



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**DESCRIPCIÓN DEL FLUJOGRAMA  
DE UNA FÁBRICA DE TUBERÍA DE  
ALUMINIO POR EXTRUSIÓN.**

**Autor:**

**Fuente Antolín, Óscar**

**Tutor:**

**López Aparicio, Manuel  
CCMM**

**Valladolid, julio de 2017.**



**Universidad de Valladolid**

**DESCRIPCIÓN DEL FLUJOGRAMA DE UNA FÁBRICA DE TUBERÍA DE ALUMINIO POR EXTRUSIÓN.**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**



Índice	
1. Resumen.....	5
1.1. Palabras clave.....	5
1.2. Abstract.....	5
1.3. Keywords.....	5
2. Introducción.....	7
2.1 El aluminio en la industria actual .....	7
2.2. Utilización del aluminio en los sistemas de riego por aspersión .....	9
3. Objetivos, justificación.....	10
4. Descripción del producto a fabricar .....	11
4.1. Proceso de extrusión directa .....	13
4.2. Proceso de soldadura MIG .....	21
5. Flujograma.....	23
5.1 Implantación .....	24
6. Descripción del flujograma.....	25
6.1. Recepción del tocho madre.....	25
6.2. Corte del tocho.....	25
6.3. Calentamiento del tocho.....	25
6.4. Proceso de extrusión .....	25
6.4. Enfriamiento del tramo de tubería extruido .....	26
6.5. Estiramiento del tramo de tubería.....	26
6.6. Corte transversal .....	26
6.7. Inspección.....	26
6.8. Tratamiento térmico .....	27
6.9. Prueba hidráulica.....	28
6.10. Soldadura de las conexiones rápidas .....	28
6.11. Acabado superficial .....	28
6.12. Inspección final.....	28
6.13. Almacenaje .....	28
7. Descripción de las instalaciones.....	29



7.1. Taller mantenimiento electromecánico.....	29
7.2. Taller de mantenimiento de matrices .....	29
7.3. Almacén conexiones rápidas.....	29
7.4. Almacén producto acabado.....	30
7.5. Almacén fungibles soldadura .....	30
7.6. Transporte.....	30
7.7. Laboratorio metrología .....	31
7.8. Almacén chatarra de aluminio.....	31
7.9. Almacén de tochos .....	31
8. Descripción de los equipos .....	32
8.1. Horno de calentamiento .....	32
8.2. Sierra circular.....	32
8.3. Horno calentamiento matrices .....	33
8.4. Prensa extrusión y equipo auxiliar.....	33
8.5. Sistema de carga de tochos .....	40
8.6. Puller .....	40
8.7. Mesas y equipo para el enfriamiento.....	41
8.8. Equipo para estirado .....	42
8.9. Sierra de precisión.....	43
8.10. Horno de nitruración.....	43
8.11. Horno de envejecimiento .....	44
8.12. Equipo soldadura MIG .....	45
9. Mantenimiento.....	47
10. Conclusiones .....	51
11. Bibliografía .....	53
11.1. Libros .....	53
11.2. Páginas web.....	53
12. Anexos .....	55
12.1. Prevención riesgos laborales .....	55



### Lista de símbolos

$A_0$	Área de la sección transversal del tocho
$A_f$	Área de la sección transversal del producto extruido
$A_C$	Área hueco del contenedor
$D_C$	Diámetro hueco contenedor
$D_E$	Diámetro equivalente producto extruido
$F_e$	Fuerza necesaria para la extrusión
$F_P$	Fuerza suministrada por la prensa
$P_C$	Presión específica
$P_D$	Presión de deformación
$P_F$	Presión para vencer la fricción
$P_I$	Presión trabajo interno
$P_m$	Presión del cuerpo principal
$P_T$	Presión total
$R$	Relación de extrusión
$V_R$	Velocidad del cuerpo principal
$V_{Extusión}$	Velocidad del perfil extruido
$V_{Embolo}$	Velocidad del émbolo
$Z$	Longitud del tocho en contacto con el contenedor
$\alpha$	Ángulo de la zona muerta
$\sigma$	Límite elástico



Universidad de Valladolid

DESCRIPCIÓN DEL FLUJOGRAMA DE UNA FÁBRICA DE TUBERÍA DE ALUMINIO POR EXTRUSIÓN.



