tratamiento centrífugo.

El control de contaminación se divide en dos áreas: exclusión y remoción. Es necesario excluir la mayor cantidad de contaminación por cualquier medio. Esto se logrará monitoreando lo siguiente:

- El aire que ingresa en los respiradores del tanque debe ser filtrado, los que utilicen aceite deben verificarse y cambiarse constantemente.
- Los sellos de los cilindros deben ser bien mantenidos y limpios
- Las mangueras y los múltiples deben taparse durante el mantenimiento
- Enjuagar todos los sistemas antes de ponerlos en servicio y después de las fallas de los componentes (válvulas, etc.)
- Filtrar todo el fluido antes de ponerlo en servicio
- Limpiar el sistema continuamente, lavarlo, remover motas para detectar cualquier fuga y evitar la entrada de contaminación.

### **6.1.1 Filtración**

El proceso de filtración en una prensa de extrusión tiene un ciclo de iteraciones de filtración de ser posible, este ciclo cerrado debe ser operado continuamente, aún cuando la prensa se ha detenido, por ejemplo en un fin de semana. Todos los filtros deben ser del tipo indicativo, lo cual nos dará un aviso visual cuando se requiere el reemplazo del elemento.

Adicionalmente, se deberá drenar y lavar la cubierta del filtro cuando se requiera cambiar el cartucho. Se recomienda una limpieza anual del tanque de aceite, primero transfiriendo el aceite a un tanque auxiliar de almacenamiento, en este caso el aceite deberá pasar por los filtros y otro medio para remover el agua cuando se retorna al tanque limpio.

### **6.1.2 Temperatura**

La temperatura del aceite se debe mantener por debajo de un máximo de 140 ° F (60 ° C). Las temperaturas mayores a la indicada provocarán el deterioro del aceite, pérdida de las características lubricantes y desgaste excesivo en las bombas, para esto se pueden utilizar elementos tales como; intercambiadores de calor ya que incrementan la confiabilidad del control de temperatura, pero sin embargo se requerirá una verificación visual periódica debido a la naturaleza crítica de este control los intercambiadores de calor deben chequearse periódicamente a fin de establecer el apareamiento de fugas y en especial el paso de agua al aceite. También en este punto deberá mantenerse un estricto control en la temperatura y el flujo, cuando se realicen paradas es conveniente lavar el intercambiador y buscar indicios de corrosión, los ánodos de zinc deberán cambiarse de ser necesario. Una alta temperatura del aceite también es indicativo de un mal funcionamiento en una válvula, tal es el caso de un paso excesivo de aceite por una válvula de alivio.

### **6.1.3 Nivel**

Se debe ver el nivel de aceite todos los días y rellenar en la cantidad que sea necesario. Es muy importante tomar en cuenta que la observación deberá realizarse cuando el cilindro principal se encuentre en la misma posición que la que se encontraba el día anterior ya que la posición en que se encuentre el

cilindro (avance de la prensa) puede representar una gran diferencia a la hora de medir el nivel. El bajo nivel de aceite puede ocasionar un calentamiento excesivo en el sistema ó también la presencia de aire.

#### **6.1.4 Ensayo y Análisis**

La mayoría de contaminantes en el aceite óleo-hidráulico no se pueden percibir a simple vista, las partículas que causan daños miden entre 5 y 40 micrones. También el ácido, el agua y otros productos derivados de la oxidación no son vistos con facilidad por el ojo humano. Es por esta razón que es necesario el ensayo y análisis. Las pruebas que se realizan in-situ se llevan a cabo con un equipo de pruebas, sin embargo la información que nos provee este equipo es muy limitada y por tanto su uso está indicado para situaciones especiales. Existen numerosos laboratorios, e incluso los fabricantes y comercializadores de aceite poseen estos para determinar la calidad de sus productos. En este caso se deben preparar muestras de aceite, identificarlas y enviarlas cada mes o inclusive cada seis meses. El reporte deberá tenerse de regreso 24 ó 48 horas después de haber entregado la muestra y deberá incluir al menos la siguiente información:

- Análisis espectro-químico de metal desgastado y aditivos
- Conteo de partículas de varios rangos de tamaño, según se expresa ISO
- Viscosidad a 100 ° F
- Contenido de agua expresado en porcentaje por volumen
- Recomendaciones

## 6.2 Bombas

La mayoría de bombas óleo-hidráulicas utilizadas en plantas de extrusión son de desplazamiento positivo variable, de pistones radiales o axiales y por la forma de impulso de aceite de eje curvo o plato giratorio. Es imprescindible seguir las instrucciones del fabricante de las bombas para guiarse en las inspecciones periódicas y el mantenimiento que éstas deben recibir, para obtener la mayor vida en servicio e incrementar el rendimiento de las bombas hidráulicas se requiere lo siguiente:

- *Condición de aceite de primera:* El aceite deberá estar filtrado, enfriado, limpio y libre de agua según se ha indicado anteriormente. La condición del aceite es el factor más crítico en la vida de una bomba.
- *No cavitación:* Las burbujas de aire atrapadas en la succión de la bomba chocan violentamente causando erosión en las superficies metálicas.
- *Alineación y rotación apropiadas:* La alineación del eje debe ser chequeado con un nivel cada vez que el motor o la bomba han sido removidos o reemplazados. Se debe verificar la rotación y la alineación antes de acoplarse nuevamente. Es importante también re-apretar los tornillos de montaje en el motor y la bomba para evitar una mala alineación, desgaste excesivo y ruido.

### 6.3 Válvulas

La función de las válvulas se circunscribe al control del flujo del fluido hidráulico logrando una secuencia adecuada del equipo. Las válvulas más comunes en el circuito hidráulico de una prensa de extrusión son las siguientes:

- *Válvulas de Alivio:* Sirven para controlar la presión hidráulica en el circuito. Se pueden emplear muchas válvulas de alivio graduadas con diferentes presiones, por tanto se debe ser muy cuidadoso de graduar cada válvula con la presión correcta de acuerdo al diagrama hidráulico, y eso por ello que se deberá usar un manómetro de precisión cuando se regulan estas válvulas.
- *Válvulas de cheque o no-retorno:* Se usan para permitir el flujo en una sola dirección. Las tapaderas de estas válvulas están equipadas con empaques de acero los que no pueden reinstalarse una vez se ha desarmado la válvula. Cuando se ordenen los reemplazos se recomienda especificar sellos de cobre en su lugar.
- *Válvulas de control direccional:* Se utilizan para llevar a cabo funciones lógicas, cambiar la dirección de flujo de aceite. Las de mayor tamaño son de solenoide y operadas por una presión piloto. Cada válvula piloto posee una entrada de presión y un drenaje. La presión piloto provee la fuerza para mover el eje de la válvula pilotada de una posición a otra.

Cuando se ha detectado un problema con la válvula deberán visualizarse los problemas más comunes: Contaminación y condición del aceite, la suciedad ó materia extraña en el sistema puede provocar que las válvulas no-retorno y las de alivio se traben. También, en las válvulas de control direccional no habrá movimiento en el eje, la temperatura excesiva en el aceite ocasionará que el cuerpo de la válvula se dilate evitando con esto el movimiento de algunas partes internas cuando se instala una válvula se debe tener cuidado para no aplicar esfuerzos en el cuerpo de la misma, la tubería debe acoplarse hasta el cuerpo de la válvula y no forzarse para que llegue a su posición.

En el caso que la tubería no se acople a la válvula, la tubería deberá volverse a doblar ó soldar hasta lograr el acople, las partes internas móviles de las válvulas pueden moverse libremente a temperatura ambiente, pero quedarse trabadas cuando el sistema alcance la temperatura de operación. El eje de válvula debe moverse libremente dentro del cuerpo (pero no estar libre), no se debe forzar el eje dentro del cuerpo. Si el movimiento es difícil (apretado) o muy rudo, esto se debe a la rugosidad del cuerpo o bien la presencia de cuerpos extraños dentro de la válvula. Las pequeñas rugosidad pueden eliminarse mediante el uso de una lija muy fina nunca lijar el empaque del eje, todos los tornillos de las válvulas deberán reapretarse cada mes para prevenir las fugas de aceite.

#### **6.4 Tubería de Alta Presión**

La tubería de alta presión del sistema hidráulico comprende lo siguiente:

- Platinas de tubería
- Acoples de tubería
- Soldaduras y múltiples.

Los cuidados que deberán considerarse en este punto son los siguientes:

- Chequear las conexiones de aceite a los cilindros
- Buscar fugas alrededor de las válvulas (en sus entradas o salidas), en las conexiones a la tubería o si están acoplados a múltiples.
- Establecer la existencia de fugas internas en las válvulas.

Las fugas pueden detectarse fácilmente utilizando luz ultravioleta, las juntas o tuberías rotas deben ser reparadas inmediatamente. Su función es minimizar las tensiones en la tubería y deben permanecer apretados para cumplir con este trabajo. Los reguladores de succión (usualmente válvulas del tipo aguja) deben abrirse antes de abrir cualquier parte de la tubería, esto con el objeto de evitar un vacío inesperado o bien el drenaje del aceite hidráulico, cuando se va a montar tubería nueva, antes de la instalación se debe limpiar la tubería existente y el tanque.

## **6.5 Manómetros**

Este equipo sirve para medir la presión en cualquier punto del sistema hidráulico, por tanto puede ser considerado como un instrumento de medición usado para el diagnóstico y verificación del rendimiento o también para establecer problemas cuando estos ocurren. Se recomienda utilizar conexiones rápidas y convenientemente ubicadas. Los manómetros que no pueden ser removidos fácilmente (conexión permanente) están sujetos a presentar datos no fiables por la vibración a la que están sometidos, se prefiere el uso de medidores de presión que han probado su fiabilidad y exactitud.

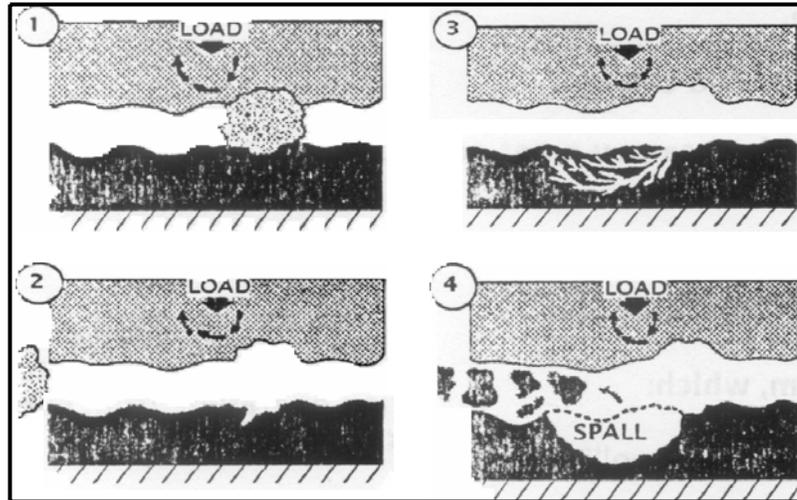
## **6.6 Mantenimiento preventivo para evitar contaminación y cavitación:**

Se debe hacer la aclaración que la premisa acerca de que todos los sistemas están contaminados es válida. Inician contaminados debido a una diversidad de procesos de manufactura tal como maquinado, soldadura, corte, etcétera. La ingesta de contaminantes continúa durante la operación, desde el desgaste de los componentes, respiradores de tanques, empaques de cilindros y aceite nuevo, no necesariamente limpio, el grado de contaminación se incrementa exponencialmente si se deja sin ningún mantenimiento y eventualmente llevará a todo el sistema a fallar. Como encargado de mantenimiento en una prensa de extrusión se tienen dos opciones:

- *Aceptar la contaminación como parte de la vida:* En este caso se deberá considerar las paradas de equipo inesperadas, costos de reparación elevados, costos de fluido hidráulico elevados y costos adicionales por baja productividad.
- *Instalar un sistema de filtración diseñado adecuadamente:* Ayudará en la identificación de los problemas asociados al desgaste, será capaz de limpiar un sistema previamente contaminado, su tamaño está calculado para manejar el rango de entrada de nuevos contaminantes, se mantiene fácilmente.

Las partículas menores de 10 micrones son inofensivas, un adecuado entendimiento acerca de la forma en que se desgasta un componente tira por la borda este mito erróneo. El desgaste afecta tanto las superficies por rozamiento así como superficies donde hay rodamientos. En la figura 17 se muestra un ejemplo de desgaste en cojinetes antideslizantes. En la tabla V se dan algunas holguras críticas de un componente óleo-hidráulico.

**Figura No. 17 Mecanismos de desgaste de cojinetes antideslizantes.**



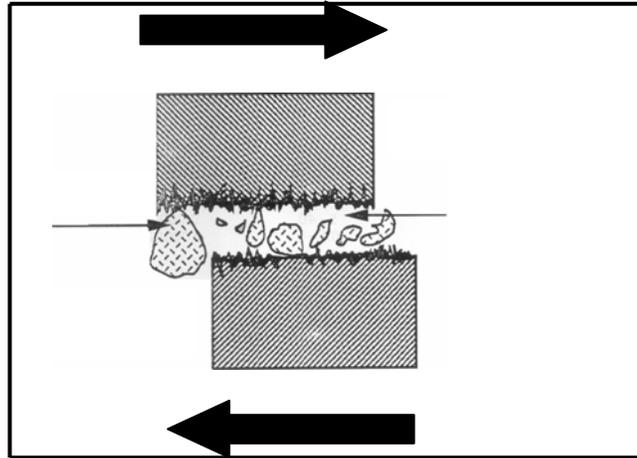
Fuente: José Roldan, Manual de Mantenimiento de Instalaciones, página 123

Las holguras típicas entre las superficies de rodamientos están sujetas a cargas y viscosidad de los lubricantes. Estas holguras pueden ser tan pequeñas como cinco micrones ó 0.00002 pulgadas.

#### **Mecanismo de desgaste de una superficie deslizante:**

En este caso, las partículas iguales o un poco mayores que las holguras son las más dañinas. Debido a que constantemente están siendo endurecidas por trabajo, muchas de estas partículas son extremadamente duras, regularmente mucho más duras que las superficies adyacentes. Las partículas contaminantes se incrustan en las superficies blandas y cortan el material de la superficie opuesta. En la figura 18 se muestra un ejemplo de una superficie deslizante.

**Figura No. 18 Desgaste de una superficie deslizante**



Fuente: José Roldan, Manual de Mantenimiento de Instalaciones, página 124

**Tabla V. Holguras críticas de los componentes de un sistema óleo-hidráulico.**

Componente	Holgura ( $\mu$ m)	Holgura (Pulgadas)
<b>Bombas de engranaje</b>		
Engranaje a plato lateral	0.5 a 5	0.00002 a 0.0002
Engranaje a cuerpo	0.5 a 5	0.00002 a 0.0002
<b>Bomba de aletas</b>		
Punta de aleta	0.5 a 1.0	0.00002 a 0.0002
Aletas	5.0 a 13	0.0002 a 0.0005
<b>Bomba de pistón</b>		
Pistón a camisa	5.0 a 40	0.0002 a 0.0016
Plato de válvula a cilindro	0.5 a 5	0.00002 a 0.0002
<b>Servo válvula</b>		
Orificio	130 a 450	0.005 a 0.400
Compuerta a pared	18 a 63	0.0007 a 0.0025
Eje a camisa	1 a 4	0.00004 a 0.00016
<b>Válvula de control</b>		
Eje a cuerpo	1 A 23	0.00004 a 0.0009
Cabezal	13 a 40	0.0005 a 0.0015

Fuente: Robert Werner, Manual Prensa de extrusión, página 6-25

El filtro recomendado por el fabricante en términos de micrones es un buen indicador del rendimiento. Es usual encontrar que un filtro de 3 micrones de un fabricante A es menos eficiente que un filtro de 10 micrones de un fabricante B. La única forma de comparar filtros es por la relación Beta. La industria de filtración ha reconocido, que los valores nominales presentados por los fabricantes fallan al indicar el tamaño de suciedad que puede removerse, además no es posible comparar los filtros de diferentes fabricantes. Por tal razón, muchos de estos fabricantes desarrollaron la norma ANSI B93.31 – 1973 para determinar que tan bien puede un filtro remover contaminantes.

El ensayo contempla el paso de un fluido (cuyo nivel de contaminantes es conocido) el cual pasa por un elemento de filtración y un medidor de contaminantes de un tamaño predeterminado, tanto antes como después de pasar por el elemento. La eficiencia del elemento se expresa como la relación del número de partículas contaminantes antes del elemento versus el número de partículas presentes después del elemento, a esta relación se le conoce como la relación Beta. Es aplicable a contaminantes de cualquier tamaño, por lo general Beta 3 y Beta 10 se refieren a 3 y 10 micrones respectivamente. En la tabla VI se da una relación beta versus la eficiencia en porcentaje.

$$\beta_x = N_x \text{ caudal arriba} / N_x \text{ caudal abajo}$$

$$\text{Por ejemplo: } N_x \text{ car} = 350$$

$$N_x \text{ cab} = 10$$

$$\text{Beta} = 350 / 10 = 35$$

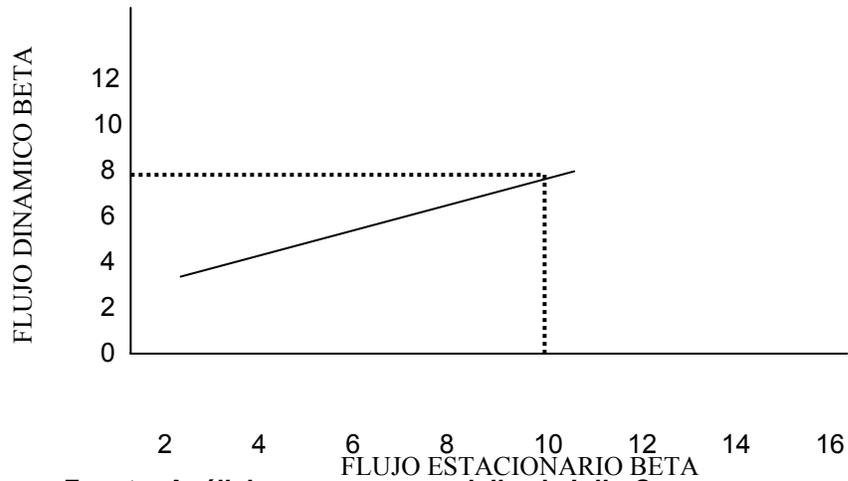
**Tabla VI. Relación Beta versus eficiencia en %**

Relación $\beta$	Eficiencia %
1.0	0
2.0	50
4.0	75
8.0	87.5
16.0	93.75
32.0	96.87
64.0	98.44
75.0	98.67

Fuente: Robert Werner, Manual Prensa de extrusión, página 6-25

$B_x = 75.0$  es considerada por muchos fabricantes como la relación absoluta. Todos los filtros, sin importar la clasificación que le dan sus fabricantes tendrán una relación Beta para diferentes tamaños de contaminantes, de hecho un filtro de 3 micrones nominales podría tener un  $\beta_3$  de 4 y un  $\beta_{10}$  de 16. En realidad, este filtro de 3 micrones es un buen filtro de 10 micrones capaz de remover hasta un 94% de todas las partículas de 10 micrones. Finalmente, es importante notar que la eficiencia se ve adversamente afectada por el flujo pulsante. En la figura 19 se da una relación beta entre flujos dinámicos y continuos para flujos cíclicos.

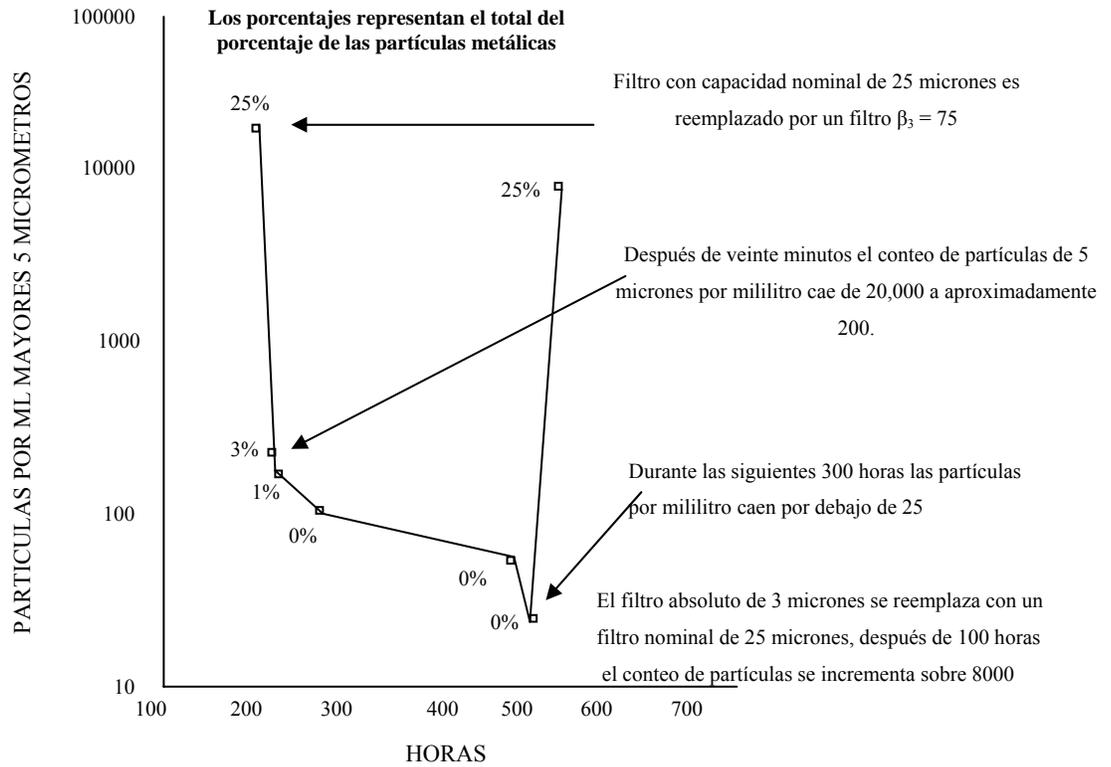
**Figura No. 19 Relación Beta en el flujo dinámico versus Relación Beta en flujo continuo para flujo cíclico:**



Fuente: Análisis empresa especializada Julio Corzo

El aceite se encuentra relativamente limpio, hasta que ocurre una falla catastrófica; De la discusión acerca del desgaste, es muy fácil apreciar que los contaminantes se generan continuamente dentro del sistema de operación. Más adelante, el régimen en que se multiplican es exponencial, ya que un solo contaminante puede generar miles. La figura siguiente ilustra claramente como la tasa de contaminación es influenciada por la filtración.

**Figura No. 20 Tasa de ingestión de partículas**



**Fuente: K. Laue, Extrusión, página 129**

Cuando es aceite nuevo; se recomienda siempre la filtración cuando se añade fluido a los tanques. Para demostrar lo anterior, en un estudio de aceites nuevos se tomaron 43 muestras de aceite que representan 9 distintas compañías dedicadas a la fabricación de aceites y 16 distintas fuentes de abastecimiento. La tabla que se muestra a continuación muestra los resultados. Hay que notar que el límite superior de contaminación para fluido usable es de aproximadamente 800 partículas por mililitro:

**Tabla VII. Promedio de conteo de partículas mayores de 10 micrones por mililitro de aceite en una investigación realizada con aceites nuevos.**

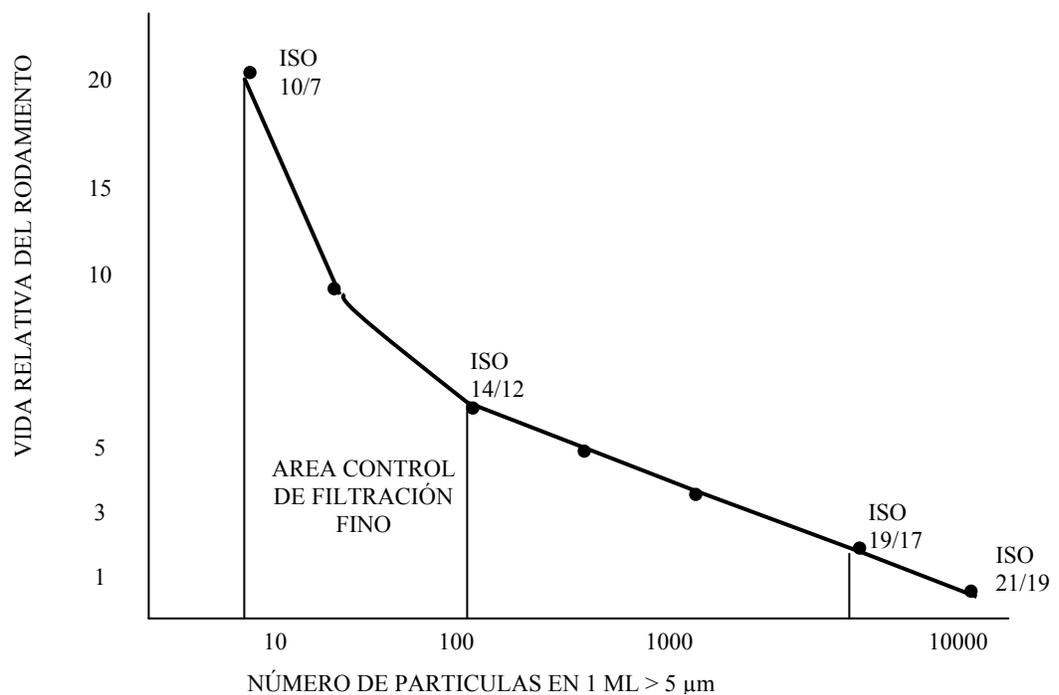
Muestra	Tamaño del contenedor (gal)	Partículas > 10 $\mu\text{m}$
1	1	265
2	55	20
3	1	193
4	55	4,097
5	1	530
6	55	342
7	1	20,389
8	5	22,028
9	5	7,003
10	55	3,269
11	5	76
12	55	63
13	0.25	238
14	1	92
15	5	18
16	1	45
17	55	313
18	1	315
19	5	45
20	2	60
21	55	155

**Fuente: José Roldan, Mantenimiento de Instalaciones, página 135**

Debe apreciarse también que cuando se añade fluido, se deben utilizar los filtros más eficientes (mínimo beta = 20) ya que el fluido solo pasa a través del elemento filtrante una vez al añadir fluido, por tanto el filtro debe ser capaz de remover la mayoría de contaminantes. Sino, si el

nuevo fluido está muy contaminado, muchas partículas se van a ingerir en el sistema. La figura que se muestra a continuación se basa en la vida de un rodamiento versus el tamaño de las partículas contaminantes.

**Figura No. 21 Vida relativa del rodamiento versus Tamaño de partículas contaminantes.**

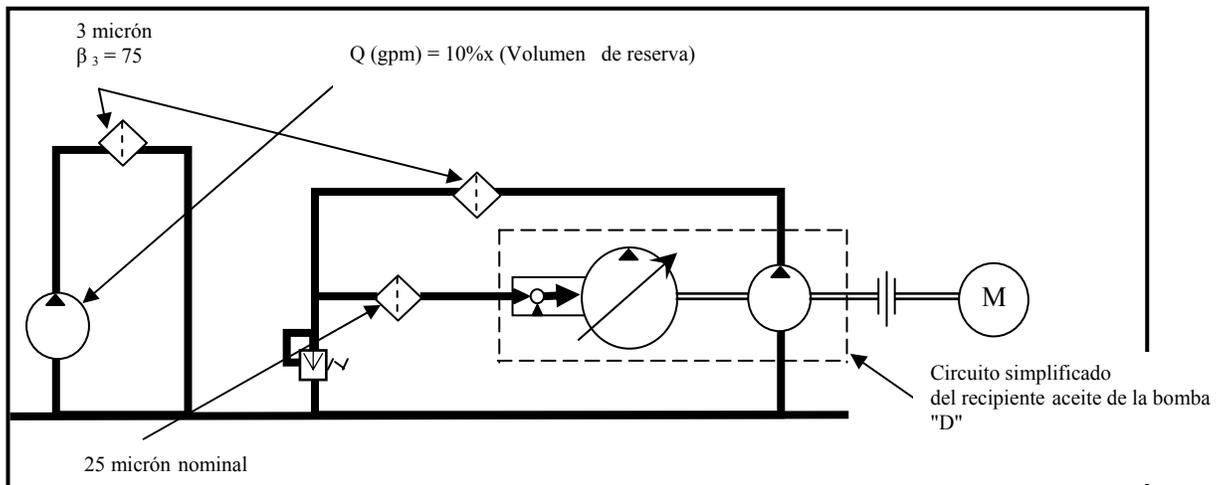


**Fuente: Robert Werner, Manual Prensa de extrusión, página 6-20**

Los filtros más finos deben ser reemplazados con mayor frecuencia, ya que un filtro más grueso permite la circulación de más contaminantes, la tasa de contaminación también se incrementa. Los mismos contaminantes atraen otros contaminantes, por lo que el filtro atraparé más suciedad de la que de otro modo pudo haber sido generada. No es conveniente en términos económicos filtrar un tanque de 2,000 – 2500 galones usando filtros de 3 micrones absolutos

( $\beta_3 = 0.75$ ), los elementos filtrantes en tal situación requerirían reemplazo constantemente, provocando un incremento en los costos de mantenimiento preventivo; la filtración de 10 micrones nominales es más que adecuada, siempre seguida por filtros de 3 micrones para proteger componentes delicados (por ejemplo servo válvulas) filtros de 3 micrones absolutos ( $\beta_3 = 0.75$ ) deben utilizarse para filtrar el sistema hasta un nivel extremadamente limpio. Los filtros absolutos de 25 micrones (que atrapan las partículas de cantos rodados) deben colocarse antes de los dispositivos críticos. En la siguiente figura se da un arreglo nuevo de filtración.

**Figura No. 22 Arreglo nuevo de filtración**



Fuente: K. Laue, Extrusión, página 98

Con este nuevo arreglo de filtración, tal como se muestra en la figura anterior, el sistema entero se mantiene con un nivel muy bajo de contaminación, ya que sólo unos pocos contaminantes están disponibles para generar más, la ingestión de nuevos contaminantes está restringida al entorno (por ejemplo: respiradores y empaques). El sistema de filtración puede fácilmente mantener el ritmo, los elementos durarán más tiempo y los costos de repuestos caerán el

filtro de 25 micrones se requiere únicamente para atrapar partículas grandes, las que son generadas, ya sea por la bomba piloto o las que logran escabullirse por los filtros principales. De acuerdo con lo anterior se establecen 5 reglas, a saber:

- *Regla 1:* El aceite o fluido óleo-hidráulico no puede estar muy limpio
- *Regla 2:* Se deberán usar relaciones beta para evaluar filtros
- *Regla 3:* La filtración debe ser continua
- *Regla 4:* Se debe filtrar el aceite o fluido óleo-hidráulico cuando se añade ó se llena el sistema.
- *Regla 5:* Mientras más fino el filtro bajan los costos.

Las experiencias de campo han comprobado que los sistemas más efectivos de filtración son los que trabajan recirculando continuamente. Cuando estos se diseñan y se mantienen correctamente, éste arreglo ha significado un gran ahorro en los costos de mantenimiento asociados a las fallas de los componentes de un sistema óleo-hidráulico. Otros tres ingredientes vitales para el diseño son:

- Uso de filtros eficientes:  $\beta_3 = 0.75$
- Para filtros de gran capacidad, la diferencia en la cantidad de partículas ( $\Delta P$ ) para un elemento limpio es menor del 25% de la regulación de derivación (by-pass)
- Para grandes flujos (Q): Q (en galones por minuto)  $\geq 10$  % del volumen total del tanque.

En muchos casos, las bombas que retornan al fabricante para reparación muestran signos de cavitación. La evidencia varía desde superficies ligeramente erosionadas hasta cavidades irregulares, si esto se deja sin corregir, la cavitación puede ocasionar la destrucción temprana de la bomba; este fenómeno ocurre cuando un vacío o una burbuja de aire presente en el fluido se sujeta súbitamente a una presión elevada. La presión hace que el vacío (o la burbuja) choquen a velocidades extremadamente altas. Cuando desaparecen los choques, el aceite que va a una velocidad mayor choca literalmente con el aceite circundante lo que a su vez ocasiona presiones puntuales que pueden llegar a alcanzar hasta 200,000 psi. Las presiones súbitas de ésta magnitud ocasionan ruidos y devoran las superficies de metal. La solución es eliminar los espacios vacíos o las burbujas en el aceite, los espacios se dan cuando esta presente una presión negativa muy alta en la línea de succión, esta presión negativa atrapa el aire que está en la atmósfera. Deben evitarse restricciones en las tuberías de succión, tales como codos y reductores, si la causa de cavitación fuese el aire, la burbuja provocará una auto-ignición lo que ocasionará oxidación y nitruración en las superficies.

El fluido quemado hará que los componentes se recubran con un barniz (este material hace que las válvulas se peguen). Las burbujas de aire pueden ser eliminadas así:

- Reparando tubería de succión suelta
- Asegurándose que todas las líneas de retorno terminan bajo el nivel de aceite.
- Para prensas de extrusión que utilizan circuitos de bombeo de dos vías: Reparar las fugas en las tuberías de alta presión y mantener en buenas condiciones los empaques y sellos en los cilindros laterales.

- Mantener el nivel de aceite en el tanque
- Instalar placas protectoras sobre las conexiones de pre-llenado del tanque.
- Mantener la temperatura del aceite por encima de los 120 ° F

Aparte de la contaminación, la cavitación es el condicionante que con más frecuencia se asocia a la destrucción total del equipo de bombeo. El proceso de cavitación es a su vez ocasionado por causas atribuibles a ingestión de aire especialmente en equipos más viejos. La importancia que conlleva la eliminación del aire en el fluido no debe ser menospreciada.

## 7 EQUIPO ELÉCTRICO

El mantenimiento del equipo eléctrico y de control en una planta de extrusión requiere de habilidades especiales y capacitación avanzada en tecnología eléctrica y electrónica. Este entrenamiento se puede apoyar en los servicios de escuelas técnicas y capacitación especializada, así como en seminarios ofrecidos por los proveedores de equipo y contratistas. Para interés de la empresa se ha intentado proveer ayuda en dos áreas:

- Para personal de extrusión que no está capacitada en trabajos eléctricos y/o electrónicos (personal que trabaja en producción, administración, etc.)
- Para profesionales del mantenimiento se dan recomendaciones específicas y consejos útiles especialmente para su aplicación en el mantenimiento eléctrico y de control de una prensa de extrusión.

### 7.1 Potencia

Con potencia nos referimos a los dispositivos eléctricos que se encargan de proveer de potencia al sistema, estos dispositivos son por lo general rotativos aunque también los hay proveedores de calor y otros dispositivos auxiliares, tales como el circuito.

- a. **Motores:** El elemento que impulsa la bomba de fluido óleo-hidráulico no recibe la atención que merece, sino hasta que falla u ocasiona algún problema. Inicialmente, cuando se instala un motor, se desarrollan

actividades para corregir la alineación, sin embargo en algunos casos la alineación no es un problema, ya que estos están equipados con acoples flexibles. Para lograr el óptimo funcionamiento es necesario verificar el estado de los cojinetes, los empalmes en la caja de conexiones del motor, y el aislamiento del mismo. De ser necesario se deberán reemplazar los cojinetes y reajustar los empalmes.

- b. **Lubricación:** Es esencial para incrementar la vida útil de los cojinetes, pero en este punto se debe ser muy cuidadoso, ya que se deben seguir las instrucciones del fabricante a fin de no excederse en la cantidad de lubricante. Los intervalos de lubricación varían de acuerdo al fabricante y los más usuales van de seis (6) meses hasta dos años.
- c. **Terminales:** Éstas pueden causar muchos problemas en el campo, una vez un conector se afloja se produce un arco eléctrico, que ocasiona una gran resistencia en la terminal haciendo que ésta se sobrecaliente. A raíz de esto se produce una caída en el voltaje lo que hace que el motor consuma más amperios, se tiene una regla básica en este sentido: Mientras más grande el motor mayor es la necesidad de inspección de las terminales. Se debe saber qué determinado tipo de terminales se utilizan para conexiones específicas, algunas se diseñan para adaptadores de cable, otros para cable desnudo y otras para cables múltiples. Las conexiones de cable deberán ser re-apretadas como una rutina de mantenimiento (el momento a aplicar deberá ser el adecuado también).
- d. **Contactos para arranque:** Los cables se aflojan en las terminales causando los mismos problemas indicados en el inciso anterior, por tanto, las conexiones deben ser revisadas cada seis meses. Los

contactos en los arrancadores deben revisarse simultáneamente. El arco es mayor en los arrancadores de motores más grandes, una revisión rápida con un termógrafo láser nos mostrará si existe o no un sobrecalentamiento.

- e. **Sobrecalentamiento:** Se debe utilizar el motor de acuerdo a las especificaciones del fabricante, en caso de sobrecargas habrá sobrecalentamiento, asimismo debe prestarse atención al sistema de ventilación que el mismo motor provee. En caso de ser esta insuficiente, se deberá suministrar un flujo de aire frío para lograr mantener la temperatura dentro de los rangos especificados por el fabricante. En dado caso se presente una falla será necesario enviar el motor a un taller especializado para que sea revisado y reparado.
  
- f. **Cableado en panel:** El cableado es la columna vertebral del sistema eléctrico en una planta de extrusión. Los cables en los paneles y las tuberías donde se alojan los cables deberán protegerse tanto como sea posible contra los daños físicos, las sobrecargas eléctricas y los agentes contaminantes corrosivos. Los cables deben mantenerse nítidos y organizados (numerados) para reducir el tiempo a la hora de un problema. El cableado deberá codificarse con colores a fin de cumplir estándares con los que se facilite la determinación de voltajes en forma visual. Para poder operar continuamente es importante la revisión periódica del panel mediante la toma de temperaturas.
  
- g. **Planos y documentación:** Se deberán mantener planos actualizados y precisos, los cuales deberán estar a disponibilidad de las personas interesadas (accesibles) y ser fáciles de interpretar. La documentación referente a dispositivos eléctricos deberá mantenerse conjuntamente.

Por ejemplo, si un PLC (Controlador Lógico Programable) es parte del sistema también se debe contar con la documentación del programa informático asociado, así mismo se deberá mantener una copia de respaldo actualizada. De no tomar en cuenta lo anterior se pueden dar interrupciones de producción muy largas.

- h. **Fusibles:** Estos son dispositivos que protegen el sistema eléctrico de corto circuito o sobre corriente, y por lo regular se les otorga poca importancia. Sin embargo es imprescindible contar con fusibles de repuesto. La mayoría de equipo eléctrico, especialmente después de años de operación, contienen fusibles que no se pueden conseguir, o bien que han sido reemplazados por otros que no son del tamaño o tipo indicado por el fabricante y en muchos casos, estos son sustituidos por uno que tenga el tamaño ó capacidad más parecida. Los fusibles que son más pequeños que los diseñados por el fabricante pueden ocasionar paradas repentinas y en contraparte, aquellos mayores pueden ocasionar cargas altas. Para minimizar el advenimiento de las fallas los porta-fusibles deberán estar correctamente etiquetados dentro de los paneles para facilitar la revisión visual y mantener la integridad del sistema.
  
- i. **Fuentes de poder:** Otra verificación que deberá hacerse para detectar posibles problemas de voltaje es la revisión de los voltajes de salida, estos niveles de voltaje variarán de cuando en cuando debido a los cambios en la temperatura ambiental, las fluctuaciones en la tensión de entrada y también por malas condiciones medioambientales. Algunos componentes de campo han sido diseñados para operar en un rango de voltaje determinado, si estos componentes están operando en el límite

superior se pueden dar paradas intermitentes. Si las tensiones sobrepasan límite de operación dado por el fabricante los daños por sobrevoltaje son inminentes, el período de calibración de las fuentes de poder deberá determinarse de acuerdo a la calidad de la potencia y a la sensibilidad de los dispositivos que controlan. El mantenimiento preventivo de este equipo se debe realizar de acuerdo a lo indicado por el fabricante y como mínimo será necesario lo siguiente: Limpieza, revisión de temperaturas.

- j. **Sistema de calentamiento del contenedor (resistencias eléctricas):**  
El calentamiento del contenedor es un proceso crítico en todos los tipos de extrusión. Algunas veces, la mayor preocupación es mantener lo suficientemente caliente el contenedor para que trabaje apropiadamente. Las conexiones que deben ser revisadas son aquellas que se encuentran entre el contenedor y las resistencias calentadoras, ya que en este punto se incrementa la transferencia de calor. Los arcos que se producen por conexiones sueltas sólo agravan el problema de sobrecalentamiento.

## 7.2 Control

El hecho de efectuar servicios sobre equipo de control energizado puede ser peligroso. El resultado de operar negligentemente el equipo de control puede ocasionar choque eléctrico y como resultado ocasionar heridas graves tales como quemaduras o incluso la muerte. Se recomienda como primer paso para dar servicio a dicho equipo la interrupción y desconexión para aislar el equipo de control de fuentes de tensión así como también liberar la energía almacenada, si está presente. Para que el personal de mantenimiento eléctrico pueda trabajar con seguridad deberá seguir las instrucciones y atender a las recomendaciones proporcionadas por varias instituciones como NFPA

(NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION) en su estándar NFPA70E Parte 2, Practicas OSHA (OCCUPATIONAL SAFETY HEALTH ORGANIZATION) para el control de fuentes de energía peligrosa. Estas instituciones colaboran aportando procedimientos para el trabajo con fuentes de energía peligrosa, proceso de validación y calificación de personal. Inspecciones periódicas: El equipo de control industrial deberá inspeccionarse periódicamente de acuerdo a lo especificado por el fabricante del equipo. Además, deberán revisarse las condiciones ambientales y operativas. Se recomienda una inspección inicial dentro de los primeros 3 a 4 meses después de efectuada la instalación. Algunas directrices específicas se listan a continuación:

- a) **Contaminación:** Mantener cerradas y con llave las puertas de los tableros eléctricos para mantenerlos limpios y evitar el acceso no autorizado. Si la inspección revela que la suciedad, el polvo, la humedad u otro tipo de contaminación ha alcanzado al equipo de control, este debe ser eliminado. Los sellos de elastómeros deben ser reemplazados cuando se cristalicen y se deberá tener especial cuidado en reparar o reemplazar otros elementos que estén funcionando mal o se encuentren dañados. Los dispositivos de control que se mojen, estén sucios o contaminados deberán ser limpiados por medio de aspiración o limpieza frotando con paño suave. No se recomienda el aire comprimido ya que disemina la suciedad por todas partes incluso aquellos puntos donde no pudo llegar la suciedad por si sola, y puede dañar partes delicadas.
  
- b) **Dispositivos para enfriamiento:** En los paneles de control o los instrumentos se utilizan ventiladores u otros equipos para forzar aire de enfriamiento. En este caso se deberán reemplazar las aspas que estén torcidas, carcomidas o faltantes. El eje debe reemplazarse si éste no gira

libremente, para chequear la operación se deberá aplicar potencia momentáneamente. Si la unidad no opera correctamente se deberá verificar y reparar el cableado, los fusibles, el ventilador o el motor de éste. Los filtros de aire también deberán limpiarse para mantenerlos en óptimas condiciones y, en dado caso en última instancia se deben de cambiar tal y como se recomienda en el manual del proveedor, es muy importante también la limpieza de las aletas de los intercambiadores de calor para evitar que el enfriamiento por convección no sea damnificado.

- c) **Mecanismos de operación:** Se deberá chequear el funcionamiento apropiado y la libertad de movimiento y de acuerdo a lo anterior reemplazar cualquier parte o dispositivo roto, deforme o severamente desgastado tomando en consideración las listas de reemplazo individual aplicables, chequear y reapretar cualquier elemento de sujeción que se encuentre flojo. Aplicar lubricantes si es que están indicados de acuerdo a las instrucciones particulares del equipo. La mayoría de arrancadores magnéticos, contactores y relees están diseñados para operar sin lubricación. No se deberá lubricar estos dispositivos ya que la presencia de aceite o grasa en la caras de los polos de los magnetos pueden ocasionar que el dispositivo se pegue en la modalidad “encendido”, algunas partes de otros dispositivos se lubrican de fábrica. Si se requiere lubricación de estos dispositivos durante la operación se deberá especificar en los manuales.
- d) **Reles de control:** Chequear si estos contactos tienen un desgaste excesivo o acumulación de suciedad cada seis meses. Aspirar o limpiar los contactos con un paño suave de ser necesario para remover la suciedad, la decoloración de los contactos no indica que estén dañados, y al presentar estas condiciones no deberán ser limados ya que sólo se

logrará reducir su vida en servicio. Los aerosoles para limpieza de contactos no se deberán utilizar, ya que la aparición de residuos de éstos en los polos y mecanismos operativos hará que se traben y en el caso de los contactos interferirán con la continuidad eléctrica. Éstos deberán reemplazarse hasta que el color plateado ya no esté presente y para tal operación deberá considerarse el reemplazo completo de los juegos de contactos para evitar malas alineaciones ó presión de contacto disparea.

- e) **Terminales:** Las conexiones flojas en los circuitos de potencia pueden ocasionar sobrecalentamiento lo que puede provocar un mal funcionamiento del equipo e incluso falla del mismo. Igualmente, las conexiones pobres en los circuitos de control ocasionan un mal funcionamiento. El aterrizaje de las líneas puede incrementar el peligro de choques eléctricos. Hay que verificar que todas las conexiones estén apretadas cada seis meses por lo menos.
  
- f) **Embobinados, en transformadores, motores:** Si en una bobina es evidente el sobrecalentamiento, el aislante está derretido, quebradizo o quemado, se deben reemplazar.
  
- g) **Baterías de memoria y respaldo:** Se deben reemplazar las baterías del equipo de acuerdo a las especificaciones indicadas en el manual del proveedor, dependiendo de donde estén instaladas (tarjetas electrónicas y PLC) y su uso. Ver si una batería muestra signos de fugas de electrolito. En todo caso, siempre se deberán utilizar herramientas para manipular las baterías que han botado electrolito. La mayoría de electrolitos son corrosivos y pueden causar quemaduras, se deberá disponer de la batería de acuerdo a las instrucciones contenidas en el manual.

- h) **Luces piloto:** Reemplazar las bombillas quemadas y los lentes dañados.
  
- i) **Controladores Lógicos Programables (PLC):** Para facilitar la conversión de relees a PLC's fue necesaria la concurrencia de varios especialistas, por un lado un electricista de mantenimiento que supiera la secuencia de operaciones de la prensa y por el otro un programador PLC que pueda o no estar familiarizado con una prensa de extrusión, los PLC's vienen en todos tamaños y depende de la aplicación o requisitos de control de la planta formas.
  
- j) **Pantallas industriales (displays, HMI):** Estas son interfases hombre máquina que sirven para llevar el control de lectura de los parámetros de procesos. Para preservar este equipo es necesario atender las instrucciones y manuales del fabricante.
  
- k) **Dispositivos de entrada y salida:** Estos dispositivos son la causa más frecuente de paradas inesperadas en los sistemas eléctricos. Es más común en los dispositivos de entrada que en los de salida. El montaje, la alineación y las conexiones de las terminales fallarán si se abandonan las prácticas de supervisión. Los brazos de los interruptores de límite (limit-switches) trabajan sueltos de igual forma que los tornillos que les sujetan, los sensores fotoeléctricos se desalinean y se ensucian. Los sensores de proximidad indican que están fuera de rango. Los dispositivos de entrada que incorporan electrónica deben ser calibrados constantemente para evitar las desviaciones en las lecturas. Los transductores manejados mecánicamente deben ser chequeados para verificar su alineación y acoples. Todos los dispositivos de campo

deberán protegerse de daños físicos y aquellos ocasionados por la temperatura del sistema eléctrico.

l) **Pirómetros:** Los controladores de temperatura son dispositivos electrónicos que reciben señales en milivoltios de la termo coplas. Las termo coplas debe verificarse la limpieza y en los controladores de temperaturas en dado caso fallen hay que reemplazarlos.

m) **Medidores:** Para que los medidores puedan prestar un servicio eficiente hay que tomar en cuenta que deben ser calibrados de acuerdo a las especificaciones del proveedor, entre los medidores que utilizados en la prensa de extrusión se pueden mencionar los siguientes:

- Manómetros de presión óleo-hidráulica
- Manómetros de presión neumática
- Indicadores de velocidad mecánica
- Termómetros

### 7.3 Otros sistemas

Para mejorar el mantenimiento en las máquinas extrusoras se cuenta con otros sistemas eléctricos que permiten un desarrollo satisfactorio durante la operación.

a) **Sistemas servo:** Los sistemas servo asistidos se conciben como cualquier elemento electrónico de control, excepto porque son mucho más sensibles y porque utilizan señales de voltaje mínimas. Los sistemas servo-asistidos aplicados a las prensas hidráulicas de extrusión controlan grandes variables de proceso

por medio de un método de control de bajo voltaje. Esto redundaría en la baja tolerancia a ruidos y falta de calibración. Las señales en un sistema servo que se mantienen desviadas en mínimo grado (milivoltios) ocasionan grandes problemas.

- b) **Mantenimiento después de una condición de falla:** La apertura del dispositivo de protección de circuito (tal como fusibles ó interruptores de circuito) es indicativo de una condición defectuosa o una sobrecarga operativa. Tales condiciones pueden a su vez ocasionar daños al equipo de control. Antes de restaurar el sistema, la condición que originó la falla debe ser corregida y de igual manera se debe reparar los elementos necesarios antes de restaurar el servicio.
  
- c) **Sistema de tierra:** Para proteger todos los equipos eléctricos en una planta de extrusión es importante verificar el estado de la tierra para evitar que las descargas electro atmosféricas y de las líneas de transmisión dañen los equipos eléctricos. Para mantener efectivamente los sistemas de tierra se requiere de un experto.
  
- d) **Interruptores electromagnéticos:** Este dispositivo requiere de que sea verificado periódicamente. Se debe poner atención a la limpieza y condición de los térmicos ya que estos sufren desgaste.



## **8 SISTEMAS AUXILIARES DE LA PRENSA DE EXTRUSIÓN**

Los sistemas auxiliares de la prensa de extrusión también son parte del mantenimiento preventivo ya que ellos proporcionan materias primas a la prensa de extrusión en forma de lingotes (alimentación de la prensa), la maquinaria utilizada para manipular los perfiles inmediatamente después de su salida de la prensa (manejo de perfiles) y por último el horno de añejamiento artificial de los perfiles, donde los perfiles de aleación de aluminio que estamos tratando adquieren su dureza superficial. Todos ellos forman parte importante en el proceso de extrusión e igualmente necesitan que se incorporen en el mantenimiento.

### **8.1 Alimentación de la Prensa**

La alimentación de una prensa con lingotes es una operación muy importante en el proceso de extrusión ya que se deben tomar en consideración varios factores que sin duda incidirán en el desempeño del mismo. Para lograr buenos resultados, el sistema de alimentación debe tener la capacidad de proveer los lingotes en el tiempo y la temperatura que demanda el proceso, ni más ni menos. En la actualidad, se utilizan lingotes relativamente largos (6 metros por ejemplo) y también lingotes precortados. El equipo para alimentar lingotes grandes o precortados en la prensa varía de un fabricante a otro y también conforme a la edad de la instalación. El más común lo constituye la mesa de alimentación por gravedad, en el cual, los lingotes (largos y precortados) se cargan individualmente o en forma de atados; se les permite rodar hasta que se detienen, donde un dispositivo los recoge uno por uno, e individualmente los carga al horno de precalentamiento de acuerdo a la

demanda que éste tenga. También son comunes las mesas de alimentación que se propulsan por medio de cadenas o bandas transportadoras. Por lo general, se requiere del cuidado que se indica a continuación:

- Verificar cada semana el filtro-lubricador que va de la línea de aire al cilindro actuante. Limpiar y añadir lubricante, tanto como sea necesario.
- Verificar los interruptores de proximidad o limitantes del mecanismo que recoge los lingotes. Esta operación deberá efectuarse semanalmente.
- Los empaques del cilindro neumático deben ser revisados una vez al mes y reemplazarse de ser necesario.
- Si el sistema de alimentación es propulsado por medio de cadenas, hay que chequear el piñón y las partes móviles y ver si éstas dan evidencia de desgaste o daño.
- Verificar cada mes el estado de todas las partes móviles adicionales (ejes, chumaceras, etcétera) y reparar si es necesario.
- Reapretar los tornillos de montaje y unión anualmente.

**a. Sistema de cadenas en hornos de precalentamiento de lingotes:** A pesar de que se han reemplazado los diseños que incorporan cadenas en la parte inferior de los hornos de precalentamiento debido a la baja eficiencia energética (entre 18 y 20%) hay una considerable cantidad de sistemas que operan de esta forma en la actualidad. Con este diseño, un sistema de cadenas se encuentra por debajo del horno de precalentamiento y se equipa con brazos cargadores extendidos que pasan por una abertura en el horno y a su vez soportan y transportan los lingotes; debido a las altas temperaturas

involucradas, los elementos transportadores deben ser de fundición de hierro resistente a la alta temperatura y a la vez recibirán una corriente de aire frío que se cuela al horno haciéndolo ineficiente. Las piezas fundidas están separadas 3 a 4 pulgadas entre si (distancia entre centros) y se propulsan por un par de cadenas articuladas, que se ubican paralelamente. Estas cadenas se localizan en la parte inferior del horno. Los piñones de las cadenas se montan en un eje común y sobre unos cojinetes de bolas, este eje se impulsa por medio de una cadena y un piñón intermedio y éste esta acoplado a una caja reductora de velocidad y a un motor eléctrico equipado con freno. Por lo general se utiliza un piñón que posee un pasador de cizalla para limitar el daño mecánico, una escobilla provee de lubricante a la cadena. Se debe usar un lubricante resistente al fuego. Las rutinas de mantenimiento del transportador de cadena de lingotes deben incluir por lo menos lo siguiente:

- Verificar y rellenar el lubricante de cadena cada semana.
- Verificar la condición de las cadenas, los piñones, los cojinetes y los ejes. Se debe ver el desgaste y el daño. Limpiar mensualmente y reparar conforme se necesite.
- Reapretar todas las tuercas y tornillos mensualmente.

**b. Cilindro de empuje de lingotes:** Se utiliza en primer lugar en hornos de precalentamiento de lingotes precortados, un cilindro neumático o hidráulico avanza por debajo del horno e impulsa la columna de lingotes a tal punto que permite la carga de un próximo lingote a la columna; luego impulsa la columna nuevamente y se da una señal del circuito de control. Los lingotes descansan sobre rodillos en forma de reloj de arena montados en la parte inferior del túnel de calentamiento.