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES



## 1. Resumen

En este trabajo se describe el flujograma de una fábrica de tubería de aluminio por extrusión. El aluminio tiene una gran importancia en la industria actualmente debido a su gran variedad de aplicaciones. Sus características y propiedades hacen que sea un material muy adecuado para la fabricación de tuberías para riego por aspersión. El proceso principal para fabricar la tubería es la extrusión en caliente a partir de tochos (cilindros) de aluminio. El perfil cilíndrico hueco obtenido en la extrusión pasa por una serie de etapas, como estirado, corte a medida, tratamiento térmico, acabado superficial, etc. Una parte importante del tramo de tubería son las conexiones rápidas soldadas a sus extremos para la facilitar el montaje de la red de tuberías de riego por aspersión. Se describe el proceso de soldadura MIG y el equipo necesario para la soldadura de las conexiones. En este trabajo se describen las instalaciones, equipos necesarios y los medios de transporte de la fábrica. Además, se describe la necesidad de un buen mantenimiento de los medios que intervienen en la fabricación y la importancia de los equipos de protección personal para evitar riesgos laborales.

### 1.1. Palabras clave

Flujograma, extrusión, tubería, aluminio, equipos.

### 1.2. Abstract

In this project is described the flow chart of an aluminium pipe extrusion plant. The aluminium currently has a great importance due to a wide range of applications. Its characteristics and properties make it a very proper material for the manufacturing of pipes for sprinkler irrigation. The main process for pipe manufacturing is the hot extrusion from aluminium billets (cylinders). The hollow aluminium profile obtained in the extrusion process passes through a series of stages, such as stretching, cutting, heat treatment, surface finish, etc. An important part of the pipe are the quick connections welded at the ends in order to make the assembly of the pipe network easy. The welding process MIG is described and the necessary equipment for the welding of the connections. In this project is described the installations, necessary equipment and the means of transport of the plant. In addition, it is described the need for a good maintenance of the means that intervene in the manufacture and the importance of the personal protective equipment for prevent occupational risks.

### 1.3. Keywords

Flow chart, extrusion, pipe, aluminium, equipment.



Universidad de Valladolid

DESCRIPCIÓN DEL FLUJOGRAMA DE UNA FÁBRICA DE TUBERÍA DE ALUMINIO POR EXTRUSIÓN.



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

## 2. Introducción

### 2.1 El aluminio en la industria actual

La utilización de aluminio ha tenido un gran desarrollo en los últimos años debido a la gran cantidad de aplicaciones y características de este metal y sus aleaciones. Es utilizado en la construcción, en los medios de transporte, en utensilios domésticos, en envases y contenedores de alimentos, en componentes electrónicos y en muchas más aplicaciones.

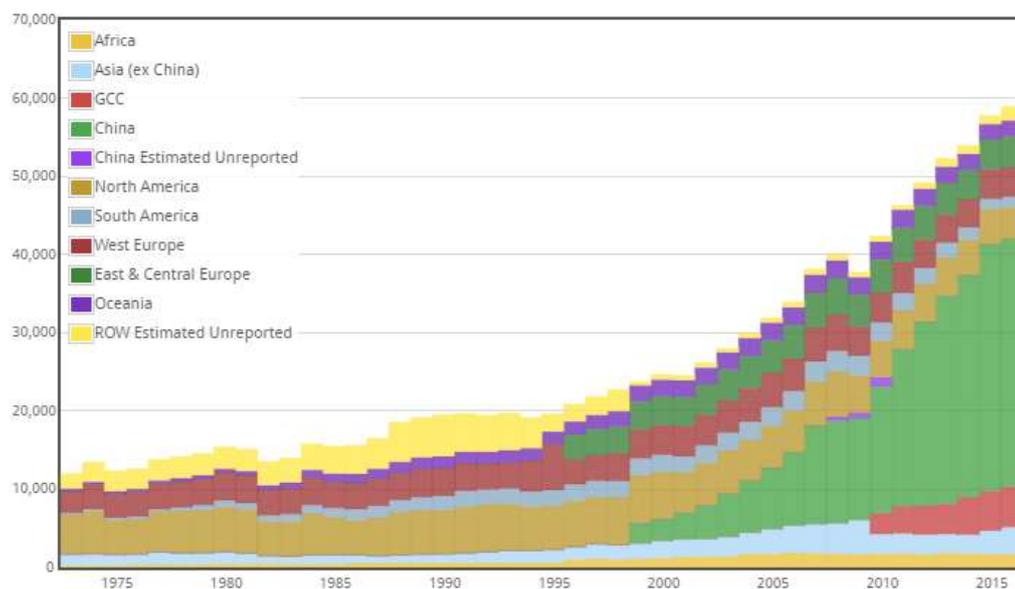


Figura 1: Producción mundial de aluminio primario desde 1973 hasta la actualidad en miles de toneladas.

El aluminio es uno de los elementos más abundantes de la corteza terrestre, con una baja densidad ( $2,7 \text{ g/cm}^3$ ) un tercio de la densidad del acero. El aluminio sustituye al acero en aplicaciones en las que el nivel de las sollicitaciones sea medio, se necesite resistencia a la corrosión y resiliencia.

En la industria se utilizan las aleaciones de aluminio ya que el aluminio es un metal blando y poco resistente a la tracción. Los elementos más comunes en las aleaciones son el cobre, magnesio, silicio, manganeso, zinc, hierro, etc. Las características resistentes de estas aleaciones pueden ser mejoradas por tratamiento térmico y deformación plástica.

Propiedades y características que hacen que las aleaciones de aluminio sean muy utilizadas en la industria:



- Gran ligereza, tienen un tercio de la densidad del acero, por lo que pueden sustituir a este en un rango determinado de solicitaciones.
- Resistencia a la corrosión en distintos medios debido a la capa de alúmina (óxido de aluminio) formada en su superficie.
- Gran conductividad eléctrica y térmica.
- Tienen buenas propiedades de reflexión.
- Tienen una buena ductilidad y colabilidad por lo que se pueden utilizar muchos procesos de fabricación para obtener formas complejas.
- Las aleaciones de aluminio son reciclables, para la fabricación de aluminio secundario solo se requiere un 5% de la energía necesaria para producción de aluminio primario.
- Son no ferromagnéticas y no pirofóricas.
- Tienen un comportamiento dúctil, incluso a bajas temperaturas.

Las aleaciones de aluminio también tienen determinadas características y propiedades que las hacen inadecuadas en determinadas aplicaciones:

- Bajo punto de fusión, solo pueden trabajar a bajas temperaturas.
- Soldabilidad especialmente delicada.
- Mal comportamiento a fatiga.

### **Clasificación de las aleaciones**

Las aleaciones de aluminio se clasifican en dos grupos: aleaciones de aluminio para conformado y aleaciones de aluminio para moldeo. Se designan mediante cuatro dígitos que indican la composición de la aleación. En las aleaciones para moldeo se intercala un punto decimal entre las dos últimas cifras. Después de estas cifras hay un espacio y una designación que consiste en una letra y un número de una a tres cifras que indica el tratamiento térmico o mecánico aplicado a la aleación.

### **Descripción de las distintas aleaciones de aluminio más utilizadas en la industria.**

Series 1000: Aluminio de 99% o mayor pureza, gran resistencia a la corrosión, gran conductividad eléctrica y térmica, baja resistencia mecánica.



Series 2000: El principal elemento de aleación de estas aleaciones es el cobre, el magnesio es una adición secundaria, requieren un tratamiento térmico por solución para obtener unas propiedades óptimas. No tienen tanta resistencia a la corrosión, pueden sufrir corrosión intergranular.

Series 3000: El manganeso es el principal elemento de aleación, son generalmente no tratables térmicamente.

Series 4000: El principal elemento de aleación es silicio, la mayoría de estas aleaciones no son tratables térmicamente.

Series 5000: El principal elemento de aleación es el magnesio, tienen buena resistencia a la corrosión en ambientes marinos.