Las actividades de mantenimiento que requiere este empujador son las siguientes:

- Verificar los empaques y sellos hidráulicos y advertir la existencia de fugas y su condición (mensualmente)
- Si el sistema es neumático, verificar el filtro-lubricador.
- Si es hidráulico, verificar el nivel de aceite hidráulico diariamente, verificar la existencia de fugas o elevadas temperaturas.
- Verificar los interruptores de proximidad o limitantes del mecanismo que recoge los lingotes.
- Verificar la condición del mecanismo que sirve de guía al empujador, en lo referente a desgaste o daños (mensualmente).

**c. Empujador del tipo de cadena:** Este diseño se usa por lo general en sistemas que tienen hornos que cizallan en caliente el lingote. Se utilizan de este tipo ya que el recorrido es mayor, una cadena sencilla y un sistema de piñón se propulsan por medio de un motor eléctrico o hidráulico. Los requerimientos de diseño incluyen la reversibilidad y paradas precisas. El mantenimiento depende del diseño y puede incluirse de la manera siguiente:

- *Lubricación general:* Las graseras y cadenas deberán permanecer lubricadas semanalmente a menos que el fabricante especifique lo contrario.
- *Tensión de cadenas:* Inspeccionar las cadenas y verificar la tensión apropiada. Ajustar como sea necesario. Esta inspección se lleva a cabo mensualmente.

- *Rodillos de soporte y / o superficies deslizantes:* Verificar las condiciones de los rodillos y las superficies deslizantes semanalmente, limpiar cualquier material que pueda interferir con el movimiento o pueda dañar los dientes del piñón o los eslabones de la cadena. Utilizar un soplete para limpieza con aire comprimido.
- *Caja reductora de velocidad (de engranajes, si es que está instalada):* Verificar el nivel de aceite mensualmente, cambiarlo cada seis meses.
- *Sistema hidráulico:* Para el caso de empujadores propulsados por un motor hidráulico, el sistema se comparte con la cizalla de lingotes como se describirá mas adelante.
- *Cimiento y pernos de montaje:* Verificar y apretar los pernos anualmente, debido principalmente a cargas de alto impacto.
- *Interruptores de proximidad o limitantes:* Asegurese de que el montaje este firme, deben evitarse cables flojos, brazos flojos, etcétera. Es importante notar que el ajuste de accionamiento debe ser preciso. Cualquier desviación deberá corregirse. Los lentes de los interruptores fotoeléctricos requieren limpieza permanente con paño seco y los dispositivos reflectantes también lo requieren. No utilizar solventes o agentes de limpieza en los lentes o reflectores. De estar dañados deberán reemplazarse.

**d. Hornos de precalentamiento de lingotes:** El horno de precalentamiento de lingotes a fuego directo (el combustible es gas licuado de petróleo, propano o natural): Los precalentadores a gas conducen tanto los lingotes largos (de 6 metros) como precortados a una temperatura deseable para extrusión. El objetivo primordial es generar una temperatura constante de lingote a lingote. En otros sistemas el objetivo es distinto, por ejemplo proveer de un gradiente de temperatura desde un lado al otro lado del lingote para compensar el calor ganado durante la extrusión. El costo involucrado en la obtención del gradiente de temperatura por medio de un horno de inducción es mayor que el de un horno que opera a fuego directo. Esto ha dado lugar al desarrollo de algunas variaciones de diseño, a saber:

- El precalentamiento a gas seguido de un incremento de temperatura por inducción de un extremo al otro del lingote.
- Añadir una fila de quemadores que incrementan la cantidad de gas.
- Enfriamiento súbito con agua de uno de los extremos del lingote después de precalentado.

Nótese que en un horno a fuego directo existe una variación considerable de temperatura que se observa de lingote a lingote, de un extremo a otro y desde el exterior al centro del lingote. El problema es aún más complejo debido al método de medición y la variabilidad inherente de exactitud de los instrumentos de medición. Un segundo objetivo en el diseño de los precalentadores de lingote es la reducción de costos asociados de energía. La mayoría de diseños en uso actualmente utilizan la exposición directa a la flama, con los gases de combustión calientes que fluyen en contra-corriente a los lingotes que están entrando al horno. Algunos hornos poseen las características que se indican a continuación.

- Exposición de los lingotes entrantes al calor de desecho por un período prolongado.
- Recirculación de gases calientes a través de boquillas de alta velocidad para mejorar la transferencia de calor de la combustión al metal.
- Utilización de los gases calientes para precalentar el aire de combustión.

Los diseños más modernos están sellados y aislados para evitar la pérdida de calor. Los controles basados en PLC permiten un control más riguroso de la temperatura.

**e. Aislamiento y material refractario:** Los ladrillos que alojan los quemadores deben ser chequeados mensualmente, lo importante es el sello apropiado entre los ladrillos y los quemadores y que los quemadores estén bien colocados dentro de los ladrillos. Ambos aspectos son importantes para que la energía de la flama sea bien aprovechada y para lograr la uniformidad de temperatura. Los ladrillos muy dañados deben ser reemplazados con ladrillos de material refractario fundido, los quemadores se envuelven en cinta de fibra de vidrio o fibra cerámica para proveer un sello apropiado. Si los ladrillos son del nuevo tipo de fibra cerámica, los quemadores quedarán perfectamente enroscados en los ladrillos. Los bloques, ya sea que estén contruidos de refractario fundido, fibra cerámica u otra fibra y aleaciones resistentes debe ser inspeccionada cada 3 a 6 meses, y se deben buscar señales que indiquen deterioro (fisuras, juntas abiertas), tales signos deberán arreglarse cementando nuevamente las juntas y/o fisuras con fibra cerámica; la mayoría de problemas ocurren cuando se mueven los bloques (por ejemplo la fundición de un lingote) los ladrillos fundidos tienden a desintegrarse.

**f. Puertas y empaques de los hornos de precalentamiento:** Se recomienda la verificación del sello apropiado y el funcionamiento de las puertas del horno semanalmente, también es importante el funcionamiento de los cilindros y/o los sargentos que se usan para cerrar.

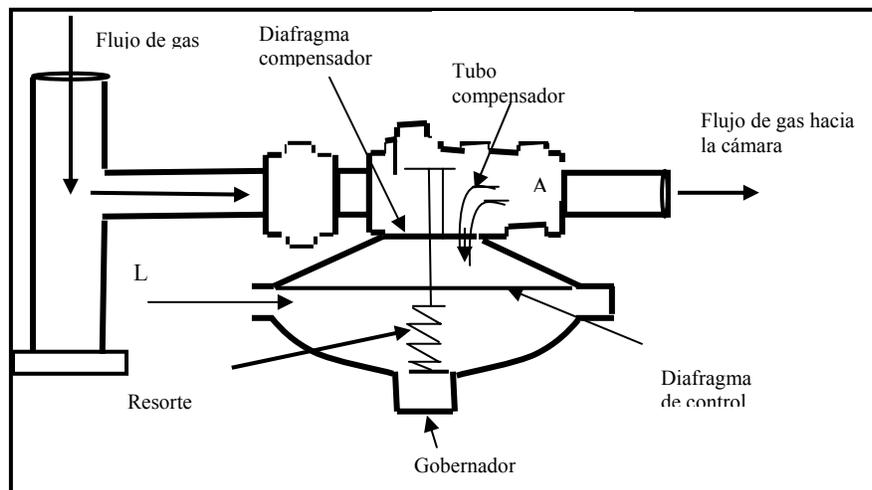
**g. Sonda termopar (termo copla):** Las sondas son críticas para el funcionamiento del horno de precalentamiento ya que se utilizan en la medición fiable de la temperatura; un fallo en su funcionamiento puede ocasionar la fundición del lingote y el costo asociado a la materia prima y por interrupciones. Se debe prestar atención diaria al funcionamiento y las condiciones, la punta de la sonda se debe limpiar con tela de esmeril y afilar los rodos (tal que el ángulo de ataque sea de 45°), también debe observarse si las conexiones están bien fijadas y reapretar de ser necesario, purgar el exceso de humedad del filtro de la línea de aire comprimido. Semanalmente se debe revisar el funcionamiento de los cilindros neumáticos que impulsan a la sonda, ajustar la presión neumática y el flujo de aire. Una presión mayor a la requerida por el fabricante puede ocasionar el descarrilamiento del lingote debido a que la sonda lo empuja, es práctica común el cambio de la unidad completa (rodos y sonda).

La presión del regulador de aire deberá fijarse para un máximo de 30 lb/plg<sup>2</sup> ya que si es mayor el lingote se descarrilará como consecuencia de haber sido empujado por el cilindro. El ajuste horizontal de la sonda se realiza para que cuando la sonda este dentro del horno el sello de aire este tocando la superficie del mismo. El ajuste vertical de la sonda se efectúa desconectando la manguera de aire, manualmente se empuja la sonda hasta que haga contacto con el lingote en un ángulo recto y para que la llama no toque la punta de la sonda. Después de haber completado los ajustes horizontal y vertical para una zona de calentamiento deberá realizarse el mismo procedimiento para las

demás zonas de calentamiento (si es que el horno las posee). En la figura 24 se da un ejemplo de un regulador atmosférico con alimentación premezclada.

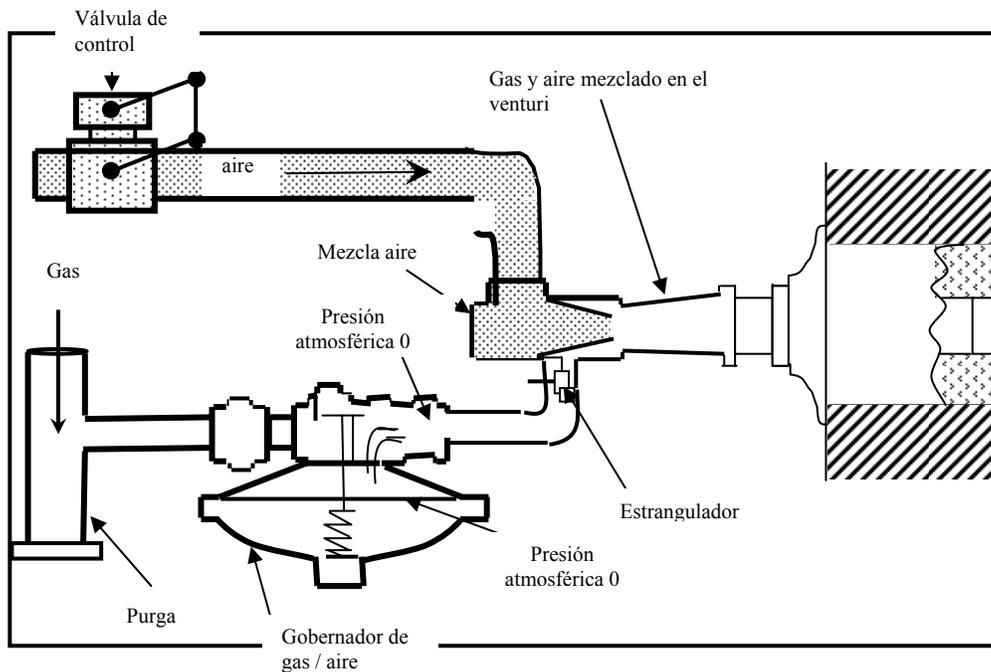
**h. Sistemas de combustión:** El mantenimiento adecuado del sistema de combustión es de vital importancia por los riesgos de fuego y explosión existentes. La mayoría de hornos a fuego directo utiliza quemadores que utilizan una premezcla (aire-combustible) con un regulador que controla la relación en cada una de las zonas de calentamiento. Para cada zona, el combustible se alimenta desde un regulador atmosférico, que mantiene la presión a "0" (cero) en la siguiente figura se ilustra el funcionamiento. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de un regulador atmosférico.

**Figura No. 23 Regulador Atmosférico**



Fuente: Asociación Norteamericana del aluminio, página 25

**Figura No. 24 Regulador atmosférico con alimentación premezclada hacia el horno**



**Fuente: Asociación Norteamericana del aluminio, página 28**

Los hornos más modernos funcionan con la recirculación de gas caliente y estos poseen un regulador diferente. El aire de combustión también se alimenta a un mezclador que aspira y conduce el flujo del combustible en proporción directa al flujo de aire. El flujo de aire se controla por medio de una válvula motorizada que obtiene la señal de un controlador de temperatura, la mezcla aire-combustible en la relación correcta se lleva a cada uno de los quemadores del horno, la relación aire-combustible para una llama pobre se efectúa por medio de una válvula de ajuste en el mezclador, el orificio que se encuentra en la línea de gas antes de ingresar al mezclador sirve para regular con precisión la relación aire combustible cuando se desea una llama alta. Uno

de los sistemas más utilizados. Los instructivos de seguridad y mantenimiento de cada equipo de cada fabricante en particular deben ser seguidos al pie de la letra. En cada caso se deben atender los dispositivos de seguridad, ciclos de purga y detectores de flama que deben mantenerse en una condición de trabajo aceptable. No debe ignorarse nunca el cuidado y mantenimiento de un dispositivo de seguridad, el tren de alimentación de cada una de zonas de calentamiento está equipado con dispositivos de apagado de acuerdo a lo dictado por los organismos como NFPA y códigos como FM e IRI, estos dispositivos son los siguientes:

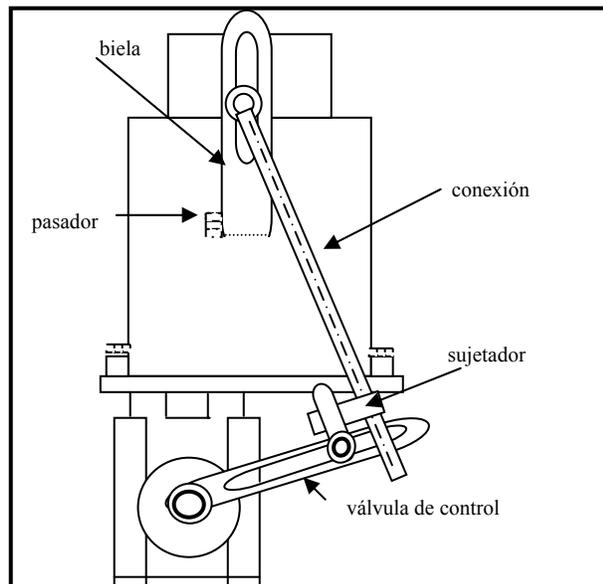
- Válvula principal de interrupción de paso de gas
- Regulador principal de presión de gas
- Interruptor de seguridad por alta presión de gas
- Interruptor de seguridad por baja presión de gas
- Válvula manual de bloqueo y reinicio (válvula de seguridad principal)
- Válvula de ventilación de seguridad (la descarga se lleva en tubería a través del techo)
- Segunda válvula de bloqueo (auto inicio)
- Llaves de cheque y manómetros.

También está recomendado un medidor de flujo de gas para medir el consumo de gas en el horno. Este instrumento debe estar equipado con un compensador de presión para obtener mediciones precisas, se debe tomar la lectura de dicho medidor cada semana y registrar el consumo total así como la cantidad de calor BTU/lb (kcal/kg) y trazar en una gráfica los valores, lo que servirá como indicador de mal funcionamiento de los controles del horno o el ajuste del sistema de combustión.

**i. Ajustes de combustión:** Los valores predeterminados de la combustión deben registrarse en una bitácora permanente, antes y después de efectuado el ajuste, la secuencia de ajustes para cada zona es la siguiente:

1. *Ajuste de la presión de aire de combustión:* Los niveles de llama, tanto alto como bajo se establecen mediante el ajuste del eslabón articulado de la válvula de control tal como se muestra en la figura 25. Es muy importante fijar el aire de combustión de acuerdo a las recomendaciones del fabricante; Los valores típicos en la entrada del mezclador son: 8 onzas / plg<sup>2</sup> para alta llama de temperatura y 1 onza / plg<sup>2</sup> para llama baja.

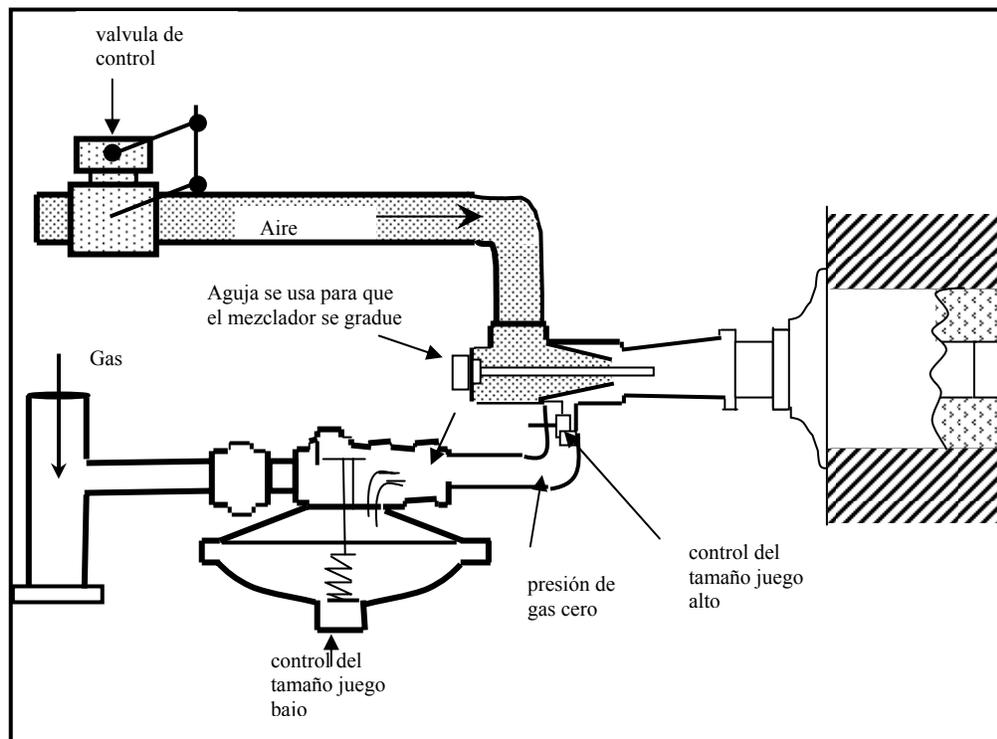
**Figura No. 25 Ajuste de presión de aire**



**Fuente: Asociación Norteamericana del aluminio, página 32**

2. *Presión de gas de alimentación:* Con el soplador apagado deberá fijarse el regulador de aire de entrada para que provea la presión correcta ,11" H<sub>2</sub>O (columna de agua) al ingreso del regulador atmosférico.
  
3. *Preajuste del regulador atmosférico:* Se ajusta el muelle del regulador atmosférico para lograr un vacío de 0" H<sub>2</sub>O en la salida. Se deberá ver la siguiente figura número 26 para recomendaciones de ajustes.

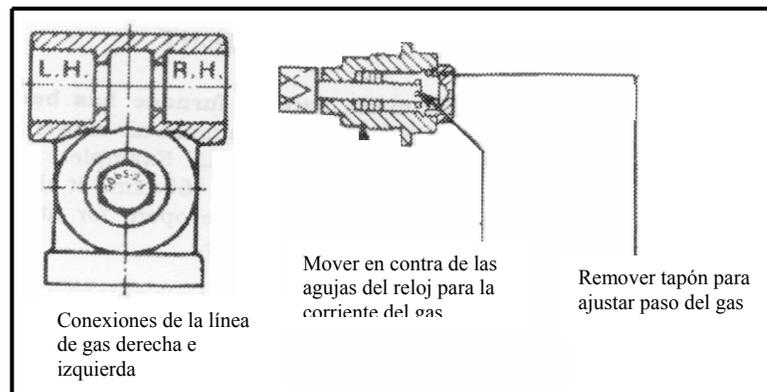
**Figura No. 26 Pre-ajuste del regulador atmosférico**



Fuente: Asociación Norteamericana del aluminio, página 33

4. *Inicio del sistema:* Se enciende el soplador, se purga el aire tanto como lo requieran las normas (por lo general un cambio equivalente a 4 volúmenes de aire. Ignición de los pilotos.
  
5. *Ajuste de la llama piloto:* Se fija la presión de salida del regulador piloto principal en 11" H<sub>2</sub>O y el ingreso de aire de combustión a los pilotos en 14 onzas por plg<sup>2</sup>. Se da ignición a los pilotos y se ajusta al ojo: La llama debe tener un aspecto afilado (alta y angosta) y fuerte, ser de un tono azul, con un cono interno de color azul claro bien definido y una parte externa más oscura. Una llama que tiene un color verde (de arbusto), amarillo o naranja es indicativo de una mezcla rica en combustible. Una llama corta y de color violeta es indicativo de una mezcla pobre. Cualquiera que sea el extremo en la apariencia dada anteriormente puede ocasionar que la misma no logre su cometido de dar ignición a los quemadores. Refiérase a la siguiente figura:

**Figura No. 27 Ajuste de la llama piloto**



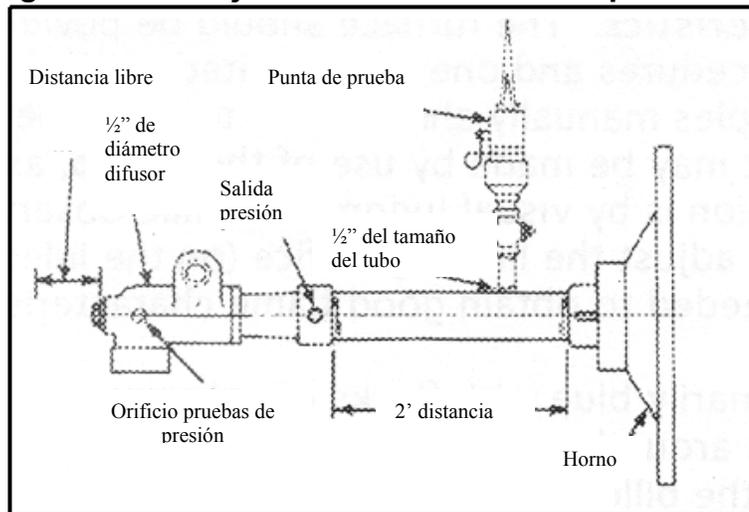
**Fuente: Robert Werner, Manual Prensa de extrusión, página 11-18**

6. *Ignición de los quemadores principales:* Fijar la válvula de control de aire en una posición de llama baja. Abrir la llave del aspirador de la mezcla 3 ó 4 vueltas. Luego abrir la válvula de seguridad principal. Si los quemadores no se encienden, cerrar la válvula de apagado de gas, abrir la válvula de aspiración del mezclador una vuelta más y repetir la secuencia de purga e ignición. Se debe repetir esta secuencia hasta que los quemadores se enciendan.
  
7. *Verificación de las características de la flama:* El horno deberá estar energizado de acuerdo a los procedimientos establecidos y una zona deberá estar encendida con el controlador fijado en modalidad manual y los termopares manualmente cortados para mantener el sistema en fuego alto. El ajuste de flama se puede lograr con el uso del punzón de ensayo "Testip". Otra opción es juzgar visualmente; mientras se observa la flama a través de una de las puertas se ajusta el orificio de limitación de llama (que se encuentra a la entrada del regulador atmosférico). Todo ello se realiza para obtener llamas con las mejores características:
  - Llama que es primordialmente azul con flecos amarillos.
  - Una llama que se envuelve alrededor del lingote.
  - Una pequeña llama sobre los lingotes (combustión secundaria).

A continuación se ajustan las características de llama baja, fijar el control a la posición baja y se observa la llama; sólo deberá estar quemando la cara de los ladrillos refractarios. Si está muy alta, deberá reducirse el ajuste de entrada de gas con el tornillo de ajuste del regulador atmosférico. Si la llama se extingue o es inestable, incrementar el paso de gas con el mismo tornillo de ajuste. Finalmente retornar a la llama alta y volver a verificar el ajuste. Es posible que

se requiera de ajuste más fino. Así se continúa hasta que todas las zonas han sido ajustadas, ver la siguiente figura.

**Figura No. 28 Ajuste de los sistemas de premezcla**



Fuente: Robert Werner, Manual Prensa de extrusión, página 11-19

**j. Mantenimiento rutinario del sistema de combustión:** Diariamente se deberá verificar la condición en que se encuentran los detectores de flama (sensores ultravioleta), estos deberán estar limpios y funcionando apropiadamente. Los procedimientos indicados a continuación para el mantenimiento se recomiendan realizarlos anualmente:

- Limpiar o reemplazar el filtro de aire de entrada del soplador de combustión y lubricar los cojinetes del soplador mensualmente.
- Quitar y limpiar los filtros de aire piloto.
- Efectuar un ensayo para detectar fugas en las válvulas de apagado y del ventilador mensualmente.
- Verificar el estado de las articulaciones que existen entre el control motorizado y el brazo de la válvula de ingreso de gas.

- Quitar las bujías y limpiarlas o reemplazarlas si es necesario.
- Limpiar e inspeccionar los detectores de llama.
- Verificar el correcto funcionamiento de temporizador del ciclo de purga mensualmente.
- Quitar y limpiar los rodos de los reguladores atmosféricos que se utilizan para dosificar el aire-gas.
- Limpiar el cuerpo interno de los reguladores atmosféricos.
- Limpiar e inspeccionar el impulsor y la carcasa del ventilador de combustión.

Verificar el ajuste existente entre los quemadores y los ladrillos refractarios mensualmente. Esto se realiza para lograr un sello apropiado entre ambos y para asegurar que los quemadores están correctamente colocados y a una distancia apropiada. Los ladrillos dañados deben reemplazarse.

**k. Sistema de control de temperatura:** Los controladores de temperatura cumplen una función muy importante ya que son dispositivos que incorporan un transductor que interpreta las señales de milivoltios provenientes de los termopares y las traduce en lecturas de temperatura, además envía señales en milivoltios a las válvulas actuadoras para que se cierren o abran más dependiendo de la temperatura imperante. Estos dispositivos deben verificarse por lo menos una vez al mes por calibración para asegurarse que se tiene control de las temperaturas y que se encuentran en los puntos fijados, el mantenimiento y control de los instrumentos de control de temperatura es difícil y por lo general se lleva a cabo subcontratando los servicios de una empresa especializada en el mantenimiento y reparación de estos instrumentos.

**l. Instrumentos de control de presión:** La presión interna en un horno de lingotes es por lo general de 0.05" H<sub>2</sub>O como máximo, esto sirve para evitar la entrada e infiltración de aire frío que ocasionaría un efecto muy grande en la eficiencia de consumo de combustible. Los hornos que recirculan el aire interno utilizan un sistema especial que proviene de diferentes fabricantes. Asimismo, los cojinetes de los sopladores de alta temperatura utilizados en los hornos de recirculación de gas caliente requieren una lubricación con grasa especial para alta temperatura, las poleas y las fajas deben inspeccionarse, si las fajas resbalan debido a una tensión inadecuada en las mismas. Por esta sencilla razón se reduce la eficiencia del horno. Los eslabones para el control de las válvulas de gas caliente deben ser verificados constantemente.

**m. Transportadores y ruedas de apoyo:** El área interior contigua a las ruedas de apoyo o las superficies por donde se deslizan los lingotes deberán limpiarse anualmente para quitar la suciedad y los residuos de metal. Las ruedas de soporte también deben chequearse, la frecuencia dependerá del diseño de las mismas y la vida en servicio prevista, pero se acostumbra por lo general efectuarlo cada 3 a 12 meses.

**n. Pernos de anclaje y de cimiento:** Todos los pernos deberán reapretarse anualmente ya que están sujetos a carga de gran impacto.

**o. Interruptores de limitación y proximidad:** Asegurarse de que el montaje este firme, deben evitarse cables flojos, brazos flojos, etcétera. Es importante notar que el ajuste de accionamiento debe ser preciso cualquier desviación deberá corregirse, los lentes de los interruptores fotoeléctricos requieren limpieza permanente con paño seco y los dispositivos reflectantes también lo requieren. No utilizar solventes o agentes de limpieza en los lentes o reflectores. De estar dañados deberán reemplazarse.

**p. Hornos de precalentamiento por inducción:** Con este tipo de hornos, uno o más lingotes se colocan dentro de una bobina, a través de la cual se hace pasar una corriente alterna de baja frecuencia. Este horno utiliza el mismo principio que un transformador eléctrico, con la bobina que actúa como el primario a alto voltaje y el lingote actúa como devanado secundario; el campo magnético generado por la primera bobina induce una corriente de bajo voltaje en el lingote ocasionando un calentamiento en el mismo, el mismo principio funciona para calentar cualquier metal que sea conductor. El gradiente de temperatura entre la superficie y el interior del lingote se llama efecto de piel y se necesita un tiempo para que la temperatura se estabilice en todo el lingote.

La termo-copla hace contacto con la parte frontal del lingote al calentarse, y el controlador de temperatura hace variar el voltaje de la bobina por medio de otro transformador para lograr la temperatura y ritmo de calentamiento deseado, el lingote calentado se descarga axialmente en lo que un lingote frío se alimenta a la bobina. Los hornos de inducción ofrecen un control más certero de la temperatura del lingote, además de la posibilidad de calentar el lingote por los extremos con gran precisión y consistencia. El horno de inducción es más eficiente que el de fuego directo, pero el costo energético de operación es mayor ya que la electricidad es más onerosa que el combustible. Otra ventaja es que los hornos de inducción requieren un espacio menor y pueden calentar menos lingotes simultáneamente, sin embargo no se puede alimentar un lingote largo. A continuación se enumeran las partes que integran el horno y sus requerimientos de mantenimiento.

1. *Bobinas de calentamiento:* Las bobinas de calentamiento se protegen del calor y la abrasión utilizando unas camisas específicamente diseñadas para este propósito, estas camisas requieren un mantenimiento periódico. Una capa

de papel aislante se coloca adyacente a la barra de cobre de la bobina para proveer de aislamiento térmico. Luego se coloca la camisa para proteger el aislamiento y guiar el lingote que se requiere calentar. Es necesario mantener camisas de repuesto disponibles, ya que éstas están sujetas a desgaste, corrosión y un trato rudo. El papel aislante también necesitará reemplazos debido a la contaminación proveniente del aceite, la suciedad y las virutas de aluminio provenientes de la sierra. Es conveniente reemplazar cada bobina con una de repuesto cada 1 a 6 meses, basándose en las condiciones de la planta y el historial de mantenimiento. Si se reacondiciona adecuadamente la bobina de repuesto se evitan las reparaciones costosas y las fallas. También se recomienda efectuar pruebas mensuales con las bobinas utilizando un medidor de resistencia eléctrica en mega ohmios ( $M\Omega$ ) para medir la resistencia del aislante eléctrico y llevar un registro de las lecturas tomadas para comparar. También es recomendable la remoción de la camisa de la bobina y el aislamiento e inspeccionar la bobina frecuentemente. Al mismo tiempo se puede observar si las camisas están dañadas y reemplazarse de ser necesario.

2. *Agua de enfriamiento:* Se requiere de una alimentación de agua de enfriamiento adecuada para remover el calor generado en exceso en las bobinas de calentamiento y en los transformadores. El suministro de agua debe cumplir por lo menos con los siguientes requerimientos.

- Deben cumplir con las especificaciones de suministro provistas por el fabricante, en cuanto a ser capaz de suministrar el caudal y presión mínimos necesarios, así como poder manejar la temperatura máxima.
- No debe ser afectada por las condiciones prevalecientes en el resto de la planta.
- El agua debe ser limpia, por lo que deberá estar filtrada.
- Debe ser suavizada para proveer una dureza menor a 170 partes por millónpm de CaCO<sub>3</sub> (Carbonato de Calcio).
- Debe poseer un interruptor de presión diferencial para apagar la corriente en caso de falta de agua.

Un sistema de recirculación con una torre de enfriamiento abierta es suficiente si se provee de tratamiento adecuado.

3. *Transformadores:* Los transformadores enfriados por agua son los más utilizados debido a las altas corrientes secundarias requeridas y también por las limitaciones de espacio y pequeño tamaño constructivo. Por lo tanto, el mantenimiento del suministro de agua tratado anteriormente es crítico. Los termostatos en los transformadores abren y cierran válvulas de solenoide para regular el flujo de agua requerida.

4. *Conmutador de tomas:* El mantenimiento requerido para éstos es mínimo: Lubricación ocasional (se aplican unas gotas de lubricante al interruptor del rotor central y una

pequeña cantidad de grasa numero 2 a la hoja para facilitar la operación y prevenir el corte. Limpieza de contactos: Si los contactos se oxidan deben ser limpiados con lija fina. Conexiones de terminales: Verificar si están apretadas.

5. *Alimentación de lingotes:* Verificar la suavidad de operación de los cilindros de alimentación. Ajustar la posición del brazo de carga de acuerdo a las instrucciones del fabricante para evitar daños en la bobina. Ajustar la presión de agua y el flujo como sea necesario. Limpiar el filtro y drenar el agua producto de la condensación.
6. *Sonda termopar:* Se utiliza el termopar abierto de resorte que se monta usualmente en la parte donde se detiene el lingote para ser calentado. Se utiliza para determinar y controlar la temperatura del lingote, los muelles de la sonda deben estar bien calibrados para mantener un contacto firme con el extremo del lingote. Se recomienda limpieza e inspección diaria.
7. *Sistema de control de temperatura:* Los controladores de temperatura se chequean por lo menos una vez al mes para calibración. El mantenimiento y control de los instrumentos de control de temperatura es difícil y por lo general se lleva a cabo subcontratando los servicios de una empresa especializada en el mantenimiento y reparación de estos instrumentos.

8. *Dispositivos de seguridad:* Igual que con el horno de precalentamiento a fuego directo, el aspecto de seguridad es muy importante, por tanto, se enumeran a continuación los dispositivos recomendados y las tareas que cada uno tiene:

- Temporizador: Un temporizador de emergencia debe estar considerado como dispositivo de seguridad ya que interrumpirá el paso de corriente eléctrica si el control de temperatura falla.
- Se requiere de un interruptor de presión de agua para apagar el sistema en caso de falta o pérdida de agua y para evitar el sobrecalentamiento.

9. *Pernos de anclaje y de cimiento:* Todos los pernos deberán reapretarse anualmente ya que están sujetos a carga de gran impacto.

**q. Sistema de cizalla de lingotes:** Esta máquina se encarga de cortar los lingotes a una dimensión correcta y de acuerdo a las condiciones de extrusión requeridas en lugar de depender de lingotes precortados alimentados al horno de precalentamiento en la secuencia correcta, el sistema de cizalla está diseñado para tener la fuerza necesaria para cizallar el lingote largo. Son necesarios los dados de corte que se diseñan para minimizar la distorsión ocasionada por esta operación, después de que se ha cizallado la longitud deseada el lingote remanente se retorna al horno de precalentamiento para ser recalentado y esperar el siguiente ciclo del proceso. En la mayoría de fábricas que poseen este tipo de cizalla se hace coincidir la última parte del lingote largo

precedente con una parte del lingote largo que le sigue, con esto se consigue que el lingote que se introduce en la prensa se encuentre en dos partes.

Las tareas de mantenimiento a ejecutar deben considerar que la operación de la cizalla sea suave y en la secuencia apropiada, por esta razón se requiere de observaciones diarias. El movimiento de los lingotes largos también debe ser suave y la alineación la correcta. Es necesario que todas las guardas y dispositivos de seguridad estén correctamente ubicados y funcionando, la velocidad lineal de los cilindros hidráulicos debe verificarse mensualmente. Las herramientas de corte también requieren atención diaria para ajuste en el huelgo entre las partes que cortan (una móvil y otra fija) y para prevenir que se le pegue metal a las superficies.

Es recomendable que las herramientas de corte se sometan a un baño cáustico cada seis meses, en cuanto a la lubricación aplican los mismos cuidados que para los hornos. La cizalla posee su propio sistema de propulsión óleo-hidráulico que también debe mantenerse de acuerdo a los lineamientos de los manuales del proveedor.

**r. Mecanismo de transferencia de lingotes del horno de precalentamiento (para lingotes precortados) a la prensa o de la cizalla de lingotes a la prensa de extrusión:** Existen una diversidad de mecanismos para transferir el lingote previamente calentado a la prensa de extrusión y estos mecanismos juegan un papel de suma importancia ya que de su funcionamiento depende el rendimiento de la prensa de extrusión, en muchos casos ocasionan tiempo muerto y requieren atención del operador de la prensa. Los lingotes no permanecen alineados, entonces el operador debe estar controlándolos todo el tiempo lo que imposibilita la operación automática de la prensa, a continuación

se describen algunos de los diseños de transferencia de lingotes, los elementos que deben ser mantenidos para cada uno:

*1. Cargador de lingote sobre cabeza:* Este tipo de alimentador levanta al lingote y lo transporta sobre la prensa y los tirantes y lo baja y carga dentro del alimentador de lingote cuando la prensa de extrusión esta en el ciclo muerto. Ofrece la ventaja de la suavidad en el manejo del lingote (importante para lingotes de dos piezas) y además la facilidad de acceso al área de piso que se encuentra entre el horno (ó cizalla) y la prensa de extrusión. Si se combina con un cabezal movable se puede lograr la reducción de los tiempos muertos de la planta. Dentro de los componentes sujetos de mantenimiento están: cilindros óleo-hidráulicos, y motor, transmisión de cadenas, cojinetes lineales, rodos de guía, interruptores de proximidad y lubricación.

*2. Cargador de lingote tipo canasta:* Este dispositivo consiste en una canasta para transportar los lingotes, se desplaza sobre unos rieles desde donde fueron precalentados los lingotes hacía la prensa. Este dispositivo es sencillo, fiable y se adapta fácilmente a cualquier tipo de prensa. Dentro de los componentes sujetos de mantenimiento están: Cadena de transmisión, piñón y rueda dentada, transmisión hidráulica, sellos hidráulicos, mecanismo de levas para guía, interruptores de límite, lubricación y limpieza de la pista (o rieles).

3. *Brazos pivote*: Se usan comúnmente en combinación con otros dispositivos, un brazo pivote o una serie de brazos actúan por medio de cilindros neumáticos que abraza al lingote libremente dentro de una jaula mientras lo mueve horizontalmente y hacia abajo hacia el siguiente dispositivo. Los brazos pivote son rígidos en su construcción pero no son tan fiables para acarrear lingotes de 2 piezas. Dentro de los componentes sujetos de mantenimiento están: Cilindros de aire, casquillos donde pivota (lubricación, desgaste) e interruptores de límite.

4. *Elevador de cilindro o cadena*: Las cadenas (o cilindros) impulsan una canasta desde el horno hasta un transportador lateral, estos dispositivos son relativamente sencillos y resistentes. Dentro de los componentes sujetos de mantenimiento están: Cilindros de aire, cadenas, ruedas dentadas y piñón, interruptores de limitación de movimiento.

5. *Mesas por gravedad (o de lingotes rodantes)*: Se usan en conjunto con los elementos indicados anteriormente, sin embargo, los lingotes precalentados tienden a no rodar de una forma predecible. No se pueden manejar lingotes de 2 piezas, en vista de que no posee partes móviles, lo único necesario es la limpieza ocasional.

**s. Rutinas de mantenimiento para todos los tipos de transportadores de lingotes a la prensa:**

- Chequear semanalmente todas las guardas y dispositivos de seguridad ya que en muchos casos se dejan abiertos para facilitar el acceso.
- Lubricar los cojinetes semanalmente con grasa de alta temperatura.
- Verificar las condiciones de todas las cadenas (donde se encuentren instaladas), lubricar y alinear como sea necesario.
- Verificar la tensión y condiciones generales de las fajas.
- Chequear y apretar los brazos pivote, chequear el desgaste en los cojinetes, verificar las condiciones de los cilindros de aire.
- Verificar si están apretadas las conexiones, los brazos y el montaje en general. de los interruptores de limite

**r. Lubricación de lingotes:** En la mayoría de plantas la lubricación es manual, la aplicación de lubricante se lleva a cabo pintando las caras del lingote con dispersiones de grafito mezclado con agua o keroseno, el incremento en el uso de los bloques fijos combinado con los lingotes cizallados ha forzado al desarrollo de alternativas de aplicación de lubricante a los lingotes, las cuales pueden ser por atomización automática ó la aplicación de una llama de carbón. En el caso de atomización automática del bloque fijo, un brazo automático desciende por la acción de un cilindro neumático y alinea la boquilla de aplicación con el bloque fijo durante el tiempo muerto de la prensa, luego una boquilla rotativa dispersa lubricante a la cara y las aristas del bloque. Aplicación

de una llama de carbón a la cara del lingote: El movimiento del lingote se interrumpe en algún punto del trayecto cuando esta siendo transferido a la prensa de extrusión.

## **8.2 Manejo de perfiles**

El lingote entra en la prensa de extrusión precalentado del horno y luego se somete al proceso de extrusión, el producto que se obtiene es un perfil o varios perfiles que salen de la prensa y es necesario manipularlos, el material sale de la prensa a una temperatura elevada (casi la misma con la que ingresó el lingote) y las operaciones posteriores tales como enfriamiento, control dimensional, estiramiento y corte final se trabajan con las máquinas correspondientes. La evolución tecnológica a lo largo de los años ha cambiado significativamente la cara de la industria de extrusión, se ha incrementado la productividad y la calidad del producto final y se han minimizado las tareas que requerían de grandes esfuerzos físicos.

Desafortunadamente por esta diversidad no existen muchas líneas de extrusión que tengan los mismos requerimientos de operación y mantenimiento. Aún así, una planta puede tener varias líneas y cada una ser diferente de la otra. Ante esta situación, el equipo se describe de acuerdo a como lógicamente funciona. Se han incorporado comentarios acerca del mantenimiento de muchos de los diferentes diseños de equipo en uso actualmente.

**a. Mesas de salida para recibir perfiles calientes de la prensa:** Existen varios tipos de mesas de salida, las que se usan para conectar la descarga de la prensa, ya sea con un baño de enfriamiento rápido (templado) o al sistema de manejo de perfiles. Esta mesa se construye usando perfiles soldados, con la

superficie superior recubierta con planchas planas de grafito, puede alojar un marco o sistema de ranuras recubiertas de grafito donde pasarán los perfiles calientes (para que no se junten si es que hay más de un perfil saliendo al mismo tiempo). El mantenimiento que requiere la mesa de salida es mínimo y se circunscribe a reemplazar las barras o planchas de grafito. Es aconsejable observar diariamente la existencia de planchas rotas o puntas afiladas que pudieran dañar la superficie de los perfiles.

**b. Sistemas de templado súbito en agua (inmersión de perfiles en baño de agua):** En los perfiles de ciertas aleaciones de aluminio se requiere un enfriamiento rápido para obtener las propiedades metalúrgicas deseadas. La aleación AA6061 requiere de enfriamiento muy rápido, el cual es virtualmente imposible de obtener si no se realiza con la inmersión de los perfiles en un baño de agua. Otro objetivo crítico es el de enfriar lo suficientemente rápido sin causar distorsiones en los perfiles. Este paso debe estar coordinado con el resto del equipo de manejo de perfiles (especialmente con el sistema de jalado de perfiles si es que está instalado, se utilizan dos tipos de enfriamiento de agua hoy día:

1. **Sistema de ola estática:** Este es el sistema más antiguo y común, un gran volumen de agua se bombea a través de un vertedero angosto para producir una ola la cual es atravesada por el perfil. El agua rebalsa al tanque que está ubicado en la parte inferior, y ésta se recircula y enfría hasta que cumpla con los requerimientos del proceso. Cuando no se requiere de agua de enfriamiento se interrumpe el flujo de agua y la pared pegada al vertedero es bajado para acceder más fácilmente los perfiles.

2. **Túnel de atomización:** En las empresas de extrusión se prefieren atomizadores en vez de vertederos ya que los perfiles que son más pesados por lo general forman una capa superficial de vapor aislante lo que reduce la transferencia de calor a pesar de estar sumergido en agua. Se deben seleccionar las boquillas que atomizarán el agua así como el caudal de agua que pasará por éstas para proveer de suficiente cantidad y velocidad de agua para romper constantemente la barrera de vapor y maximizar la remoción de calor, algunos sistemas combinan el agua y aire comprimido para incrementar la atomización. Por último, también se puede actuar selectivamente abriendo y cerrando el paso de agua y la atomización para minimizar la distorsión de los perfiles debido al sobre enfriamiento, estos túneles se diseñan para que los perfiles puedan ingresar con facilidad, las puertas se abaten ó se levantan verticalmente.
  
3. **Combinación del sistema de ola estática y túnel de atomización:** Algunos diseños aún más modernos se conciben para que tengan las características de ambos sistemas para proveer lo último en flexibilidad operativa.
  
4. **Mantenimiento de rutina de los sistemas de templado en agua:** Para los atomizadores de agua se requiere chequear que el patrón de atomización abarque lo diseñado, asimismo se deberá verificar que las boquillas no tengan obstrucciones para mantener la eficiencia de enfriamiento.

- *Equipo de circulación de agua:* Las bombas de agua deben ser lubricadas mensualmente, así como confirmar la ausencia de fugas y un volumen de flujo apropiado. Las torres de enfriamiento deben ser revisadas anualmente y limpiarse de acuerdo a sus requerimientos.
- *Tratamiento de aguas:* En muchas plantas se ha determinado la necesidad de instalar equipos de desmineralización y suavización de agua debido a dos factores, el gran ritmo de evaporación y la adherencia de una película blanca a los perfiles.
- *Sistema de accionamiento de la abertura del túnel:* El dispositivo para abrir el túnel de agua puede ser un cilindro hidráulico o neumático y en algunos casos un polipastoaparato de izar.

**c. Sistemas de templado por aire:** Casi el 100% de las líneas de extrusión usan aire forzado para el enfriamiento de los perfiles, algunas líneas combinan éste tipo de enfriamiento con el de agua. Aparte de la operación de templado para cumplir con propiedades mecánicas y requerimientos metalúrgicos, el aire forzado reduce la temperatura de los perfiles a fin de que se puedan manipular con seguridad y evitar daños. Los diseños encontrados en los sistemas de templado por aire son los siguientes:

1. **Ventiladores independientes:** Estos están disponibles en una gran variedad de tamaños, y los utilizados en una planta de extrusión puede encontrarse fácilmente. Los más comunes son aquellos colocados directamente sobre la mesa de salida. Se utilizan ventiladores de flujo axial con canalización que entra y

sale, o bien, ventiladores de hélice (tubo axiales) protegidos dentro de jaulas de malla de acero. Otra ubicación donde se les encuentra es montados en la parte inferior, y sostenidos del bastidor del transportador y debajo de la mesa de enfriamiento. Su operación e instalación es simple, y es aceptable donde el enfriamiento por aire es suficiente, donde existe un espacio adecuado para el mismo, y donde existe suficiente control de enfriamiento para cumplir con los requerimientos del proceso. Requieren de mantenimiento mínimo, como lubricación de los cojinetes mensualmente (o de acuerdo a las instrucciones del fabricante), observar las vibraciones que pueden ser ocasionadas por un desbalance provocado por la incrustación de material extraño en las aspas.

**2. Ventiladores remotos con distribuidores de aire:**

Cuando se requiere la instalación de otro equipo donde antes existían los ventiladores (por ejemplo jaladores automáticos y sierras) se buscan alternativas para lograr el enfriamiento de los perfiles. Por este motivo se utilizan ventiladores remotos y distribuidores. Una ventaja del ventilador remoto es la facilidad con la que se verifica y controla el flujo de aire de enfriamiento, es importante que el enfriamiento se lleve a cabo a un ritmo muy lento y de acuerdo a los requerimientos metalúrgicos para minimizar la distorsión debido al enfriamiento no parejo en diferentes partes de la

sección transversal del perfil. El mantenimiento de rutina incluye la lubricación de los cojinetes y la verificación de limpieza de los filtros de entrada. Igualmente importante es la inspección anual de las aspas.

**d. Transportadores de salida:** Se han utilizado en las prensas de extrusión para guiar los perfiles lejos de la prensa luego de haber sido extruídos, sin embargo el incremento en el uso de los sistemas automatizados para jalar perfiles y las mejoras en la fiabilidad de éstos han provocado que la función como guía quede relegada a un segundo plano. Hay muchas prensas en la actualidad equipadas con transportadoras con rodos o bien, con mesas planas.

A pesar de la reducción en su uso, este tipo de transportadores son bastante fiables y un componente ampliamente comprobado de muchos sistemas de manejo de perfiles extruidos, este transportador consiste de 2 cadenas paralelas que están interconectadas mediante barras que se cruzan para permitir el soporte de los perfiles y utilizan motores de velocidad variable para aproximarse a la velocidad de extrusión. Por lo general, la velocidad de rotación de los transportadores es ligeramente mayor a la velocidad de extrusión del perfil a fin de que varíe el punto de contacto entre los apoyos y los perfiles (un contacto prolongado puede ocasionar marcas frías). La erosión en las láminas de grafito evidencian que la diferencia de temperaturas entre los perfiles y el transportador es muy grande o también que a la salida de la prensa de extrusión, los perfiles tienden a fluir hacia la parte inferior siguiendo la gravedad; cuando la diferencia de velocidades es excesiva se deberá poner atención a procedimientos de operación y en cuanto al modo de fluir del perfil, se requiere de la corrección de las matrices de extrusión. Los puntos que deben tomarse en cuenta para el mantenimiento de este tipo de transportadores son

los siguientes: Diariamente verificar la existencia de planchas rotas, las planchas deben deslizarse suavemente en la parte inferior y detenerse adecuadamente.

**e. Transportadores de rodillos:** Algunas plantas modernas utilizan este tipo de transportadores en lugar de los de planchas, el movimiento de los rodillos puede ser libre al paso de los perfiles, o bien motorizado. Si están motorizados la velocidad es variable y dentro del equipamiento puede incluir embragues para evitar que las ruedas sigan girando cuando el perfil ha dejado de moverse la velocidad deberá variarse automáticamente para equilibrarse con la velocidad de extrusión en un momento dado, los materiales que se han utilizado en las superficies de estos rodillos dependen del material que se este procesando y pueden ser: grafito, felpa, acero corriente y acero inoxidable. Para la selección del material se toma en consideración el balance que debe existir entre la vida del rodillo y la protección del perfil extruido.

**f. Sierras y cizallas de corte para el corte del perfil caliente:** Para incrementar la productividad y reducir la mano de obra innecesaria, la mayoría de compañías dedicadas a la extrusión utilizan matrices que hacen posible la fabricación de tiras continuas de perfiles. Al final de cada corrida, las tiras se cortan manualmente con llama de corte oxiacetileno o una sierra de arco manual. Las maquinas automáticas para el corte de perfiles cortan o cizallan el perfil en caliente y se distinguen por la forma de corte y la ubicación donde se lleva a cabo el corte.

- *Corte o cizalla:* Los diseños de corte en caliente son más simples en términos mecánicos, pero pueden ocasionar problemas ya que deforman los extremos de los perfiles. Las sierras en caliente producen un corte más limpio y son capaces de hacerlo con perfiles más grandes que no se

pueden cizallar. Sin embargo son más complejas y crean una mayor cantidad de viruta.

- *Ubicación del corte:* El objetivo es minimizar el desperdicio de perfiles y el corte efectuarlo durante el ciclo muerto de la prensa.

**g. Jaladores de perfiles:** Vienen en variedad de tamaños, formas y tipos, tanta variedad que es prácticamente imposible cubrir todos los tipos en un texto acerca del mantenimiento de prensas de extrusión. Afortunadamente, la mayoría de jaladores son de reciente introducción y los fabricantes originales aún están disponibles para repuestos, servicio y consejos de servicio. Los jaladores deben ser capaces de cumplir con cuatro funciones importantes:

- Tomar y guiar los perfiles en toda la mesa de salida para cada ciclo de extrusión sin la intervención de operario alguno.
- Servir para avisar al operario de la prensa que debe detenerse cuando el largo óptimo se ha alcanzado.
- Proveer justamente la fuerza suficiente de jalado para que los dados que poseen salidas múltiples salgan al mismo largo.
- Preparar y ubicar con exactitud los perfiles para la siguiente operación de manejo.

Para lograr su cometido el jalador debe ser: fiable, tanto o más que la propia prensa de extrusión. Rápido y capaz de cumplir con sus tareas y retornar dentro del ciclo muerto de la prensa, y movimientos suaves para operar sin dañar la calidad superficial de los perfiles.

**h. Sistema de transferencia de perfiles:** Los sistemas para el traslado de los perfiles de la mesa de salida inicial a la mesa de enfriamiento han evolucionado y han pasado de ser dispositivos puramente mecánicos hasta llegar a un refinamiento en el cual, éstos son transportados con movimientos muy suaves. Entre los sistemas de transferencia podemos encontrar el de rastrillo (usado en equipo más antiguo) en el cual se transfieren los perfiles empujándolos con cilindros neumáticos. Otra modalidad para son los brazos de transferencia, que por lo regular utilizan mecanismos eslabonados y toman el perfil o grupo de perfiles, cuando estos aún están sobre el transportador, luego lo elevan y limpian la mesa. Se utilizan varios diseños para soportar y propulsar los brazos, los más sofisticados transfieren el perfil sin movimiento basculante para evitar los daños en la superficie del perfil por el rozamiento al deslizarse o rodar. Otro sistema utilizado son los que utilizan bandas o rodillos transportadores, su posición permanente es entre los rodillos. Durante el tiempo muerto, la mesa de salida se baja y el sistema de transferencia se eleva para colocar los perfiles en la banda o cadenas para la transferencia lateral a la mesa de enfriamiento.

**i. Mesas de enfriamiento:** La función de estas mesas es la de proveer del espacio necesario para enfriar y acumular los perfiles entre las operaciones de extrusión y estirado, también se les utiliza para formar lotes de estiramiento y para quitar las deformaciones que se dan en el material debido al enfriamiento. Algunas operan siguiendo un movimiento de 4 pasos:

- arriba
- a través
- abajo y
- retorno.

El grupo de perfiles se mueven en pequeños pasos, el espaciamiento entre cada uno de los cuerpos de la mesa de enfriamiento depende del peso y la rigidez de los perfiles a ser movilizados, por tanto, deben ser espaciados tan junto como sea posible para minimizar la deflexión de los perfiles. La propulsión de estas mesas proviene de un eje que tiene la longitud de la mesa que a su vez es propulsado por un motor eléctrico y una caja de embragues o bien por un cilindro hidráulico. Los ejes y los acoplamientos deben diseñarse con suficiente rigidez para evitar deflexiones debido a torsión, si los ejes se contorsionan demasiado, el sistema de transferencia no se moverá al unísono de un extremo a otro de la mesa.