Series 6000: Los principales elementos de aleación son el silicio y el magnesio en las proporciones adecuadas para formar el compuesto intermetálico  $Mg_2Si$ , este compuesto las hace tratables térmicamente, tienen buena formabilidad, soldabilidad, resistencia a la corrosión, maquinabilidad y buena resistencia mecánica.

Series 7000: El zinc es el principal elemento de aleación en cantidades del 1 al 8 %, son aleaciones tratables térmicamente y de moderada a alta resistencia mecánica.

Series 8000: Son aleaciones formadas por otros tipos de elementos.

Designación de los tratamientos:

F: Suministro tal como se fabrica, no se ha realizado ningún tratamiento para modificar sus características mecánicas.

O: Recocido.

H: Aleación endurecida por acritud.

W: Temple de precipitación. Aplicado a aleaciones que envejecen a temperatura ambiente.

T: Tratamientos térmicos para producir situaciones estables.

## 2.2. Utilización del aluminio en los sistemas de riego por aspersión

Las tuberías de aluminio en los sistemas de riego por aspersión son de gran utilidad debido a su ligereza, la cual facilita la instalación, su resistencia a la corrosión y el hecho de que es un material fácilmente reciclable. En comparación con las tuberías de acero, estas soportan mayores presiones,

pero tienen un peso más alto y resisten peor la corrosión. Por otra parte, las tuberías de PVC o polietileno son ligeras y económicas, pero suelen tener una mala resistencia a la radiación ultravioleta, son frágiles y no resisten bien cambios de temperatura como el aluminio, por lo que la instalación se deteriora más rápido que una instalación de aluminio.



*Figura 2: Riego por aspersión.*

### 3. Objetivos, justificación

El objetivo es describir el flujograma de una fábrica de tubería de aluminio por extrusión, describir todas las etapas que intervienen en la fabricación, indicando sus principales parámetros, la relación entre las distintas etapas, la descripción de los equipos necesarios en cada etapa, las instalaciones de la fábrica y los medios de transporte.

#### 4. Descripción del producto a fabricar

La materia prima consiste en un cilindro de aleación de aluminio 6063-T5 denominado tocho madre con las siguientes dimensiones: 200,22 mm de diámetro y 7000 mm de longitud, su peso es de 595 kg. Para el proceso de fabricación este tocho madre es cortado en tochos de 700 mm, el peso de los tochos utilizados en el proceso es de 59,5 kg. En el proceso de fabricación de los tochos, justo antes de colar, se añade una varilla de aluminio de unos 140 g de peso, con un 5 % de titanio y 1 % de boro para favorecer el proceso de extrusión. Las especificaciones de la aleación 6063-T5 y sus características mecánicas se muestran en las siguientes tablas:

Elemento aleante	Fe	Si	Mg	Mn	Cu	Ti	Cr	Zn	otros elementos
Contenido máximo (%)	0,35	0,60	0,90	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05
Contenido mínimo (%)		0,20	0,45						

Tabla 1: Composición química aleación de aluminio 6063-T5.

Módulo de elasticidad (GPa)	Límite elástico (MPa)	Tensión de rotura (MPa)	Elongación (%)	Dureza (HB)
69	130	175	8	65

Tabla 2: Características mecánicas de la aleación 6063-T5.

Resistencia a la corrosión	Soldabilidad	Maquinabilidad	Anodizado	Conformabilidad
Muy buena	Buena	Buena	Muy buena	Buena

Tabla 3: Características tecnológicas de la aleación 6063-T5.

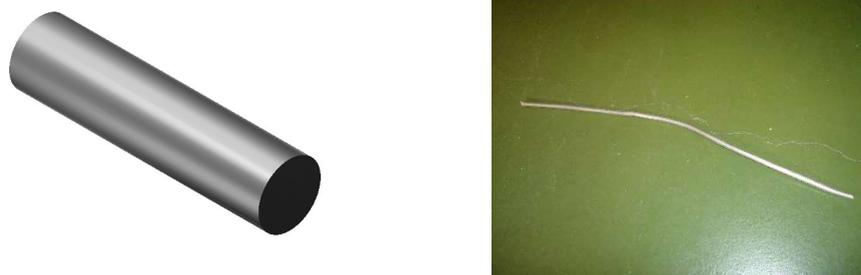


Figura 3: Tocho de aluminio y varilla de Al-Ti-B.