**j. Mesa de estirado de perfiles:** estas mesas se utilizan para estirar los perfiles y enderezarlos longitudinalmente (ponerlos rectos), con esta operación se eliminan las torceduras y deformaciones que ocurren durante la extrusión, también se liberan esfuerzos residuales. A la mesa de enfriamiento se le dimensiona con tal de suplir la fuerza de estiramiento necesario para estirar el perfil de mayor dimensión basado en el área seccional del mismo, también se toma en consideración el esfuerzo de cedencia de la aleación de que se trate, la cantidad de estirado puede controlarse de varias formas:

- A ojo (juzgado por el operario),
- por la fuerza aplicada o
- por la longitud a estirar (Deformación permanente máxima, usualmente 2-4% para la aleación 6063).

La máquina de estirar tiene 2 partes: la que efectúa el estiramiento propiamente dicho (que puede ser propulsada por un cilindro hidráulico en un extremo y por otra mordaza fija en el otro extremo) y las mordazas que se encargan de mantener sujetado al perfil (estas se propulsan por un sistema neumático).

**k. Sierras finales de corte:** La función de este equipo es para cortar los grupos de perfiles a la longitud de corte especificada y depende de la capacidad de control de la calidad de corte final en la empresa, también se verifica el ángulo de corte con respecto a la dirección del perfil, el cual debe ser un ángulo recto, las sierras finales efectúa la secuencia de corte saliendo desde un punto por debajo del perfil, se eleva, corta transversalmente y luego vuelve a su lugar original. Es muy importante notar también que la hoja de la sierra debe mantenerse a fin de mejorar los costos de operación y la efectividad del corte. El número de dientes de una hoja de sierra es función de la sección transversal del perfil que se requiera cortar, para perfiles con paredes delgadas (de 1/32" a 1/16" ó 0.8 a 1.6 mm) se requiere que la hoja de la sierra no provoque distorsiones ni abolladuras al material.

### **8.3 Añejamiento artificial de perfiles**

Más del 86% de los perfiles producidos por extrusión de aleaciones de aluminio provienen de la familia de aleaciones 6000 (de acuerdo a su designación por parte de la asociación norteamericana de aluminio AA). Estas aleaciones son tratables térmicamente, lo que quiere decir que es posible retener en una solución sólida el silicato de magnesio por medio de un mecanismo de enfriamiento súbito en la prensa de extrusión y luego hacer que el silicato de magnesio se precipite controladamente en un horno de añejamiento artificial a una temperatura elevada. Este mecanismo se le conoce como endurecido por añejamiento y es un paso indispensable para lograr las propiedades mecánicas deseadas.

El horno de añejamiento se construye para que los perfiles que han sido sometidos a extrusión, corte inicial, estiramiento y corte final sean endurecidos superficialmente, esto se logra forzando un flujo de aire caliente (una temperatura menor a la de re-cristalización). El proceso requiere que los perfiles se mantengan a una temperatura precisa durante un tiempo específico, de acuerdo a una curva estandarizada tiempo-temperatura que es conocida para cada aleación de aluminio, y el temple que se desee obtener. En lugar de medir y controlar las temperaturas de los perfiles, bajo condiciones apropiadas, se puede controlar únicamente la temperatura del aire si la ubicación del medidor se escoge correctamente y se necesita conocer la relación entre la temperatura del aire y los perfiles y el grado de variación de temperaturas existente en distintas ubicaciones dentro del horno. Si la temperatura del perfil no es uniforme dentro del horno, la calidad del mismo va a ser impredecible, algunas partes se encontrarán sobre añejadas y otras poco añejadas o talvez se den las dos condiciones en una misma carga de perfiles, para asegurarse una temperatura constante en varios lugares dentro del horno y la fiabilidad del proceso se hace necesaria la evaluación permanente.

Los métodos para llevar a cabo estas evaluaciones varían dependiendo de la aleación que se trate, por ejemplo, en plantas de extrusión donde se produzcan perfiles de aleaciones duras de alto rendimiento para aplicaciones militares requieren que los hornos se evalúen cada semana para certificar el tratamiento térmico utilizado. Sin embargo, otros nunca efectúan evaluaciones y no saben si el proceso se esta llevando a cabo o no. El cambio que se da en el perfil después de ser añejado se puede medir mediante la dureza superficial (Webster). Se hace énfasis, en que éste no es un indicador adecuado para medir la operación del horno de añejamiento. Se recomiendan pruebas de temperatura trimestralmente para monitorear el rendimiento y calidad del proceso. Para las pruebas de temperatura en hornos de añejamiento se

requiere de un dispositivo que pueda registrar la temperatura en varios puntos, con capacidad de 24 ó más puntos de registro. Para esto se utiliza un registrador de temperatura. Se debe elaborar un mapa del horno, donde se seleccionaran y numeraran las ubicaciones a ser medidas. El objetivo es encontrar y medir las partes más calientes ó frías del perfil en varios puntos del horno.

Las temperaturas más bajas se dan por lo general corriente abajo (cuando el aire caliente ya ha pasado a través de la carga, y esta se encuentra alejada de la fuente de calor) o bien aquellos puntos que estén separados del flujo de aire. Los puntos de más alta temperatura se encuentran corriente arriba y directamente expuestos al flujo de aire. Para medir estas temperaturas se colocan termopares utilizando cinta adhesiva resistente a alta temperatura.

Si el aire pasa a través de la carga de perfiles sin resistencia aparente, la transferencia de calor será reducida y el tiempo de horneado será más prolongado y como resultado la eficiencia del uso de energía (combustible o electricidad) se reducirá. Por lo tanto, el objetivo principal de alimentar el horno es el de minimizar el paso de aire caliente a través de los perfiles. El espacio excesivo en los lados, arriba o debajo de la carga deben ser reducidos hasta un mínimo requerido de holgura que permita alimentar y descargar el horno. Se pueden utilizar deflectores contruidos de lámina de acero para apoyar este propósito, cuando no se ha completado una carga completa de perfiles en el horno o bien no pueden completarse la carga se utilizan planchas deflectoras de acero que fuerzan el flujo de aire caliente solamente a la carga existente para que pase a través de ésta.

Los perfiles más pesados deben ubicarse cercanos a la fuente de aire caliente para que entren en contacto con el aire más caliente ya que éstos requieren más tiempo para calentarse y por lo tanto, de esta forma se equilibrará la carga completa.

**a. Configuraciones básicas de hornos de añejamiento:** Los hornos están contruidos en varios diseños, de acuerdo a los requerimientos de rendimiento y las preferencias, sin embargo la mayoría de hornos siguen el siguiente diseño básico: Para hornos de varias zonas de calentamiento, cada horno posee los mismos elementos:

- **Cámara de trabajo:** Esta es la sección del horno donde se cargan los perfiles para ser horneados. El medio utilizado para la carga y descarga del horno se incluye (carreta de trabajo, banda transportadora, rieles ubicados en el piso, etc.). En ocasiones el piso del horno está aislado térmicamente.
- **Tubería de distribución de aire:** Se utiliza para distribuir uniformemente el aire caliente desde un extremo a otro de la carga de perfiles. Luego se encarga de conducir el flujo de aire hasta el ventilador de circulación y la cámara de combustión.
- **Ventilador para circulación de aire:** Se utiliza un ventilador para altas temperaturas el cual recircula el aire caliente y lo mezcla con los productos de combustión. Se elige uno para que pueda producir una alta velocidad de aire caliente para incrementar la convección de aire caliente sobre la carga y por tanto la transferencia de calor.

- **Cámara de combustión:** Contiene el sistema de combustión y el ventilador de aire. Ambos elementos se encuentran separados por un deflector que dirige los productos de combustión hacia la succión del ventilador de recirculación. El ventilador está instalado a continuación del quemador para asegurar una mezcla completa de aire y productos de combustión.
- **Sistema de quemadores y control:** Se utiliza un sistema de quemadores tipo paquete integral (incluye quemadores, ventilador, válvula de mariposa, filtro, luz piloto, bujía de ignición, conductos de combustible) montado en platina y sobre la pared de la cámara de combustión. Si se utilizan resistencias eléctricas para el calentamiento, éstas se ubican dentro del canal conductor de aire caliente.

**b. Diseños alternativos de hornos de añejamiento de perfiles:** La mayoría de hornos en uso hoy son del tipo de fuego directo, esto significa, que los productos de combustión son mezclados con el aire caliente que circula, cuando se trata de perfiles cuyas aplicaciones o requerimientos metalúrgicos o de acabado final prohíben el contacto directo entre perfiles y productos de combustión (principalmente agua) los quemadores aportarán el fuego directo a unos tubos radiantes y luego escapan hacia el exterior. El aire de circulación pasa por el exterior del tubo y se calienta por radiación y convección de calor, a esta modalidad se le llama fuego indirecto. El producto de escape sale a una mayor temperatura, la eficiencia energética es menor y se requiere de una mayor capacidad de aporte de calor para el horno, los hornos que operan por fuego indirecto deben cambiarse a hornos de fuego directo.

**c. Flujo cruzado versus flujo paralelo:** La mayoría de hornos son de flujo paralelo con el aire caliente pasando longitudinalmente sobre los perfiles. En teoría, los hornos de flujo cruzado ofrecen uniformidad de temperatura pero poseen una menor eficiencia energética. Sin embargo, que tan uniformemente se estén calentando los perfiles en los hornos de flujo cruzado depende de la naturaleza de la carga y como está estibado el material en el horno. La transferencia de calor es predominantemente por convección, por tanto, un objetivo primordial es que se tenga el mayor contacto entre las superficies del perfil y el aire en circulación. Si los perfiles están apilados de tal forma que el flujo de aire se interrumpe y sólo los extremos de los perfiles entran en contacto con el flujo de aire caliente, entonces la transferencia de calor será mínima para todos los perfiles con excepción de aquellos perfiles que se encuentren en esos extremos. Con este tipo de hornos, los perfiles también se apilan para permitir un buen flujo de aire a través de la carga.

**d. Longitud de horno, eficiencia versus uniformidad:** En teoría, la eficiencia térmica se incrementa de acuerdo a la longitud de la carga y a lo largo de la trayectoria del flujo de aire caliente. Desafortunadamente, la uniformidad de temperatura también disminuye a medida que se incrementa la longitud de la carga. Por lo tanto, cada diseño de horno debe tomar en cuenta estos factores.

**e. Zona de calentamiento, múltiple versus sencilla:** Para lograr la uniformidad de temperatura, se pueden construir hornos con dos o más zonas de circulación y control, también se pueden convertir hornos de una zona (sencillos), cada zona de calentamiento posee su propio sistema de combustión, circulación de aire y de control de temperatura.

**f. Sistemas de combustión:** Los hornos de añejamiento artificial requieren de temperaturas no tan elevadas para operar, y esto puede lograrse mediante la combustión de hidrocarburos y aire (gas licuado de petróleo o gas natural). El sistema de combustión más común es el de tipo paquete o de quemador integral que incluye el quemador, el ventilador, la llave de mariposa de control de aire, el filtro de aire, el piloto la bujía de ignición y otros elementos en una sola unidad. La unidad tipo paquete puede estar montada directamente en la línea de trayectoria de recirculación de aire. El quemador puede ser del tipo mezcla en boquilla, o premezcla; el control de la relación aire-combustible utilizado con cada uno de los sistemas se describen a continuación, así también los procedimientos y recomendaciones de mantenimiento:

1. **Línea principal de gas:** Sirve para alimentar el sistema de quemadores para cada zona de calentamiento del horno y está equipada con interruptores de emergencia de acuerdo a las recomendaciones de NFPA, los dispositivos de emergencia se enumeran a continuación:

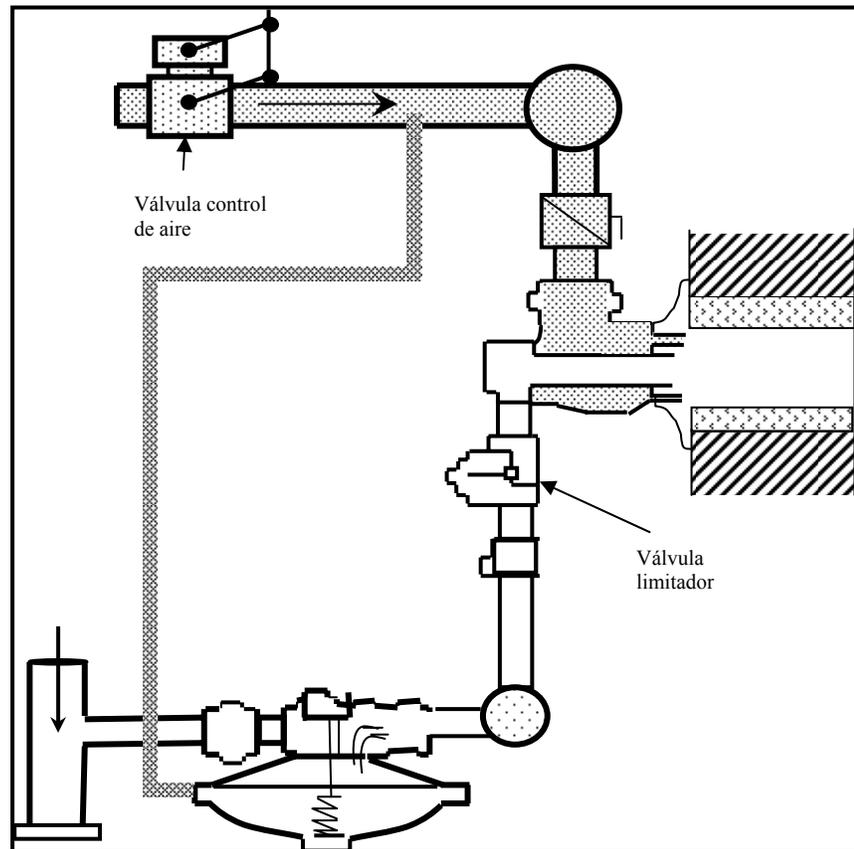
- Válvula principal de apagado
- Regulador de presión de gas principal
- Interruptor de seguridad de gas a alta presión
- Interruptor de seguridad de gas a baja presión
- Válvula de seguridad principal
- Válvula de escape de seguridad
- Válvula secundaria de bloqueo (auto inicio)
- Purgas de análisis y manómetros de presión

En todo caso, los dispositivos de seguridad deben ser mantenidos para prestar un buen servicio bajo condiciones normales de trabajo, ningún dispositivo deberá obviarse y en caso de fallas deberán reemplazarse.

2. **Ajuste y regulación del sistema de combustión:** Los valores predeterminados de combustión de cada zona antes o después de los ajustes deben ser registrados en una bitácora permanente, la secuencia de ajustes para cada tipo de quemador son los siguientes:

- *Quemadores con mezcla en la boquilla:* El aire de combustión y gas combustible ingresan a este tipo de quemadores a través de diferentes puertos de admisión, ya encontrándose en una relación adecuada aire-combustible justo antes de la combustión. El gas combustible alimenta a cada uno de los quemadores a través de un regulador cruzado, permite el flujo de gases en proporción a los cambios en el flujo de aire de combustión según la siguiente figura.

**Figura No. 29 Ajuste y regulación de combustión**



Fuente: Asociación Norteamericana del aluminio, página 25

Como puede notarse en esta figura, hay una línea de señal que va desde la línea de alimentación de aire de combustión hasta el diafragma (recámara) del regulador. A medida que varía el flujo de aire de combustión por la llave de mariposa motorizada (damper) debido a la señal que recibe del controlador de temperatura, la variación en la presión de aire provoca que la válvula de mariposa abra o cierre la válvula de regulación de gas, manteniendo de esta forma el flujo de gas más o menos en una relación proporcional con el flujo de aire. En vista de que el ajuste de la relación de aire combustible es un tanto

imprecisa para el rango de flujo de aire, se debe ajustar primero bajo fuego, el ajuste más exacto de la relación en el alto fuego se lleva a cabo mediante una válvula limitadora de presión (de orificios) colocada en la línea de gas después del regulador.

- *Ajuste de quemadores de mezcla en la boquilla:* se detallan a continuación procedimientos recomendados por el fabricante:

1. Calibrar la cámara de combustión de aire
2. Calibrar el abastecimiento de la presión del combustible
3. Sistema de arranque
4. Calibrar la llama principal
5. Luz principal de la cámara
6. calibrar el alto fuego
7. calibrar el bajo fuego



## 9. RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Historial de mantenimiento Las rutinas de mantenimiento preventivo recomendadas para la prensa de extrusión se resumen en las tablas que se dan en este capítulo. Es importante mencionar que todas las tareas y frecuencias de mantenimiento son recomendaciones generales que no son adecuadas a todas las plantas. Las rutinas de mantenimiento preventivo para una planta en particular deben ajustarse tomando en cuenta ciertos factores tales como:

- de planta
- diseño de equipo y opciones instaladas
- recomendaciones del fabricante de equipo
- edad y condiciones del equipo
- costo relativo y de paros de emergencia

Las tablas de mantenimiento que se presentan están agrupadas de la siguiente manera.

- A. Mantenimiento Preventivo de acuerdo a tareas.
- B. Mantenimiento Preventivo de acuerdo a la frecuencia.

## **9.1 Mantenimiento preventivo de acuerdo a tareas**

A continuación se detalla el mantenimiento preventivo de acuerdo a tareas que el personal encargado de dicho mantenimiento tiene que realizar, deben de tener destrezas especiales para llevarlo a cabo. Es importante hacer notar que estas destrezas se lograrán mediante la capacitación continua, con ello se cooperara para lograr la prolongación de la vida útil del equipo que interviene en el proceso de extrusión.

Estas tareas se describen mediante unas tablas donde se dan paso a paso la información necesaria para poder llevar a cabo el mantenimiento.

**Tabla VIII. Mantenimiento preventivo de acuerdo a tareas**

**Mantenimiento preventivo por tareas  
de acuerdo a las áreas**

**Tareas a realizar:**

*Deslizaderas guía:* Revisar formación de latón, golpes u otros daños en la superficie exterior, ya que esta situación puede indicar que se da un contacto parcial en las conexiones de las deslizaderas.

*Guías Limpiadoras de las Deslizaderas:* Verificar si logra limpiar las guías efectivamente.

*Cilindros (cruceta, pistón principal, conductor):* Revisar si hay incremento en las fugas de aceite en las conexiones hidráulicas del cilindro. Revisar golpes u otros daños al vástago del cilindro principal, o si hay calentamiento excesivo, pues esto puede indicar algún daño en los empaques o en los sellos del cilindro.

*Tuercas de los tirantes:* Espacio libre entre las tuercas y la plancha. Verificar la posición de las tuercas según las marcas que se hicieron al pre-tensionar los tirantes. De haber cambiado, indicará que una tuerca ha rotado o que la pre-tensión ha disminuido.

*Brazo para alimentar lingotes:* Revisar que el brazo este centrado con el contenedor.

*Cizalla del desperdicio del lingote:* Limpiar cualquier material extraño entre el contenedor y el dado.

*Revisar el nivel del tanque de lubricación y remover el agua.*

*Engrasar todas las partes del equipo que lo requieran.*

*Nivel de aceite:* Ver que el nivel del aceite del pistón principal esté en la misma posición cada vez que se verifique, ya que éste varía considerablemente.

*Condición del aceite:* Revisar si hay burbujas de aire o espuma, ya que pueden causar cavitación.

*Color del aceite:* Ver si el aceite está oscuro o turbio.

*Temperatura del aceite:* Observar cambios en la temperatura en operación; el máximo normal es 140 ° F (60 °C).

*Fuga de aceite:* Llevar a cabo una inspección visual o prueba de presiones.

*Operación irregular:* Observar si se dan movimientos que son inusuales; fallas, vibraciones, rechinidos, etc.

## Continuación

*Filtros de aceite:* Revisar el Indicador de filtración o manómetro de presión.

*Bombas de aceite:* Verificar si existe vibración, porque ésta es indicativo de una amenaza de falla de la bomba.

*Tubería de control:* Revisar si existe un exceso de calor (en línea de seguridad), ya que el calentamiento excesivo puede indicar aceite del sistema en el piloto.

*Abrazaderas o soportes de la tubería:* Monitorear si hay soportes flojos o rotos.

*Válvula de seguridad:* Ver si existe un exceso de calor (en línea de alivio).

*Presiones en todo el sistema:* Verificar si se han dado cambios con respecto de la presión normal, ya que esto representa una falla latente de algún componente del sistema.

*Interruptores que limitan el movimiento:* Verificar la condición de los mismos.

*Conexiones eléctricas:* Ver si algún conducto está dañado o roto.

*Temperatura de la sonda, limpiar las puntas, revisar conexiones:* Verificar su correcto funcionamiento.

*Llama piloto y los detectores de flama. (Rayos Ultravioleta):* Los pilotos deben operar correctamente, los detectores deben estar limpios y funcionar correctamente.

*Operación de cizalla (corte) de los lingotes:* Revisar la correcta secuencia de funcionamiento, la suavidad y alineación del recorrido del lingote.

*Herramientas de corte de los lingotes (cuchillas):* Ver si se dan holguras o formación de metal.

*Revisar la unidad de filtración, regulación y lubricación del aire comprimido:* Limpiar los filtros, agregar aceite y revisar la presión.

*Engrasar todos los tubos de lubricación:* Diariamente en el cortador de lingotes, excepto cuando el fabricante indique lo contrario.

*Llenar los lubricadores en las cadenas.*

*Revisar los cojinetes del soplador de aire caliente.* Utilizar grasa para alta temperatura.

*Engrasar todos los soportes de transporte de lingotes.*

*Revisar el nivel del lubricante del sistema hidráulico:* Que el nivel del aceite no este bajo.

*La operación de la máquina para estirar los perfiles.*

*La banda alimentadora de la sierra final.*

## Continuación

*Las barras de grafito y las superficies de las mesas de salida y de enfriamiento.*

*El transportador de lámina.*

*Todas las guardas.*

*Los rodillos y las cubiertas de la mesa de salida.*

*La operación de la máquina que jala los perfiles.*

*El movimiento del mecanismo de traslado de perfiles y las bandas transportadoras.*

*Las bandas de las mesas de transferencia y enfriamiento.*

*El filo de la hoja de sierra final:* Monitorear la calidad de corte y si existe acumulación de viruta de metal en la hoja.

*El mecanismo de sujeción de perfiles de la sierra final:* Verificar que los perfiles sean sujetados con la fuerza adecuada y que sirva como atenuante del ruido.

*Longitud precisa de los perfiles:* Medir varios perfiles en el lote.

*El nivel de lubricante en los conductos de refrigerante de la sierra.*

*Los sistemas hidráulicos en la salida, en la mesa de enfriamiento y la máquina para estirar perfiles, etc.*

*Revisar todos los interruptores de seguridad:* Que estén funcionando correctamente.

*(En el horno eléctrico) Las resistencias calentadoras:* Revisar que éstas se encuentren sin daños, limpio y libres de obstrucciones.

*Las resistencias calentadoras.*

*Cilindro contenedor:* Ver si hay paso de aceite en la cabeza del pistón.

*Pistón principal, crucetas y cilindros del contenedor.*

*Empaques del cilindro:* Revisar si existen partículas incrustadas.

*Brazo para alimentar lingotes:* Revisar si existen pernos, cojinetes o pasadores flojos.

*Cizalla del desperdicio del lingote.*

*Contenedor:* Debe darse un sello efectivo, para evitar fugas de metal.

*Camisa del contenedor:* El diámetro de la misma debe mantenerse constante.

*Vástago:* Revisar la rectitud y que no existan rajaduras esfuerzos de compresión.

*Bloque falso:* Monitorear el desgaste ya que las dimensiones deben mantenerse constantes, revisar si existe acumulación de residuos de aluminio en el bloque, hendiduras o fracturas por tensión.

*Intercambiador de calor:* No debe de tener corrosión ya que es causa de contaminación y pérdida de calor.

*Control de temperatura:* Revisar que el agua tenga la correcta temperatura.

## Continuación

*Revisar el aire de enfriamiento de la sonda termopar.*

*Verificar las guías de las cadenas y limpiar cualquier suciedad.*

*Buscar si las guías o rodillos de alimentación de lingotes se encuentran doblados o dañados, o si hay acumulación de restos del metal.*

*Revisar la operación y el sello de las puertas del horno y de los cilindros que operan las puertas.*

*Revisar y ajustar el espacio libre de las herramientas de corte.*

*Revisar el nivel del lubricante en los aplicadores de refrigerante de la sierra.*

*Llenar los lubricadores en las cadenas.*

*Revisar la unidad de filtración, regulación y lubricación del aire comprimido.*

*Revisar todos los interruptores limitantes, de proximidad y las celdas fotoeléctricas.*

*Limpiar los rieles donde corre el transportador de perfiles.*

*Limpiar la prensa y el equipo relacionado: Quitar partículas metálicas o suciedad en las deslizaderas guía, del cilindro o pistón principal.*

*Inspeccionar las deslizaderas guía: Desarmar los patines y revisarlos completamente.*

*Revisar y apretar todos los tornillos y otras conexiones mecánicas.*

*Verificar el espacio libre entre las tuercas internas y la plancha de resistencia. Verificar el espacio libre entre las tuercas externas y la plancha de resistencia. Verificar las marcas que se hicieron al pre-tensar los tirantes: Cualquier cambio indicar que las tuercas han rotado.*

*Pistón principal: Revisar la alineación en tres posiciones diferentes.*

*Limpiar el equipo: Lavar y remover la suciedad, esto evita que la suciedad entre al sistema.*

*Respiraderos.*

*Conexiones de tubería hidráulica: Apretar todos los tornillos, conexiones y soportes de tubería, reemplazarlas si es necesario.*

*Válvulas hidráulicas: Revisar fugas de aceite.*

*Resistencias calentadores del contenedor: Revisar que las conexiones estén apretadas.*

*Válvulas solenoides y relees: Sobrecalentamiento o rechinidos, apretar cubiertas y conexiones terminales.*

## **9.2 Mantenimiento preventivo de acuerdo a la frecuencia**

Las rutinas de mantenimiento preventivo son aquellas que deben ejecutarse a intervalos uniformes de tiempo, a diario, a la semana, al mes, en el trimestre, en el semestre y al año. Estas rutinas se vuelven acumulativas, es decir, que las tareas realizadas diariamente se adicionan a aquellas que se hacen semanalmente y así sucesivamente. A continuación se describe el mantenimiento preventivo para la prensa de extrusión y los equipos auxiliares que intervienen en el proceso de extrusión de aleaciones de aluminio:

**Tabla IX. Mantenimiento preventivo diario para prensa de extrusión y equipo auxiliar**

<p style="text-align: center;"><b>Frecuencia: Mantenimiento preventivo diario</b></p> <p><b>Equipo:</b></p> <p><b>Prensa de extrusión- mantenimiento mecánico</b></p> <p><b>Inspeccionar:</b></p> <p><i>Deslizaderas guía:</i> Revisar formación de latón, golpes u otros daños en la superficie exterior, ya que esta situación puede indicar que se da un contacto parcial en las conexiones de las deslizaderas.</p> <p><i>Guías Limpiadoras de las Deslizaderas:</i> Verificar si logra limpiar las guías efectivamente.</p> <p><i>Cilindros (cruceta, pistón principal, conductor):</i> Revisar si hay incremento en las fugas de aceite en las conexiones hidráulicas del cilindro. Revisar golpes u otros daños al vástago del cilindro principal, o si hay calentamiento excesivo, pues esto puede indicar algún daño en los empaques o en los sellos del cilindro.</p> <p><i>Tuercas de los tirantes:</i> Espacio libre entre las tuercas y la plancha. Verificar la posición de las tuercas según las marcas que se hicieron al pre-tensionar los tirantes. De haber cambiado, indicará que una tuerca ha rotado o que la pre-tensión ha disminuido.</p> <p><b>Prensa de extrusión- lubricación</b></p> <p><b>Tareas a realizar:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Llenar el tanque de aceite y remover el agua</li><li>Engrasar todos los puntos necesarios de la prensa</li></ul> <p><b>Prensa extrusión- equipo hidráulico</b></p> <p><b>Inspeccionar:</b></p> <p><i>Nivel de aceite:</i> Ver que el nivel del aceite del pistón principal esté en la misma posición cada vez que se verifique, ya que éste varía considerablemente.</p> <p><i>Condición del aceite:</i> Revisar si hay burbujas de aire o espuma, ya que pueden causar cavitación.</p> <p><i>Color del aceite:</i> Ver si el aceite está oscuro (por el calor) o turbio (por el agua).</p> <p><i>Temperatura del aceite:</i> Observar cambios en la temperatura en operación; el máximo normal es 140 ° F (60 °C). Los cambios de temperatura indican que el aceite se está desviando internamente o que existen problemas con el equipo de enfriamiento.</p>
---

## Continuación

*Fuga de aceite:* Llevar a cabo una inspección visual o prueba de presiones. Las fugas deben repararse según sea necesario, ya que pueden causar pérdida de presión, aire en el sistema, exceso de calor, suciedad o daños.

*Operación irregular:* Observar si se dan movimientos que son inusuales; fallas, vibraciones, rechinos, etc., debido a que esto es indicativo de una falla inminente.

*Filtros de aceite:* Revisar el Indicador de filtración o manómetro de presión. Cambiar el filtro si es necesario.

*Bombas de aceite:* Verificar si existe vibración, porque ésta es indicativo de una amenaza de falla de la bomba.

*Tubería de control:* Revisar si existe un exceso de calor (en línea de seguridad), ya que el calentamiento excesivo puede indicar aceite del sistema en el piloto.

*Abrazaderas o soportes de la tubería:* Monitorear si hay soportes flojos o rotos.

*Válvula de seguridad:* Ver si existe un exceso de calor (en línea de alivio), ya que éste es indicativo de operación anormal en la válvula de alivio de presión.

*Presiones en todo el sistema:* Verificar si se han dado cambios con respecto de la presión normal, ya que esto representa una falla latente de algún componente del sistema.

### ***Prensa de extrusión- mantenimiento eléctrico***

Inspeccionar:

*Interruptores que limitan el movimiento:* Verificar la condición de los mismos. Revisar que no estén flojos, y que se accionen correctamente.

*Conexiones eléctricas:* Ver si algún conducto está dañado o roto.

### ***Equipo:***

#### **Alimentación de la prensa- combustión**

Inspeccionar:

*Temperatura de la sonda, limpiar las puntas, revisar conexiones:* Verificar su correcto funcionamiento. Los extremos de las sondas termopares no deben tener filo. Revisar si existen conexiones flojas.

*Llama piloto y los detectores de flama. (Rayos Ultravioleta):* Los pilotos deben operar correctamente, los detectores deben estar limpios y funcionar correctamente.

## Continuación

### **Alimentación de la prensa-mantenimiento mecánico**

Inspeccionar:

*Operación de cizalla (corte) de los lingotes:* Revisar la correcta secuencia de funcionamiento, la suavidad y alineación del recorrido del lingote. Revisar que todas las guardas de seguridad estén en su lugar y operando apropiadamente.

*Herramientas de corte de los lingotes (cuchillas):* Ver si se dan holguras o formación de metal.

### **Alimentación de la prensa- mantenimiento hidráulico:**

Inspeccionar:

*Nivel del fluido de los sistemas hidráulicos:* Verificar si está bajo el nivel del fluido.

### **Equipo:**

#### **Sistema de manejo automático de perfiles- mantenimiento mecánico:**

Inspeccionar:

*Las barras de grafito y las superficies de las mesas de salida y de enfriamiento:* Revisar la existencia de partículas de grafito, desgaste excesivo, o puntas que puedan dañar los perfiles.

*El transportador de lámina:* Monitorear la existencia de láminas rotas o flojas, que su operación sea fluida y que se detenga en la posición correcta.

*Todas las guardas:* Ver si están colocadas en su lugar y funcionan correctamente.

*Los rodillos y las cubiertas de la mesa de salida:* Verificar si hay rodillos dañados, rayados, o que no giren y que las ruedas dentadas propulsoras funcionen adecuadamente.

*Las boquillas para lubricación:* Verificar el nivel de fluido y el correcto funcionamiento.

*La operación de la máquina que jala los perfiles:* Verificar que su operación y alineación sean fluidas, sin impactos, que se detenga en la posición correcta, y que cuando sujete o suelte los perfiles lo ejecute con la correcta tensión y velocidad.

*El movimiento del mecanismo de traslado de perfiles y las bandas transportadoras:* Verificar que su operación sea fluida y sin movimientos bruscos. Ver que los grupos de perfiles se trasladen simultáneamente.

## Continuación

*Las bandas de las mesas de transferencia y enfriamiento:* Revisar si existen superficies dañadas o quemadas, bordes irregulares, mala alineación o existencia de rajaduras.

*La operación de la máquina para estirar los perfiles:* Verificar que el estiramiento, el movimiento y la sujeción de los perfiles sea continua.

*La banda alimentadora de la sierra final:* Revisar que los perfiles sean transportados y cargados fácilmente.

*El filo de la hoja de sierra final:* Monitorear la calidad de corte y si existe acumulación de viruta de metal en la hoja.

*El mecanismo de sujeción de perfiles de la sierra final:* Verificar que los perfiles sean sujetados con la fuerza adecuada y que sirva como atenuante del ruido. Ver si hay astillas incrustadas en los perfiles.

*Longitud precisa de los perfiles:* Medir varios perfiles en el lote. Volver a revisar cada vez que se cambie la hoja de la sierra.

### **Sistema de manejo automático de perfiles- lubricación:**

*Inspeccionar:*

El nivel de lubricante en los conductos de refrigerante de la sierra.

### **Sistema de manejo automático de perfiles -mantenimiento hidráulico**

*Inspeccionar:*

*Los sistemas hidráulicos en la salida, en la mesa de enfriamiento y la máquina para estirar perfiles, etc.:* Revisar el nivel de fluido, la existencia de fugas y la correcta temperatura de los fluidos.

### **Sistema de manejo automático de perfiles- mantenimiento eléctrico:**

*Inspeccionar:*

*El correcto funcionamiento de todos los interruptores de seguridad.*

## Continuación

***Equipo:***

**Horno de añejamiento- mantenimiento eléctrico:**

Inspeccionar:

*(En horno eléctrico) Las resistencias calentadoras: Revisar que éstas se encuentren sin daños, limpio y libres de obstrucciones.*

**Horno de calentamiento de dados:**

Inspeccionar:

*Las resistencias calentadoras: Sin daños, limpios y libre de obstrucciones.*

**Tabla X. Mantenimiento preventivo semanal para prensa de extrusión y equipo auxiliar**

<b>Frecuencia: Mantenimiento preventivo semanal</b>
<p><b>Equipo:</b></p> <p><b>Prensa de extrusión- mantenimiento mecánico</b></p> <p>Inspeccionar:</p> <p><i>Cilindros del contenedor:</i> Ver si hay paso de aceite en la cabeza del pistón. Sellar el contenedor para que esté unido al grupo de herramientas y revisar si se da un aumento de la temperatura.</p> <p><i>Pistón principal, crucetas y cilindros del contenedor:</i> Monitorear si existen abolladuras u otros daños en los tirantes o en el cilindro principal. Quitar las hendiduras utilizando una pulidora</p> <p><i>Empaques del cilindro:</i> Revisar si existen partículas incrustadas. Reemplazar empaques si el cilindro se raya de manera recurrente.</p> <p><i>Brazo para alimentar lingotes:</i> Revisar si existen pernos, cojinetes o pasadores flojos.</p> <p><i>Cizalla del desperdicio del lingote:</i> Revisar si la cuchilla está muy ajustada y si existen golpes u otros daños en la misma.</p> <p><b>Prensa de extrusión- herramientas:</b></p> <p><i>Contenedor:</i> Debe darse un sello efectivo, para evitar fugas de metal. No debe existir acumulación de metales ni hendiduras.</p> <p><i>Camisa del contenedor:</i> el diámetro de la misma debe mantenerse constante.</p> <p><i>Vástago:</i> Revisar la rectitud y que no existan rajaduras esfuerzos de compresión.</p> <p><i>Bloque falso:</i> Monitorear el desgaste ya que las dimensiones deben mantenerse constantes, revisar si existe acumulación de residuos de aluminio en el bloque, hendiduras o fracturas por tensión.</p>

## Continuación

***Equipo:***

**Línea de alimentación de la prensa- combustión.**

**Tareas a realizar:**

*Revisar el aire de enfriamiento de la sonda termopar:* Verificar que el flujo y enfriamiento sean los adecuados.

**Línea de alimentación de la prensa- mantenimiento mecánico:**

**Tareas a realizar:**

*Verificar las guías de las cadenas y limpiar cualquier suciedad*

*Buscar si las guías o rodillos de alimentación de lingotes se encuentran doblados o dañados, o si hay acumulación de restos del metal.* Reemplazar los rodillos o los cojinetes según sea necesario (de 3 a 12 meses de vida).

*Revisar la operación y el sello de las puertas del horno y de los cilindros que operan las puertas:* Revisar si el cierre es defectuoso o si se dan fugas de aire.

*Revisar y ajustar el espacio libre de las herramientas de corte:* la frecuencia de ajuste y las tolerancias varían de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes.

**Línea de alimentación de la prensa- lubricación:**

**Tareas a realizar:**

*Revisar la unidad de filtración, regulación y lubricación del aire comprimido:* limpiar los filtros, agregar aceite y revisar la presión.

*Engrasar todos los tubos de lubricación:* diariamente en el cortador de lingotes, excepto cuando el fabricante indique lo contrario.

*Llenar los lubricadores en las cadenas.*

*Revisar los cojinetes del soplador de aire caliente.* Utilizar grasa para alta temperatura.

*Engrasar todos los soportes de transporte de lingotes.*

## Continuación

### **Línea de alimentación de la prensa - mantenimiento eléctrico:**

#### **Tareas a realizar:**

*Revisar todos los interruptores limitantes, de proximidad y las celdas fotoeléctricas: Verificar su funcionamiento apropiado. Buscar si hay brazos interruptores o cables flojos. Revisar que las celdas fotoeléctricas estén limpias.*

### **Línea de alimentación de la prensa - mantenimiento hidráulico:**

#### **Tareas a realizar:**

*Revisar los sistemas hidráulicos: Buscar fugas, goteras, verificar temperaturas, y medir la efectividad de filtración.*

### **Sistema automático de manejo de perfiles- lubricación.**

#### **Tareas a realizar:**

*Revisar el nivel del lubricante en los aplicadores de refrigerante de la sierra.  
Llenar los lubricadores en las cadenas.  
Revisar la unidad de filtración, regulación y lubricación del aire comprimido: limpiar los filtros, agregar aceite y revisar la presión.*

### **Horno de añejamiento artificial – combustión y mecánico:**

#### **Tareas a realizar:**

*Revisar llamas piloto y los detectores de flamas: Verificar que los pilotos operen correctamente, y que los detectores estén limpios y funcionen adecuadamente.  
Limpiar los rieles donde corre el transportador de perfiles.*

**Tabla XI. Mantenimiento preventivo mensual para prensa de extrusión y equipo auxiliar**

**Frecuencia: Mantenimiento preventivo mensual**

**Prensa de extrusión – mantenimiento mecánico**

**Tareas a realizar:**

*Limpiar la prensa y el equipo relacionado:* Quitar partículas metálicas o suciedad en las deslizaderas guía, del cilindro o pistón principal.

*Inspeccionar las deslizaderas guía:* Desarmar los patines y revisarlos completamente. Si es necesario reemplazar o rectificar las guías.

*Revisar y apretar todos los tornillos y otras conexiones mecánicas:* Verificar los pernos o piezas del cilindro que puedan haberse aflojado, reajustar y revisar que los cilindros estén nivelados.

*Verificar el espacio libre entre las tuercas internas y la plancha de resistencia,* cuando se encuentre la prensa bajo carga, puede indicar pérdida de pre-tensión.

*Verificar el espacio libre entre las tuercas externas y la plancha de resistencia,* cuando no exista carga en la prensa, la existencia de este espacio indica que se requiere nivelar la prensa.

*Verificar las marcas que se hicieron al pre-tensar los tirantes:* Cualquier cambio indicar que las tuercas han rotado.

**Prensa de extrusión - alineación.**

**Tareas a realizar:**

*Pistón principal:* Revisar la alineación en tres posiciones diferentes. Una variación indica desgaste de las crucetas y requiere ajuste.

**Prensa de extrusión - mantenimiento hidráulico.**

**Tareas a realizar:**

*Limpiar el equipo:* Lavar y remover la suciedad, esto evita que la suciedad entre al sistema, y facilita la detección de fugas y elimina el riesgo de incendio.

*Respiraderos:* Desmontar, limpiar, engrasar y colocar nuevamente en su lugar de trabajo para evitar que la suciedad entre al sistema, y no se produzca cavitación en las bombas.

## Continuación

*Conexiones de tubería hidráulica:* Apretar todos los tornillos, conexiones y soportes de tubería, reemplazarlas si es necesario. Tubería mal instalada o con fugas es causa de pérdida de aceite.

*Válvulas hidráulicas:* Revisar fugas de aceite, solenoides en mal estado o cubiertos de alambres mal ubicados. Para evitar esto es necesario apretar las conexiones de los conductos.

### **Prensa de extrusión - mantenimiento eléctrico:**

#### **Inspeccionar:**

*Resistencias calentadores del contenedor:* Revisar que las conexiones estén apretadas, que estén en buen estado de funcionamiento sin corrosión.

*Válvulas solenoides y reles:* Sobre calentamiento o rechinidos, apretar cubiertas y conexiones terminales.

### **Línea de alimentación de la prensa - combustión**

#### **Tareas a realizar:**

Limpiar o reemplazar si es necesario el filtro de aire de ingreso del soplador de combustión.

Remover y limpiar los filtros de aire.

*Realizar una prueba de fuga en las válvulas de apagado de seguridad y las válvulas de ventilación:* Ver si existe fuga en la válvula de seguridad de apagado cuando esta está en la posición cerrada o que la válvula de ventilación este trabada en posición abierta.

*Verificar el brazo de articulación del motor de amortiguamiento de aire:* Las articulaciones no deben estar flojas o ajustadas incorrectamente.

*Remover y limpiar las bujías de encendido:* Reemplazar las bujías según sea necesario.

*Revisar los ladrillos refractarios y las boquillas:* Los ladrillos no deben estar rajados quebrados y las boquillas deben de estar limpias.

*Revisar el ajuste de amortiguador del escape de aire:* No debe haber exceso de fugas de aire en la entrada o salida del horno. Realizar diagnósticos de fuga de aire con papel.

## Continuación

### **Línea de alimentación de la prensa - mantenimiento mecánico:**

#### **Tareas a realizar:**

*Revisar los empaques y sellos del cilindro de aire:* Puede haber fugas de aire.

*Revisar las cadenas, engranajes, ejes, soportes y uniones:* No deben estar muy desgastadas, deben estar correctamente alineadas y con suficiente tensión.

*Rodos del soporte de lingotes:* Deben de estar en buenas condiciones de funcionamiento.

*Revisar el horno de lingotes:* Tiene que estar sellado correctamente entre los tubos y quemadores, los quemadores deben estar correctamente instalados en los tubos, no debe haber tubos en mal estado.

*Revisar la recirculación de aire caliente, sellos de los ejes y fajas de transmisión:* Las fajas tienen que estar apropiadamente tensas, alineadas y sin desgaste, hojas no rajadas ni friccionadas.

*Revisar la velocidad de la sierra de corte:* Los controles deben estar establecidos adecuadamente.

### **Línea de alimentación de la prensa - lubricación:**

#### **Tarea a realizar:**

Revisar el nivel de aceite de la caja.

### **Línea de alimentación de la prensa - mantenimiento hidráulico:**

#### **Tarea a realizar:**

*Revisar los sellos y empaques del cilindro hidráulico:* No debe tener fuga de aceite.

### **Línea de alimentación de la prensa - mantenimiento eléctrico:**

#### **Tareas a realizar:**

*Revisar los ciclos de limpieza:* Que los parámetros estén correctos y en buen funcionamiento.

*Revisar los controladores de temperatura y los registradores:* Que estén calibrados y confiables.

*Revisar, limpiar y lubricar los interruptores de rosca:* Revisar las conexiones de las terminales que estén bien ajustadas, revisar que no tengan oxidación los contactos.

*Cambiar las roscas:* La frecuencia del cambio depende del historial de la planta.

## Continuación

### Sistema de manejo automático- mantenimiento mecánico:

#### Tareas a realizar:

*Revisar la bomba que provee agua y la irrigación del equipo extintor:* Sin fugas de agua; volumen y presión correctos.

*Revisar las cadenas y engranajes, ajustar si es necesario:* Debe estar correctamente alineada, tensión y sin desgaste.

*Revisar las cadenas y engranajes de transmisión de láminas:* Buena tensión y alineación, sin desgaste en las cadenas y engranajes; ajustar según sea necesario.

*Revisar los frenos del extractor de salida:* Debe de funcionar correctamente, revisar y reemplazar las superficies friccionadas según sea necesario.

*Limpiar la sierra por daños causados por la sierra caliente y sierra final.*

*Cambiar o limpiar las bolsas de recolección de las sierras.*

*Revisar el cable y la cadena del extractor, ajustar o reemplazar si es necesario:* Tensar y alinear correctamente, sin desgaste o difícil funcionamiento.

*Revise los engranajes para el cable o cadena del extractor:* Sin desgaste y correcta alineación.

*Inspeccionar los soportes y cojinetes del extractor:* No debe de tener mucho juego, sin desgaste y rotación libre.

*Inspeccionar la guía del extractor y los rieles de soporte:* Sin desgaste, no debe tener daños, correcta alineación.

*Inspeccionar los dientes y dedos del extractor:* No debe tener desgaste, rupturas ni acumulación de escorias.

*Inspeccionar los amortiguadores del extractor:* La condición del equipo y el funcionamiento.

*Revisar los ejes, uniones y soportes:* No debe tener desgaste y correcta alineación.

*Revisar los dientes del dilatador:* Sin desgaste o daño alguno.

*Revisar y limpiar los discos del dilatador y la superficie de contacto:* La superficie del disco debe estar suavizada, sin soportes incorrectos el disco debe conservar lo redondo.

*Revisar el mecanismo de cierre del dilatador:* Debe ser manejado correctamente, sin señales de sobre tensión o deformación.

*Revisar la faja de transmisión del perfil a la sierra, rodos y cadenas:* Sin fajas dañadas, rodos no deben estar dañados o cadenas desgastadas o mal tensadas.

## Continuación

*Revisar la alineación de la sierra final con el tope trasero:* El corte debe estar bien hecho, comparar el largo del lado interior y exterior.

*Revisar la plancha del calibre de la sierra para que esté nivelada con la sierra y el alimentador.*

*Inspeccionar los soportes, engranajes, cadenas, rodos del apilador automático:* Sin desgaste, alineación correcta, sin suciedad o deterioro.

### **Sistema de manejo automático - lubricación:**

#### **Tareas a realizar:**

*Lubricar los cojinetes de la bomba que abastece el extintor de agua.*

*Lubricar los cojinetes de los extintores de aire.*

*Revisar el nivel de aceite en la caja.*

### **Sistema de manejo automático - mantenimiento hidráulico:**

#### **Tareas a realizar:**

*Sistemas hidráulicos en la salida, en la plancha de enfriamiento y el dilatador:* Ver los filtros y el nivel de temperaturas.

### **Sistema de manejo automático - mantenimiento eléctrico:**

#### **Tareas a realizar:**

*Revisar el amperaje en los motores y de sierra:* Los altos amperajes pueden indicar problemas mecánicos.

*Revisar las fuentes de poder flexibles (cables colgantes):* No deben estar dañados sin problemas mecánicos o conectores flojos.

*Revisar la posición del extractor:* Que funcione correctamente, buscar uniones o cables rotos, si es posible cambiarlos

*Revisar motores, canales y rieles de alimentación:* El motor debe estar conectado, los rieles de alimentación sin desgaste ni dañados.

## Continuación

### **Horno de añejamiento artificial - combustión:**

#### **Tareas a realizar:**

*Limpiar o reemplazar el filtro de aire.*

*Remover y limpiar los coladores de aire.*

*Realizar una prueba de apagado por seguridad y de válvulas de ventilación:* Si existe fuga luego del apagado o válvulas de ventilación abiertas.

*Revisar el anclaje del motor de amortiguamiento con aire:* las articulaciones no deben estar flojas o ajustadas incorrectamente.

*Remover y limpiar las bujías de encendido:* Reemplazar las bujías según sea necesario.

*Revisar los quemadores y las boquillas:* Los tubos no deben estar rajados o rotos, las boquillas deben de estar limpias.

*Revisar el ajuste de amortiguamiento (succión de aire y recirculación):* No debe haber exceso de aire en la entrada o salida del horno, controlar articulaciones flojas.

### **Horno de añejamiento artificial - mantenimiento mecánico:**

#### **Tareas a realizar:**

*Revisar la circulación en el soplador de aire caliente, y las fajas de transmisión:* Las fajas deben estar correctamente tensas, alineadas y sin desgaste, los alabes no deben estar rajados, sin rozamiento.

*Revisar los sellos de las puertas:* Debe estar bien ajustado sin daño alguno (sin fuga de aire en la entrada o salida).

*Revisar el polipasto de la puerta y los cables:* La puerta debe cerrarse correctamente y con facilidad.

*Revisar los transportadores:* Correcta alineación, no debe tener desgaste o ruptura.

*Revisar los carros de carga:* Correcta alineación, sin desgaste, óptima condición de las ruedas y facilidad de operación.

### **Horno de añejamiento artificial - lubricación:**

#### **Tareas a realizar:**

*Lubricar los cojinetes del soplador de combustión.*

*Lubricar los cojinetes del soplador de circulación de aire caliente.*

*Lubricar las bisagras de la puerta (cuando aplique)).*

*Rodos de transporte, cadenas de impulso y transmisión, cajas de engranajes (cuando aplique).*

## Continuación

### **Horno de añejamiento artificial – mantenimiento eléctrico**

#### **Tareas a realizar:**

*Revisar los temporizadores del ciclo de purga:* Que los parámetros estén correctos y en buen funcionamiento.

*Revisar los controladores de temperatura y los registradores:* Que estén calibrados y confiables.

### **Horno de herramientas de extrusión (general):**

#### **Tareas a realizar:**

*Revisar los sopladores de circulación de aire:* Cantidad correcta de flujo de aire, y sin vibraciones.

*Revisar los sellos de puertas:* Ver si hay fugas por sellos dañados o desgastados.

*Revisar los paneles exteriores del horno para detectar puntos calientes:* En esas áreas determinar si el aislamiento es el apropiado.

*Revisar los cilindros de puertas:* Ver el funcionamiento que sea el correcto, si es de aire, revisar fugas y dar servicio al filtro lubricador. Si es hidráulico, revisar fugas de aceite, nivel y temperatura.

*Revisar las resistencias de calentamiento:* Para determinar si un elemento está quemado, revisar el amperaje de cada uno, revisar que las conexiones estén correctas en las terminales.

*Revisar los controladores de temperatura:* Ver si la temperatura no se controla en el rango adecuado o si los termopares no han sido dañados por alguna herramienta.

*Revisar los interruptores:* Con una operación correcta de los implementos de seguridad.

*Revisar el sistema de combustión, limpiar el filtro de aire:* Una relación correcta de aire-combustible, parámetros altos y bajos, correcto funcionamiento de los pilotos y los detectores de flamas.

**Tabla XII. Mantenimiento preventivo trimestral para prensa de extrusión y equipo auxiliar**

**Frecuencia: Mantenimiento preventivo trimestral**

**Prensa de extrusión mantenimiento - mecánico**

**Tareas a realizar:**

*Sacar muestra de aceite para su análisis:* No debe estar contaminado, en descomposición o haber perdido sus propiedades. Enviar la muestra al proveedor.

*Parámetros de la válvula de alivio y cronómetro:* Debe tener los parámetros correctos, chequear con los calibradores de presión y un cronómetro, reajustar según sea necesario. Evitar la operación errática del equipo.

*Intercambiador de calor:* Revisar el conducto de agua (que no tenga obstrucciones, fugas, etc.) limpiar o reemplazar ánodos de zinc. Evitar el calor excesivo, agua en el aceite, fugas y contaminación.

**Línea de alimentación de la prensa - mantenimiento hidráulico**

**Tareas a realizar:**

*Sacar muestra de aceite para su análisis:* No debe estar contaminado, en descomposición o haber perdido sus propiedades. Enviar la muestra al proveedor.

**Sistema de manejo automático - mantenimiento mecánico**

**Tareas a realizar:**

*Revisar los atomizadores de agua:* La atomización debe de ser completa, no debe haber obstrucciones en la tubería ni la formación de minerales.

**Sistema de manejo automático - mantenimiento hidráulico**

**Tareas a realizar:**

*Sacar muestra de aceite para su análisis:* No debe estar contaminado, en descomposición o haber perdido sus propiedades. Enviar la muestra al proveedor.

## Continuación

### **Horno de añejamiento artificial – mantenimiento eléctrico**

#### **Tarea a investigar:**

Temperatura de horno de añejamiento: las temperaturas debe de ser uniforme en todos los puntos de la carga de perfiles.

### **Horno de herramientas (general):**

#### **Tareas a realizar:**

*Revisar el soplador de circulación de aire, el motor y el conductor de aire:* No deben estar dañados ni tampoco los alabes, las fajas del motor no tienen que tener obstrucciones.

**Tabla XIII. Mantenimiento preventivo semestral para prensa de extrusión y equipo auxiliar**

<b>Frecuencia: Mantenimiento preventivo semestral</b>
<p><b>Prensa de extrusión mantenimiento - mecánico</b></p> <p><b>Tareas a realizar:</b></p> <p><i>Base de la prensa:</i> Revisar el nivel en ambos sentidos.</p> <p><i>Bastidor de la prensa:</i> Revisar que los tirantes estén nivelados, en ambas direcciones, tanto los tirantes superiores como inferiores.</p> <p><i>Contenedor y juego de herramientas:</i> Revisar la alineación del contenedor y la herramienta, ajustar la guía del centro por si hay holgura excesiva.</p>
<p><b>Prensa de extrusión – herramienta</b></p> <p><b>Tareas a realizar:</b></p> <p><i>Base del Vástago:</i> Revisar que no tenga indentación, usar una escuadra y galgas.</p> <p><i>Contenedor:</i> Revisar el movimiento entre el contenedor y el sujetador. Apretar el retenedor o los casquillos, si es posible cambiar si hay deterioro.</p>
<p><b>Prensa de extrusión mantenimiento – hidráulico</b></p> <p><b>Tareas a realizar:</b></p> <p><i>Filtros de aceite:</i> Reemplazar todos los cartuchos que tengas más de tres meses de uso.</p> <p><i>Controladores de bomba:</i> Verificar que respuesta se tiene a través del proceso completo.</p> <p><i>Prueba de las bombas principales:</i> Revisar si tienen deterioro los elementos de la bomba.</p> <p><i>Prueba de sistema:</i> Verificar si existen pérdidas de aceite en el sistema.</p> <p><i>Válvulas de alivio e interruptores de presión:</i> Revisar si se acciona y opera a la presión correcta.</p>
<p><b>Línea de alimentación de la prensa mantenimiento – mecánico</b></p> <p><b>Tarea a realizar:</b></p> <p><i>Limpiar los instrumentos de corte con soda cáustica:</i> Realizarlas de acuerdo a las instrucciones del fabricante.</p>
<p><b>Línea de Alimentación de la Prensa – Lubricación</b></p> <p><b>Tarea a realizar:</b></p> <p>Cambiar el aceite de la caja de engranajes.</p>

## Continuación

### **Sistema de manejo automático – lubricación**

#### **Tarea a realizar:**

*Revisar el nivel de aceite de la caja de engranajes:* Llevarlo a cabo tomando en cuenta las recomendaciones del fabricante.

**Tabla XIV. Mantenimiento preventivo anual para prensa de extrusión y equipo auxiliar**

<b>Frecuencia: Mantenimiento preventivo anual</b>
<p><b>Prensa de extrusión mantenimiento - mecánico</b></p> <p><b>Tarea a realizar:</b></p> <p><i>Ajuste de los tirantes:</i> Realizar prueba de ultrasonido para detectar si hay fisuras. Si se detectan fisuras dar un seguimiento con más frecuencia.</p>
<p><b>Prensa de extrusión – alineación</b></p> <p><b>Tarea a realizar:</b></p> <p><i>Apretar los tirantes:</i> Medir la distancia entre el cilindro y los rebordes de la cabeza del cilindro principal e inspeccionar que estén paralelos. Debe tener una variación máxima de holgura es de 0.010 pulgadas.</p>
<p><b>Prensa de extrusión mantenimiento – hidráulico</b></p> <p><b>Tareas a realizar:</b></p> <p><i>Acople de bomba y motor:</i> Chequear la alineación del acoplamiento. Se debe evitar desgaste excesivo en el motor y la bomba.</p> <p><i>Motor y bomba:</i> Apretar los tornillos del anclaje. Evitar falla por alineación, desgaste excesivo y ruidos.</p>
<p><b>Prensa de extrusión mantenimiento – eléctrico</b></p> <p><b>Tarea a realizar:</b></p> <p><i>Limpiar y lubricar motores:</i> Chequear las bobinas con el ohmiómetro.</p>
<p><b>Línea de alimentación de la prensa – combustión</b></p> <p><b>Tareas a realizar:</b></p> <p><i>En los sistemas de pre-mezcla hay que remover y limpiar la barra de medición del regulador atmosférico.</i></p> <p><i>Limpiar el interior del regulador atmosférico.</i></p> <p><i>Limpiar e inspeccionar los ventiladores de combustión:</i> Verificar las condiciones en que se encuentran la carcasa de la bomba como el impulsor.</p>

## Continuación

### **Línea de alimentación de la prensa mantenimiento – mecánico**

#### **Tareas a realizar:**

*Apretar todos los pernos de cimentación del montaje los de conexión:* Si existen pernos rotos o flojos hay que cambiarlos.

*Inspeccionar la masa de ventilación:* No debe tener demasiado desgaste o corrosión.

*Apretar los pernos en los sopladores de circulación de aire y combustión:* Los pernos, ni los cuñeros ni los tornillos de fijación deberán estar flojos.

*Limpiar alrededor de los rodos de transmisión de lingotes:* Abrir el horno y limpiar de una manera completa.

*Revisar las superficies y guías de la cizaña de lingotes:* No debe de tener desgaste excesivo.

### **Línea de alimentación de la prensa mantenimiento – hidráulico**

#### **Tarea a realizar:**

*Desarmar los cilindros de corte y reemplazar los sellos y empaques:* Esto es recomendado por algunos fabricantes.

### **Sistema de manejo automático mantenimiento – mecánico**

#### **Tareas a realizar:**

*Inspeccionar los sopladores de templado de perfiles a la salida de la prensa:* Revisar todos los sopladores y ventiladores de aire no debe tener vibraciones en exceso, daños ni formación de material extraño en los alabes.

*Revisar la condición de los acoples de impulsor:* Condición óptima y buena alineación.

*Apretar todos los pernos del anclaje y los que unen al sistema:* Cambiar los pernos flojos o rotos, si existieran.

*Revisar el nivel y alineación de la salida la pista de halado de perfiles, el sistema de transferencia, las bandas de enfriamiento, la base de la máquina de estiramiento de perfiles y el transportador de material a la sierra:* Ajustar cuando fuere necesario para mantener las unidades niveladas y rectas.

*Revisar la condición y alineación del eje de las sierras.*

*Revisar las condiciones del mortero del bastidor de la máquina de estiramiento de perfiles:* No debe tener pernos flojos o rotos.

## Continuación

### **Sistema de manejo automático – lubricación**

#### **Tarea a realizar:**

*Lubricar las uniones de transmisión.*

### **Sistema de manejo automático - mantenimiento eléctrico**

#### **Tareas a realizar:**

*Revisar los controles de volumen o velocidad variable para el templador de aire:* Debe de estar en buen funcionamiento.

*Revisar, limpiar y lubricar todos los motores:* Llevar un record de los amperios con el ohmiómetro, las bobinas deben estar limpias y libres de grasas, se debe de evitar las obstrucciones en los agujeros de ventilación.

### **Horno de añejamiento artificial - combustión**

#### **Tareas a realizar:**

*Remover y limpiar las varillas de medición del regulador atmosférico.*

*Limpiar el interior del regulador atmosférico.*

*Limpiar e inspeccionar el impulsor y la carcasa de los sopladores de combustión:* Los alabes rotos o faltantes con señales de desgaste.

### **Horno de añejamiento artificial mantenimiento – mecánico**

#### **Tareas a realizar:**

*Limpiar los canales guías para los carros de carga.*

*Revisar el ventilador de circulación de aire caliente:* Revisar que las fajas tengan la tensión apropiada, alineadas y sin desgaste, la carcasa debe estar limpia sin alabes desgastados.

*Revisar los sellos de las puertas:* Ajuste correcto y sin daños (fuga de aire).

*Revisar los cables del levantamiento de las puertas:* Ya que las puertas deben estar parejas, abrir sin problema y sellar correctamente

*Revisar los rodos transportadores:* Correcta alineación, sin desgaste o ruptura.

*Revisar los carros de carga:* Correcta alineación, sin desgaste, la condición de las ruedas y facilidad de operación.

*Inspeccionar la masa del ventilador de circulación de aire:* Por deterioro o corrosión.

*Apretar los pernos y tornillos de fijación del ventilador.*

## Continuación

*Revisar la caja de engranajes, motor y freno del levantador de la puerta:* Se necesita de una correcta operación, la condición de los engranajes y superficies del freno en buen estado.

*Revisar todos los pernos y soportes:* Aflojar o apretar según sea necesario.

*Revisar el piso del horno.*

*Revisar los paneles del horno para detectar zonas más calientes:* Verificar la existencia de puntos calientes en los paneles del horno, estos se pueden observar porque existe descascaramiento en las paredes. Esto puede ser detectado mediante un medidor de infrarrojos.

### **Horno de añejamiento artificial – lubricación**

#### **Tarea a realizar:**

*Revisar el nivel de aceite en la caja de engranajes del levantador de puerta.*

## 10. REPUESTOS

### 10.1 Consideraciones generales

La lista de repuestos recomendada para una planta de extrusión de aleación de aluminio particular dependerá de varias consideraciones que a continuación se describen:

1. El diseño y tiempo de uso de la prensa y otro equipo.
2. Tiempo de entrega de los diferentes repuestos, esto dependerá de la ubicación de la planta con respecto a los proveedores.
3. El historial de fallas de las partes del sistema de prensa y el equipo auxiliar.
4. Qué tan crítico y costoso puede ser si es necesario esperar por los repuestos.
5. La política de la empresa en cuanto a tener un stock mínimo de repuestos.

Por las razones anteriormente descritas es imposible generar una sola lista de repuestos que se adecue a la planta de extrusión. Aún así, se tienen que hacer ciertas sugerencias que sirven como referencia general para el encargado de realizar el mantenimiento.

Otra alternativa será la de abastecer un repuesto en particular, el costo de no hacerlo es evaluado de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Riesgo total} = \text{severidad de la falla} \times \text{probabilidad de falla}$$

Para ejemplificar lo dicho anteriormente, supóngase que un repuesto tiene una probabilidad de falla del 10%, y el costo de la falla (esto en términos de pérdida de producción, tiempo, etc.) es de Q100, 000.00 entonces el riesgo puede ser considerado como:

$$0.10 \times 100,000.00 = 10,000.00$$

Si el repuesto cuesta menos de los Q10, 000.00 hay que considerar tener en stock ese repuesto.

Para reducir el inventario de los repuestos es necesario establecer estándares en planta de producción e incluir tantos repuestos comunes como sea posible, de modo que una parte del inventario pueda encajar en varios lugares; o sea que se tiene que tener en inventario repuestos que sean comunes para todos los equipos, como por ejemplo:

- Interruptores limitadores y de proximidad y celdas fotoeléctricas.
- Instrumentos de control, relees y componentes del sistema PLC
- Fusibles, conectores y botones.
- Acoples, para tubos en general y para tuberías hidráulicas y mangueras.
- Bombas hidráulicas, filtros, válvulas y otros componentes.
- Interruptores y válvulas de seguridad de combustión.

Los repuestos deberán estar almacenados en un lugar específico y especial para cada caso, con el propósito de minimizar el tiempo muerto del equipo al que se reemplazará el repuesto. Dichos repuestos se dividen en las siguientes categorías:

- a. Repuestos relativamente caros
- b. Repuestos específicos que se emplean en un número limitado de máquinas o equipo.
- c. Repuestos que tiene una rotación de inventario muy lenta.
- d. Repuestos críticos, cuya falta de disponibilidad podría causar un costoso tiempo muerto o perdido o tener un efecto negativo en la seguridad.

Se tiene que contar con repuestos para un mantenimiento normal que comprende repuestos que no tienen un uso especializado, pero que tienen un requerimiento definido y una rotación corta, como por ejemplo: cojinetes, tuberías de lubricación, cables eléctricos, interruptores, tornillos, varillas para soldar. La decisión acerca de qué cantidad debe tenerse en stock y cuándo ordenar en el caso de las existencias para un mantenimiento normal, puede manejarse de una manera más rutinaria que en el caso de los repuestos.

Otro factor importante en la decisión de si abastecer una parte o no es la disponibilidad local del repuesto a reemplazar o de los servicios de mantenimiento. Es muy importante tomar en cuenta las observaciones de los proveedores del equipo, cuando se compre equipo nuevo, se debe verificar que el proveedor utilice los mismos repuestos que se poseen en el almacén. En repuestos que se puedan fabricar como por ejemplo ejes y rodos se debe de tener al alcance diagramas detallados para permitir fabricaciones locales en caso de emergencia.

**Nota:** los números que aparecen dentro de los paréntesis de cada ítem indica la cantidad de repuesto mínimo que hay que tener en stock bodega.

## **10.2 De acuerdo a cada equipo**

Los tipos de repuestos para la prensa de extrusión y su equipo auxiliar se listan a continuación

### **10.2.1 Repuestos recomendados para la prensa de extrusión**

*Repuestos mecánicos:*

- Juego completo de empaques, anillos-o, empaques para el pistón principal, cilindros, cizallas de lingotes y para cilindros de cambiadores de dados.
- Cilindro del contenedor (es importante hacer notar que no se debe doblar o quebrar un vástago del cilindro del contenedor).
- Cilindro de cruceta.

*Repuestos hidráulicos:*

- Bombas principales (juego completo), si en la planta se pueden hacer reparaciones caseras se recomienda tener juegos reconstruidos.
- Acoples de la bomba principal.
- Bombas auxiliares.
- Servo-válvula completa.
- Filtros (juego completo).
- Solenoides para válvulas (juego completo).
- Bobina de solenoide.
- Válvula(s) Principal (es)
- Válvula anti-retorno

- Válvulas de solenoide
- Interruptores de presión (Normalmente abiertos y normalmente cerrados, NA y NCAC y DC)
- Válvula de alivio pilotada
- Válvulas de control de derivación
- Válvulas de retorno a tanque.
- Cilindros hidráulicos para retorno de contenedor
- Manómetros de presión hidráulica
- Manómetros de presión neumática

*Repuestos eléctricos:*

- Juego completo de los repuestos de calentamiento del contenedor.
- Motor para bomba principal.
- Controladores de temperatura.
- Registrador de presión 1 medidor velocidad para prensa
- Medidor de velocidad de Prensa de Extrusión
- Resistencias eléctricas calentadoras para contenedor (de banda)
- Resistencias eléctricas calentadoras para otros elementos
- Termopares tipo J
- Sopladores

*Herramienta:*

- Contenedor completo con su camisa
- Vástago
- Bloques fijos (se aconsejan de 3 a 5)
- Cargador de dados

## 10.2.2 Partes de repuesto línea de alimentación de la prensa

### *Alimentación de lingotes:*

- Cadena de transmisión (3 a 6 pies / 1 ó 2 metros).
- Motor de propulsión.
- Empaques del cilindro, anillos-o, empaques para el cilindro empujador (si está instalado).
- Bombas, filtros, válvulas, acoples y mangueras del sistema hidráulico.

### *Calentamiento de lingotes a base de gas:*

- Juego completo de la sonda de medición de temperatura.
- Partes reconstruidas para la sonda de medición de temperatura, incluyendo:

Juegos de reconstrucción de cilindros de aire

Vástago de la sonda

Aislamiento térmico

Resortes

Sujetador de fibra de vidrio

Bobinas para las válvulas de solenoide neumáticas

Micro-interruptores

- Ruedecillas de soporte de lingotes (o cargadores para los hornos con cadena usualmente de hierro fundido).
- Ladrillos refractarios superiores (2)
- Ladrillos refractarios laterales (4)

- Sellos de fibra ó mortero para refractarios
- Quemadores (6)
- Quemadores piloto (2)
- Puntas de piloto (4)
- Bujías de encendido (4)
- Juegos de tubos de flama (2) (o detectores de flama sensores UV)
- Tubos de flama (4)
- Motor para controlar cierre de válvula de mariposa.
- Relee de protección del detector de flama
- Regulador del gas piloto
- Válvula solenoide de gas piloto
- Juego de diafragma para regulador principal (o un regulador de repuesto)
- Válvula de apagado de seguridad
- Controlador de temperatura

*Calentamiento de lingotes por inducción:*

- Juego completo de termo par
- Bobinas
- Camisa de las bobinas
- Aislamiento de bobinas
- Fusibles de capacitores

*Cortador de lingotes:*

- Herramienta de corte ó cizalla de repuesto

- Empaques de cilindros, anillos-o, empaques para cilindro principal y auxiliar.
- Cilindros auxiliares de repuesto (ya que los vástagos pueden presentar falla por corte y estar rotos por falla en el control)
- Bombas de sistema hidráulico, filtros, válvulas y mangueras
- Interruptores limite y de proximidad

*Transportador de lingotes:*

- Cadenas de transmisión
- Caja de engranajes
- Embrague para transmisión

*Lubricación de lingotes:*

- Bujía de encendido (para el lubricador de flama)

### **10.2.3 Sistema de manejo de perfiles**

*Sistema de enfriamiento de perfiles a la salida de la prensa por rocío o inmersión en agua:*

- Bomba de agua
- Boquillas atomizadoras

*Transportador de láminas:*

- Cadena de transmisión (30 a 40 pies /10 metros)

- Láminas (30)
- Cubiertas de láminas laterales (de grafito) 30
- Motor de transmisión hidráulica y cadena de transmisión
- Bomba de sistema hidráulico, filtros, válvulas, acoples y mangueras
- Motor de corriente directa (DC) de transmisión, cajas de engranajes y cadena de transmisión
- Interruptores y celdas fotoeléctricas

*Transportador de ruedas:*

- Ruedas
- Cubiertas para ruedas
- Motor de transmisión, caja de engranajes, cadena de transmisión
- Empaques de cilindros, anillos-o, empaques para cilindros de accionamiento hidráulico (si están instalados).
- Bomba de sistema hidráulico, filtros, válvulas, etc. (si están instaladas).
- Interruptores limite, de proximidad y celdas fotoeléctricas.

*Sierra para perfiles en caliente:*

- Hojas (discos)
- Motor para sierra
- Motor hidráulico para posicionamiento de la sierra
- Bomba de sistema hidráulico, filtros, válvulas, acoples y mangueras
- Interruptores de límite y proximidad y celdas fotoeléctricas
- Ruedas de transmisión

*Cizalla en caliente:*

- Hojas (2)
- Cilindro hidráulico
- Empaques para cilindro, anillos-o y sellos
- Bomba de sistema hidráulico, filtros, válvulas, acoples y mangueras

*Equipo para jalar mecánicamente los perfiles:*

- Cable o cadena de transmisión
- Codificador de Posicionamiento
- Soportes o ruedas de transmisión
- Motor propulsor (usualmente un motor especial)
- Controlador del motor
- Freno
- Muelles (resortes) y Pinzas de sujeción de perfiles
- Switches y celdas fotoeléctricas

*Para jaladores tipo lineal de motor:*

- Motor eléctrico (1 motor completo)
- Mecanismo eléctrico de Mandíbulas
- Rieles corredera de contacto y seguidores para alimentación eléctrica (juego completo)
- Codificador de posicionamiento

*Mecanismo para transferencia de perfiles:*

- Cubiertas de grafito (10)
- Excéntricas (6)
- Motor de transmisión, caja de engrane, cadena de transmisión
- Empaques del cilindro, anillos, empaques para cilindros hidráulicos levantadores, o accionados por aire
- Bombas de sistema hidráulico, filtros, válvulas, acoples y mangueras
- Ejes de transmisión (2)
- Cojinetes de los ejes de transmisión (4)
- Acoples de los ejes de transmisión (4)
- Interruptores limitantes y de proximidad y celdas fotoeléctricas

*Vigas para caminar sobre las mesas de perfiles:*

- Cubiertas de grafito (10)
- Excéntricos (6)
- Motores de transmisión, caja de engranes, cadena de transmisión
- Empaque del cilindro, anillos-o, empaques para cilindros levantadores hidráulicos, o accionados por aire.
- Bombas de sistema hidráulico, filtros, válvulas, acoples y mangueras
- Ejes de transmisión (2)
- Cojinetes de los ejes de transmisión (4)
- Acoples para los ejes de transmisión (4)

- Interruptores limitantes y de proximidad y celdas fotoeléctricas.

*Sistema de fajas transportadoras de perfiles:*

- Fajas de repuesto (cerca del 20% de un juego completo, pero 40% de un juego para el área de servicio más caliente, dependiendo de la experiencia)
- Poleas de repuesto (cabeza, cola y de levantado – cerca de 5 juegos)
- Unidades completas de bandas transportadoras incluyendo el bastidor para cambiado rápido (3 a 4 unidades)
- Cilindros de aire para retraer las fajas en la estación de estirado de perfiles (4 cilindros); también juegos reconstruidos.
- Motores de engranes para transmisión
- Ejes de transmisión (2), cojinetes (6) y acoples (6)
- Interruptores limitantes y de proximidad y foto-celdas

*Estiradora de Perfiles:*

- Insertos para mandíbulas (1juego)
- Empaques, anillos-o y sellos para todos los cilindros
- Bomba hidráulica, filtros, válvulas, acoples y mangueras

*Banda transportadora de alimentación de perfiles a la sierra final:*

- Rodos (20)
- Cubiertas de rodos (20)
- Faja de transmisión
- Motor de transmisión, caja de engranes, cadena de transmisión

*Sierra final:*

- Hojas (2 mínimo)
- Sargentos
- Sistema de aplicación de lubricante para las hojas
- Sellos para los cilindros, anillos-o, empaques para los cilindros hidráulicos o accionados por aire
- Bombas de sistema hidráulico, filtros, válvulas, acoples y mangueras
- Interruptores limitantes y de proximidad y foto-celdas
- Interruptor accionado con el pie

*Indicador de longitud de corte:*

- Rodos
- Cubiertas para rodos

*Apilador de Perfiles:*

*De tipo grúa:*

- Cadena para posicionar las barras espaciadoras
- Interruptores y foto-celdas
- Cojinete lineal y vástago guía
- Ruedas de transmisión

*De tipo rodos de soporte:*

- Cadena

- Ruedas
- Empaques de cilindro, anillos-o, empaques para cilindro levantador hidráulico
- Bombas de sistema hidráulico, filtros, válvulas, acoples y mangueras
- Interruptores y foto-celdas.

*Horno de añejamiento artificial:*

- Hojas de ventilador para circulación de aire
- Fajas de impulso para circulación (1 juego)
- Sellos para puertas
- Control de apagado de aire / motor
- Detectores de flama sensores UV
- Regulador de protección del detector de flama
- Bujía de encendido
- regulador de gas piloto
- válvula solenoide de gas piloto
- Juego diafragma para el regulador principal de gas (o regulador de repuesto)
- Válvula de apagado seguro
- Controladores de temperatura
- Resistencias calentadoras
- Fusibles
- Interruptores
- Transformadores eléctricos
- Contactor de Motores
- Juegos de térmicos
- Relees

- Temporizadores
- Capacitares de arranque
- Botones
- Luces de indicación piloto
- 1 Graficadora
- Termopares
- Interruptor de vacío

### **10.3 Almacenamiento de repuestos**

El correcto almacenamiento de repuesto comienza con llevar los informes correctos y la identificación de las piezas. Los informes deben mostrar cuando las partes entran o salen del inventario; si las partes son regresadas al almacén después del uso. Se debe elaborar un informe de la condición y asegurarse de que las reparaciones a realizar sean las necesarias. Además es necesario seguir las siguientes recomendaciones para un almacenamiento y preservación correctos y que esto no perjudique los repuestos:

- El área de almacenamiento debe estar limpia, seca y libre de temperaturas extremas. De ser posible los repuestos deben estar bien empacados.
- Las partes almacenadas no deben estar sujetas a vibración.
- Los motores con cojinetes rectos deben ser rotados a mano y los depósitos de aceite rellenos mensualmente.
- Los motores con cojinetes deben ser rotados a mano y rellenos con grasa cada 6 meses.
- Chequear el embobinado del motor con un medidor de Mega-ohmios cuando se almacene o cuando se regrese a uso.

- Almacenar los cilindros en una posición hacia arriba, con el vástago hacia arriba, para evitar cualquier carga en los sellos.
- Llenar parcialmente los cilindros con aceite, cubrir la parte interna con aceite y aceite los hilos de las puntas de los vástagos y cualquier otra superficie maquinada.
- Tapar todos los puertos de los cilindros (entrada, salida, presión, etc.)
- Las bombas y válvulas deben ser llenadas con aceite y los puertos tapados.
- Las bombas y válvulas deben ser inspeccionadas para protegerlas con aceite cada 6 meses.

Las siguientes recomendaciones se ofrecen para dar mantenimiento a herramientas de repuesto como el contenedor, camisa de contenedor, pistón principal, bloques falsos, etc.

- Mantener dibujos precisos y actualizados de todas las herramientas, para la compra, reparación o reemplazo de los mismos.
- En el caso de repuestos para máquinas se debe referir al manual de instrucciones en cuanto a las características de las partes a cambiar, en caso de ausencia de tal manual se debe proceder de acuerdo a registros históricos.
- Inspeccionar las piezas de reemplazo cuando estas sean recibidas (nuevas o reparadas) para ver condición y grado de conformidad con las dimensiones.

Almacenar los repuestos que al estar en servicio están sujetos a una temperatura alta en un lugar templado, para minimizar el tiempo de precalentamiento y evitar choque térmico.

## 11. MODERNIZACIÓN DE EQUIPO DE EXTRUSIÓN

Como en toda industria, se necesita ir a la vanguardia de la tecnología y una empresa de extrusión de aleaciones de aluminio no escapa de esta tendencia. Las nuevas tecnologías relacionadas con las prensas de extrusión, equipo alimentador de lingotes, y sistemas de manejo automático son diseños particulares e innovadores para modernizar prensas.

### ***a. Prensas nuevas:***

Los ciclos inactivos se han logrado reducir, por ejemplo a 13 segundos para una prensa de 3,600 toneladas de fuerza de extrusión vista recientemente.

Estos tiempos de ciclos inactivos no son logrados solamente incrementando las velocidades de los componentes de la prensa, sino por cambios fundamentales al diseño de la prensa; esto significa que el mantenimiento no se ve afectado adversamente.

Estas velocidades inciden dramáticamente en la productividad pero también requieren de un equipo de manejo especial; por ejemplo, los jaladores convencionales no pueden con estos ciclos tan cortos. En la prensa, se requiere atención especial, por ejemplo, los tiempos de conmutación de la válvula hidráulica para evitar choques, y al tiempo de búsqueda del controlador lógico programable PLC; por este motivo, un fabricante de prensas usa un procesador separado para la lógica del sistema hidráulico, para evitar problemas con el cálculo de tiempo y control del PLC.

Los programas de diagnóstico, el intercambio de información con ordenadores servidores y las rutinas sofisticadas de optimización de procesos ahora son más o menos estándar en las nuevas prensas.

Un aspecto que contribuye a reducir los tiempos de los ciclos es la tendencia a fabricar y utilizar prensas de corto recorrido. En otros países tales como los europeos es comúnmente creído que la prensa “estándar” está acabada y que la tendencia de las nuevas prensas se dirige a construir varios diseños de recorrido corto. Estos diseños incluyen:

- Prensas compactas CLECIM (Francia), en las cuales el lingote se alimenta entre el contenedor y el vástago.
- El sistema OMAV de Italia (licenciado a DANIELI-BREDA y a SUMITOMO), que mueve el pistón hacia abajo en vez de hacia atrás durante la carga del lingote.
- Prensa INNSE (Suecia), la cual mueve el pistón al lado para la carga del lingote.
- Prensa TECHINT (Italia), la cual rota el vástago con el cargador del lingote.

Los sistemas mencionados reducen los tiempos inactivos en una manera lógica, reduciendo los movimientos requeridos en vez de simplemente acelerarlos. Estas prensas poseen una estructura más resistente y más rígida para una longitud de lingote dada.

En lo referente a la longitud del lingote, los más largos son ahora la norma, con longitudes de 36 a 40 pulgadas (920 a 1000 mm) en prensas que utilizan lingotes de diámetros entre 7 y 8 pulgadas (180 a 200 mm), incrementándose incluso a 60 pulgadas (1,500 mm.) en prensas más grandes. Los tamaños de las prensas también están aumentando, con prensas de 2500 a 3000 toneladas cortas de fuerza (2200 a 2800 toneladas métricas). Muchas prensas más pequeñas han sido removidas y vendidas mayormente a los países del tercer mundo.

Los cargadores de lingotes (presentes en las prensas más antiguas) con brazo oscilante están siendo reemplazados con alimentadores tipo grúa o bien robotizados; estos son mas confiables y menos ruidosos, y manejan lingotes de 2 piezas.

El diseño de los tirantes de la prensa es de gran trascendencia en los nuevos diseños de prensas, y muy controversial a la vez. Hay al menos tres corrientes de pensamiento:

- Tirantes con camisas de compresión para permitir la pretensión a lo largo de toda la longitud.
- Tirantes de ajuste convencional con dos tuercas
- Tirantes laminados

Se están desarrollando nuevos e interesantes conceptos para reducir los tiempos inactivos reduciendo o eliminando el proceso de liberación de gas durante la etapa de extrusión. La mayoría de prensas de carrera corta reducen la liberación de gas por su naturaleza y por el método de alimentación del lingote. Otra alternativa usada recientemente consiste en mantener el

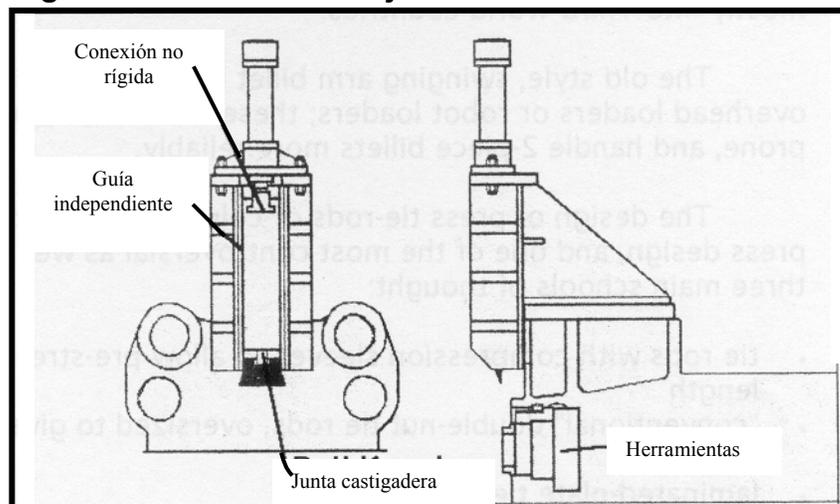
contenedor abierto, únicamente por una pequeña fracción de pulgada, durante los primeros segundos de rompimiento del lingote (cuando este empieza a fluir) hasta que el aire haya escapado. Esto se lleva a cabo por medio de un cilindro hidráulico en miniatura, con una pequeñísima carrera y una inmensa fuerza, todo ello controlado por la el controlado lógico programable de la prensa PLC. Estos sistemas ahorran tiempo y también eliminan los choques internos en el sistema hidráulico que son ocasionados por el proceso de liberación convencional de gas.

**b. Modernización las prensas:** Para la gran mayoría de empresas que deseen hacer uso de tecnología de punta o incluso la adquisición de una prensa moderna que la incorpore, es importante elaborar un análisis financiero que se incluya la recuperación de inversión. Un buen número de prensas con treinta (30) o más años de servicio poseen aún una estructura robusta lo que les permite funcionar considerablemente bien si son actualizadas con las modificaciones correctas. La inversión en tiempo y dinero puede ser solo una parte de la que requeriría una nueva. Para encontrar la secuencia adecuada del proceso de modernización de las prensas de extrusión antiguas, deben de tomarse en cuenta los siguientes razonamientos: (Aquí se dan algunas ideas de prioridades de modernización)

- 1. Mejora de la confiabilidad de la cizalla de lingotes:** Muchos operarios de prensas extrusoras se ven obligados a controlar la prensa manualmente, solo para asegurarse que el extremo del lingote de desecho esté cortado correctamente y caiga libremente fuera de la prensa. Se pierde tiempo valioso al cambiar a la modalidad manual para remover un extremo o para lubricar manualmente la hoja de cizalla. Ahora existen varias opciones de equipo que pueden liberar al operador para realizar otros trabajos, para ahorrar tiempo de la prensa y a la vez

proteger el equipo de daños. En primer lugar, hay lubricantes de alta tecnología que pueden ser aplicados automáticamente en la hoja de corte para garantizar una buena separación de extremos de lingote a desechar. En segundo lugar, existe un aparato mecánico que separa los desechos de lingotes golpeándolos. Usualmente se instala en conjunto con una cizalla de lingotes mejorada. Por último, las celdas fotoeléctricas se colocan estratégicamente para asegurarse que el lingote de desecho ha sido eliminado satisfactoriamente. La figura 30 muestra un ejemplo de la cizalla mejorada.

**Figura No. 30 Cizalla mejorada**



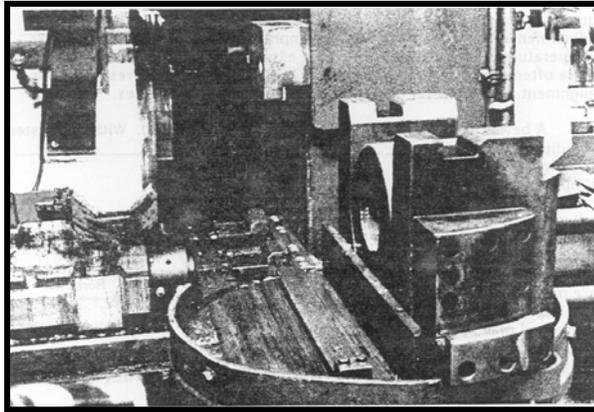
**Fuente: Asociación Norteamericana del aluminio, página 55**

- 2. Instalación de un cambiador de herramientas de extrusión más rápido:** Un proyecto de modernización aplicable a una gran cantidad de prensas de extrusión, y cuyo retorno de inversión puede ser corto para gran cantidad de prensas se refiere a la instalación de una estación de cambio de matrices (ver figura 10-2). La mayoría de prensas con cambiadores de matrices requieren de 3 a 5 minutos para cambiar las

mismas. Con el sistema propuesto se puede reducir el tiempo a ½ minuto. Si han de tenerse de 8 a 10 cambios de matrices por cada turno de producción se puede visualizar la mejora en productividad, se gana en tiempo de producción y se ahorran cientos de horas de tiempo de prensa y de personal perdidos en los cambios de pistones. El retorno de inversión al realizar esta tarea de modernización es muy rápido. Además, los cambiadores de herramientas que poseen más de una estación (pueden tener varios dados de extrusión listos al mismo tiempo) permite una alineación de herramienta más precisa y consistente lo cual es crítico para la tolerancia de producción de los perfiles a producir.

- 3. Instalar mejores guías del contenedor y alojamiento de una pieza para el contenedor:** Otra mejora trascendental para prensas de extrusión es el reemplazo del alojamiento del contenedor, combinándolo con guías de más efectivas. La mayoría de prensas “obsoletas” (e incluso algunas de reciente diseño y construcción) poseen sistemas de guía en X. Estas guías tienen rieles de deslizamiento inclinados (un cierto ángulo), por este motivo se alinean solamente mediante ensayo y error. Cuando se hace un ajuste en una dirección, esto causa un movimiento no intencionado en otra dirección. El ajuste correcto involucra una serie de aproximaciones, y usualmente el personal que lo ejecuta se frustra y desiste. Otros diseños usan guías superiores o inferiores, lo cual requiere que alguien se encarama a la prensa caliente para hacer los ajustes; convirtiéndolo en un trabajo peligroso e impráctico. Si el ajuste se efectúa en frío debe adivinarse la dilatación. Por lo anterior, es común que las guías se dejen tal como están (desajustadas) lo que incide en la calidad del producto a producir, ya que la mala alineación de las herramientas de extrusión hacen que el producto se salga de tolerancias dimensionales, ver figura 31.

**Figura No.31 Cambiador de herramientas estación múltiple**

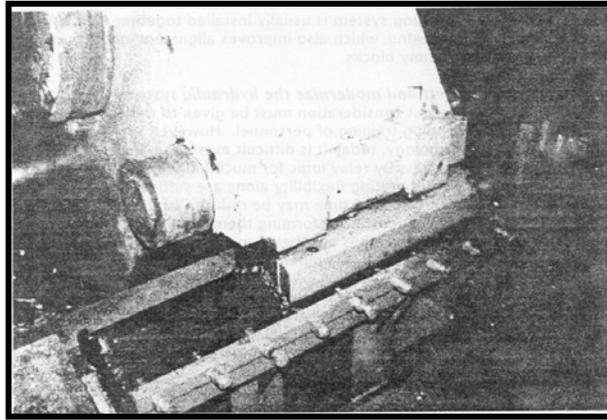


**Fuente: Asociación Norteamericana del aluminio, página 65**

Existe otro diseño de guías en V (figuras 10-3 & 10-4). Con este sistema, todos los ajustes son lógicos – simples ajustes verticales u horizontales – y será tan exacto como se desee hacer. Todos los cambios son hechos desde el exterior de la prensa y pueden realizarse a la temperatura de operación usual. Este sistema ha sido utilizado exitosamente por más de 15 años en numerosas prensas, y ha demostrado su fiabilidad, ver la figura 32 y 33 donde se da un ejemplo.

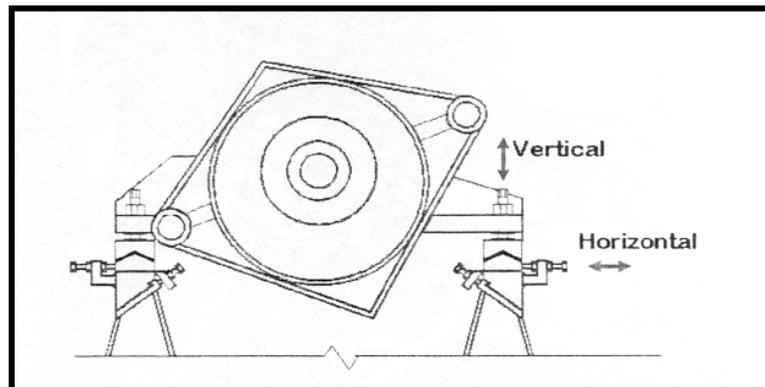
Un sistema de guías mejorado usualmente se instala junto con un nuevo alojamiento de contenedor de una sola pieza, el cual también mejora la alineación y hace más fácil usar bloques fijos.

**Figura No. 32 Guías en “V”**



Fuente: Robert Werner, Manual Prensa de extrusión, página 10-28

**Figura No. 33 Esquema de guías del contenedor en “V”**



Fuente: Robert Werner, Manual Prensa de extrusión, página 10-30

- 4. Instalación de controladores lógicos programables PLC y modernización del sistema hidráulico:** Este proyecto es por lo general de muy alta prioridad, pero se deben tomar en consideración el costo y el tiempo requeridos para llevarlo a cabo. Esto incluye la capacitación del personal. El rápido avance de la tecnología hace inconcebible que las prensas de extrusión continúen operando con lógica de relees. Las

ventajas en confiabilidad y flexibilidad de operación por si solas son suficientes para justificar el cambio. Con controladores PLC, el tiempo de inactividad puede ser reducido de una manera lógica, reduciendo los movimientos requeridos o produciéndolos simultáneamente, en lugar de solamente acelerar la máquina. El cambio también está obligado en algunos casos cuando los componentes del control hidráulico se vuelven obsoletos.

Los PLC' s de hoy cuentan con programas sofisticados de diagnóstico para identificar rápidamente los problemas incluso desde una remota oficina de mantenimiento o de producción en la misma planta. Hoy en día el intercambio de la información en línea con computadoras es una ventaja para registrar historiales de producción y recuperarlos para establecer los parámetros de producción.

Hay que tener en mente que la reducción del tiempo muerto del equipo no es sinónimo de incremento de productividad, a menos que dicha reducción haya sido coordinada con los equipos encargados de manipular los perfiles que salen de la prensa de extrusión. Muchas prensas pueden producir mucho más de lo que el sistema de manipulación puede manejar, y en especial más de lo que la línea de corte puede procesar.

**5. Incorporar un sistema que pueda mover el vástago de extrusión:**

Las prensas antiguas pueden ser convertidas a prensas de carrera corta con la conversión al sistema de vástago de extrusión movable mencionado antes. Combinado con un alimentador de lingotes sobre-cabeza, se puede reducir el tiempo muerto en 4 segundos, a la vez que se incrementa la longitud del lingote en un 25%. En muchos casos el resultado es un incremento neto de producto producido de 25% en cada ciclo de extrusión, y sin incremento en los desperdicios. El retorno de inversión es frecuentemente menor a los 6 meses.

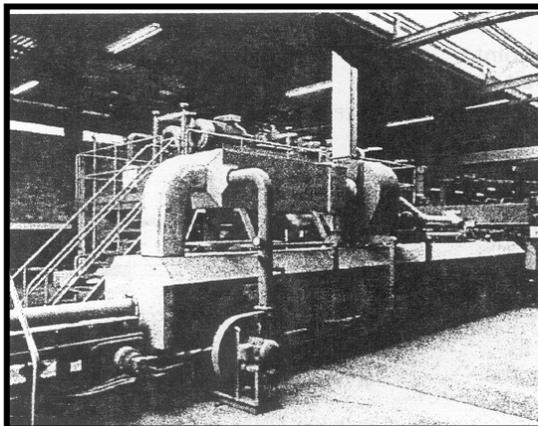
**6. Tendencias en equipo de alimentación:**

En cuanto a la alimentación de lingotes, casi todas las prensas nuevas están ahora equipadas con cizallas de lingotes. El costo de una cizalla en caliente es mucho menor que el inventario extra de lingotes previamente cortados. Además la mayor ventaja consiste en la reducción drástica de desperdicio. El software mas reciente mide periódicamente la relación de extrusión durante la producción y calcula la longitud óptima de los lingotes para utilizarlos en el siguiente corte.

La experiencia nos ha enseñado que los lingotes que estén conformados por dos piezas (es decir, las dos piezas hacen la longitud óptima de producción) no deben incluir un extremo cizallado en el extremo de contacto entre sí, el resultado se hará evidente en los perfiles con burbujas de aire, que quedó atrapado allí. Cuando se requiera utilizar lingotes conformados por dos piezas se deben utilizar únicamente lingotes cuyos extremos (ambos) estén aserrados y nunca cizallados.

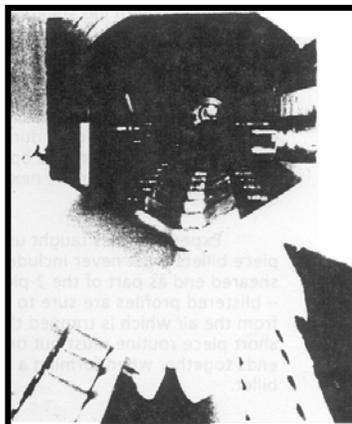
La eficiencia y confiabilidad de los hornos de lingote en bruto (no previamente cortados) y los cortados continúan incrementándose, excediendo ahora el 60% de eficiencia de combustible. Es importante incluir los cargos por energía eléctrica o el costo del combustible ya que pueden variar considerablemente para el análisis financiero. Para eliminar la presencia de partículas sueltas en la superficie del lingote a cizallar, el arco de refractarios del horno de precalentamiento de lingotes debe estar embutido en una plancha de una aleación resistente a altas temperaturas. (Figura 34 & 35).

**Figura No. 34 Horno de precalentamiento de lingotes de alta eficiencia**



Fuente: Robert Werner, Manual Prensa de extrusión, página 10-31

**Figura No.35 Interior del horno de precalentamiento de lingotes**



Fuente: Robert Werner, Manual Prensa de extrusión, página 10-31

¿Cómo y cuando se justifica la congestión del horno de precalentamiento de lingotes previamente cortados a un horno-cizalla de lingotes en bruto? No hay respuesta general a esta pregunta, esto depende de la economía específica de cada planta. Muchas prensas nuevas siendo instaladas hoy están equipadas con cortador para lingotes, pero la situación es diferente para una cizalla en caliente. Los factores a ser usados en el análisis económico incluyen:

- Se reducirá el inventario en kilogramos (o libras) netos de lingotes en bruto con relación al de lingotes cortados que deben mantenerse en stock en ausencia de la cizalla. El capital ahorrado superará la inversión en equipo.
- Se reducirá la cantidad de desecho de lingote extruído e incluso la cantidad de desperdicio de perfiles en el sistema de manejo, por lo general, la reducción es por más del 5%. Un extrusor descubrió que con lingotes previamente cortados, se utilizaban lingotes de largos incorrectos más de la mitad del tiempo. Esto se debió a falta de inventarios o a tener el lingote de longitud equivocado en el horno de precalentamiento de lingotes.
- Los hornos más modernos pueden sobrepasar el 60% de eficiencia de combustible, comparado con el 18% para los hornos de cadena antiguos.

Estos ahorros son sustanciales, y la suma de todos ellos justifica la instalación de un horno de precalentamiento-cizalla de lingotes en caliente.

Otro tema de interés es el precalentamiento de los lingotes desde los extremos aserrados (hornos de inducción eléctrica): ¿Vale la pena? En la industria de la

extrusión, hay literatura que indica que los extrusores experimentados no creen que valga la pena utilizar este tipo de horno a menos que los lingotes tengan 36 pulgadas de longitud o más. Además, el costo de los hornos por inducción es prohibitivo, tanto en costo de equipo como en el de operación por la energía que consume. Los nuevos hornos para lingotes a fuego directo con gas están ganando terreno en la actualidad, con muchos instalados para propósitos de evaluación. Un gran beneficio de los hornos por inducción, reside en el hecho de que el control de temperatura es mucho más preciso que en los hornos a fuego directo, y la inversión extra requerida es razonable.

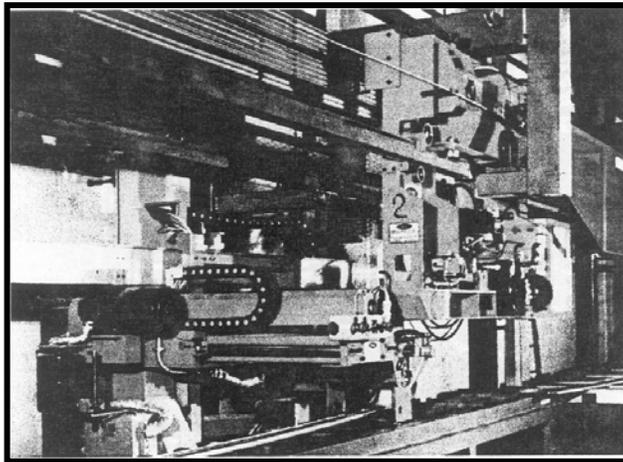
**7. Tendencias en mejoras del sistema de manejo y equipo auxiliar posterior a la prensa:** La automatización del sistema de manejo es estándar en las prensas y en los proyectos de modernización. El equipo de trabajo de tres hombres todavía se usa en muchas nuevas prensas, pero crecientemente las plantas están siendo diseñadas para ser operadas por dos personas. Aparte del costo de mano de obra y la disponibilidad, una razón importante para esta tendencia es reducir las variaciones del proceso causadas por los operarios que entran en contacto con el material.

Otra tendencia es hacia la extrusión continua, esto se consigue mediante herramienta de extrusión que tiene compartimientos o alimentadores de metal, la carga del nuevo lingote es efectuada sin cortar la pieza producida, con lo que se logra una producción continua (de una pieza de perfil).

Al ser la operación continua, el operador de la prensa sólo se fija en localizar problemas y cambiar los datos de extrusión según sea requerido.

Para cortar los perfiles al final de cada ciclo de extrusión de lingotes, se utiliza una sierra en caliente de posicionamiento variable. Las cortadoras de perfiles se utilizan por lo general en perfiles pequeños ya que frecuentemente causan problemas en piezas más grandes; la tendencia es más hacia las sierras calientes, equipadas con recolectores de partículas de metal y lubricantes de sierras. La sierra es posicionada automáticamente a una distancia de corte final estándar respecto a la posición de la herramienta de extrusión y corta los perfiles durante el ciclo inactivo de la prensa. El doble jalador de perfiles se muestra en la siguiente figura:

**Figura No. 36 Doble jalador de perfiles**



**Fuente: Robert Werner, Manual Prensa de extrusión, página 10-33**

Otra controversia referente a nuevos sistemas en uso actualmente, se refiere a la decisión entre fajas u otro equipo de transporte sobre la mesa de enfriamiento, sin embargo es muy difícil generalizar cuál de las dos es mejor para cada planta en particular, pero algunas opiniones se ofrecen a continuación.

- La publicidad anuncia que las fajas son buenas para transportar perfiles que se encuentren a una temperatura de 1000° F pero este dato es falso; el límite superior es cercano a los 700° F.
- No debe asumir que las fajas mejorarán por arte de magia la calidad de la superficie de los perfiles; considere que por muchos años los más altos acabados han sido producidos con este equipo. Primero debe darse un vistazo al origen de las ralladuras en los perfiles.
- Las fajas reducirán grandemente las mencionadas manchas de enfriamiento en los perfiles.
- Las fajas continuas requieren siempre mayor mantenimiento que las fajas seccionadas; sin embargo, el diseño cuidadoso del sistema completo, no debería causar problema.
  
- Tales diseños cuidadosos incluyen:
  - Un sistema de alta calidad para enfriamiento súbito de los perfiles.
  - Un buen diseño para tensar y mantener en su carril las fajas.
  - Un diseño para cambio rápido de las fajas cuando sea necesario.

Después de analizar estos puntos, puede ser decirse que nueve de cada diez nuevas plantas se instalar con fajas continuas.

Otra consideración importante concierne al enfriamiento súbito de perfiles: se debe escoger si usar agua o aire, o una combinación, y cómo aplicarla. Esta es un área compleja y costosa, que no se presta a respuestas rápidas. En general, el agua debe ser usada solo como último recurso, cuando

sea necesaria para ciertas aleaciones, por el riesgo de distorsión. Para la aplicación de agua se prefiere utilizar los atomizadores sobre la inmersión por dos razones:

- Los atomizadores pueden graduarse de tal forma que se reduzca la variación de los perfiles.
- La atomización penetra inclusive la capa de vapor que se forma en la superficie del perfil que impide la transferencia de calor efectiva.

En cuanto al aire puede suministrarse desde sopladores remotos, alimentado a través de tubos y boquillas localizados en la parte inferior de las mesas de salida y enfriamiento, en caso de necesitar más enfriamiento, se pueden agregar sopladores sobre el canal jalador, y también bajo la mesa enfriadora. El flujo de aire puede ser regulado con válvula de mariposa controlada a distancia o con un potenciómetro de control de frecuencia variable para el soplador.

***Estiradores de perfiles:*** Hoy día se diseñan para que su operación se lleve a cabo a lo sumo por un operario. Este es un tema de calidad así como de productividad laboral, puesto que una persona no puede dañar el metal arrastrándolo sobre la mesa. Las mandíbulas de sujeción se diseñan para evitar el aplastamiento de los perfiles, y para evitar que los extremos de los perfiles se levanten de la mesa ocasionándoles una curvatura innecesaria; estas características reducirán el desperdicio significativamente.

Las leyes de contaminación auditiva señalan el uso exclusivo de sierras finales ubicadas en la parte inferior de la mesa para reducir el nivel de ruido así como para cortes exactos de alta calidad.

Hay desarrollos importantes que mencionar en relación a los calentadores de dados. Aquí el objetivo es mejorar la precisión del control de temperatura de los dados; minimizar la oxidación de los mismos (en especial de los soportes); para evitar sobre calentamiento y el exceso de tiempo a la exposición de calor en el horno y ahorrar energía. Muchas compañías de extrusión están utilizando hornos con atmósferas de gas inerte para eliminar la oxidación de las superficies de contacto de los dados y también para alcanzar las temperaturas más rápida y uniformemente. Otra nueva tecnología de calefacción usada es la corriente de inducción para calentar dados en 20 minutos, de acuerdo a la publicidad de los fabricantes.

Finalmente, el empaque de las piezas terminadas ha sido un tema abandonado, sin embargo existen varios sistemas de empaque que pueden utilizarse, por ejemplo:

- Empaque en espiral, con plástico transparente o papel crepé.
- Alimentadores automáticos de papel de entrelazamiento.
- Máquina de fabricación de cartón automático.

Varias opciones se ofrecen, con diferentes grados de automatización, incluyendo el sistema de amarre. Con los costos de empaque acercándose a los costos extrusión, es necesario poner mayor atención en adaptar esos nuevos sistemas de empaque.

## CONCLUSIONES

1. El seguimiento de un programa de mantenimiento preventivo en una planta de extrusión de perfiles de aleaciones de aluminio permite prolongar la vida útil del equipo que interviene en el proceso de producción.
2. Se debe conocer el funcionamiento de cada una de las máquinas que toman parte en una planta de extrusión y los componentes de las mismas para poder elaborar, adecuadamente, un programa de mantenimiento preventivo.
3. Para conocer las fallas más frecuentes que afectan el equipo de extrusión se requiere de un historial.
4. La reducción de costos en el proceso de fabricación de perfiles se logra mediante un efectivo mantenimiento del equipo.
5. Para producir perfiles que cumplan con las exigencias del mercado al menor costo posible, es necesario que el proceso sea estandarizado mediante la evaluación continua del equipo mediante tareas de mantenimiento.
6. Un ingeniero de mantenimiento debe contar con la información técnica de los equipos que intervienen en un proceso de producción y actualizarlos conforme sea necesario.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que en una planta industrial se cuente con un programa de mantenimiento establecido para prolongar la vida útil del equipo y evitar reparaciones innecesarias.
2. Cuando se instaure un programa de mantenimiento es necesario medir su efectividad en forma continua de acuerdo a las necesidades de la empresa o institución.
3. Es recomendable contar con un inventario de repuestos críticos para evitar las interrupciones en la producción.
4. Para reducir los costos de mantenimiento es necesario estandarizar el equipo y por lo tanto se recomienda adquirir repuestos que puedan ser utilizados en más de un equipo.
5. Se recomienda mantener actualizados los planos y especificaciones del equipo para agilizar las reparaciones y adquisición de repuestos y así evitar los paros prolongados de producción.
6. Se recomienda capacitar al personal encargado de mantenimiento para que realice las tareas de mantenimiento correctamente dentro de un tiempo prudencial.
7. El personal a cargo del mantenimiento debe tomar las precauciones necesarias para evitar accidentes y daños al equipo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Aluminum Alloy 6063, BAR, BAR, RODA AND SHAPES, **EXTRUDED NORMA AMS-QQ-A-200/9**, SAE International, 1998.
2. Dietrich G. Altenpohl, **Aluminum Technology, Applications And The Environment**, The Aluminum Association, Inc. Impreso en los Estados Unidos de Norteamérica, 1999
3. Dounce Villanueva, Enrique. **La productividad en el Mantenimiento Industrial**. 2ª Edición, Compañía Editorial Continental S. A. México, 1989
4. Duffuaa Salih O, A. Raouf, Jonh Dixon Campbell. **Sistemas De Mantenimiento Planeación y Control**, Editorial Limusa S. A. México, 2002
5. K. Laue y H. Stenger, **Extrusion**, American Society for Metals ASM Impreso en los Estados Unidos de Norteamérica, 1981.
6. Roldan VÍloria, José. **Manual de Mantenimiento de Instalaciones**. 2ª Edición, Editorial Paraninfo. Madrid, España, 1999

Páginas de internet visitadas.

1. [www.monografias.com](http://www.monografias.com)