El producto acabado consiste en un tramo de tubería, que es un perfil cilíndrico hueco con requerimientos de estanqueidad, con dos conexiones rápidas o acoplamientos hidráulicos soldados a sus extremos. La tubería puede fabricarse con varias longitudes y diámetros. En la siguiente tabla se muestra las especificaciones del tramo de tubería:

Diámetro interior(mm)	Diámetro exterior(mm)	Longitud (m)	Peso (Kg)
114	120	3	10,93

Tabla 4: Especificaciones del tramo de tubería.

### Descripción de las conexiones rápidas

Las conexiones rápidas son de la misma aleación de aluminio 6063 de la que está compuesto el perfil cilíndrico hueco, están fabricadas mediante fundición en coquilla por gravedad. Están soldadas a los perfiles mediante soldadura MIG, en un extremo se suelda la conexión tipo hembra y en el otro una conexión tipo macho. Para asegurar la estanqueidad la conexión rápida tipo hembra cuenta con una junta de doble labio colocada en su interior. Las presiones de funcionamiento son: Presión de trabajo: 10 atmosferas, presión de servicio: 15 atmosferas.

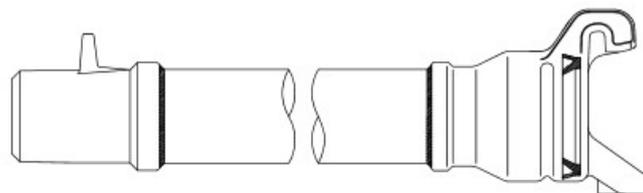


Figura 4: Conexiones rápidas y junta.



Figura 5: Conexión rápida con bebedero y mazarota.

#### 4.1. Proceso de extrusión directa

En el proceso de extrusión el tocho o pieza de trabajo es forzado a fluir a través de una matriz para dar forma a su sección transversal. En este proceso el tocho se carga en un recipiente o contenedor y se empuja contra una matriz sostenida por un soporte. La fuerza ejercida por la prensa se aplica sobre el émbolo y después de que el tocho se ha recalcado para rellenar el contenedor, el producto emerge a través de la matriz.

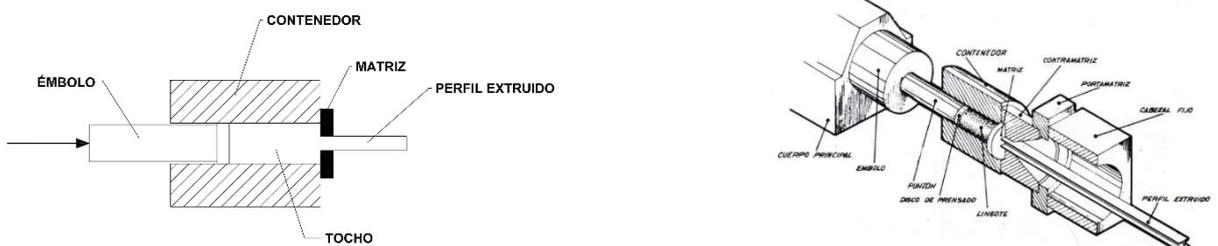


Figura 6: Esquema de la extrusión directa.

### Extrusión directa en caliente

La extrusión en caliente consiste en hacer fluir un metal calentado a una temperatura intermedia entre la temperatura de recristalización y la temperatura de fusión del material, a través de la matriz dando lugar a un producto largo de sección constante. Las aleaciones de aluminio se extruyen de forma isotérmica, sin lubricantes y con matrices de acero para trabajo en caliente. Esta elevada temperatura del material aumenta su ductilidad por lo que la fuerza requerida es menor. En la extrusión en caliente se pueden producir una serie de problemas tales como el desgaste de la matriz y el enfriamiento del tocho en el contenedor, lo que puede suponer una deformación no uniforme. Para reducir el desgaste de la matriz y reducir el enfriamiento del tocho se precalienta la matriz.

Para la fabricación de tubos de aluminio se utilizará el proceso de extrusión en caliente no lubricada. Las distintas fases de la extrusión y sus componentes se describen en la siguiente figura:

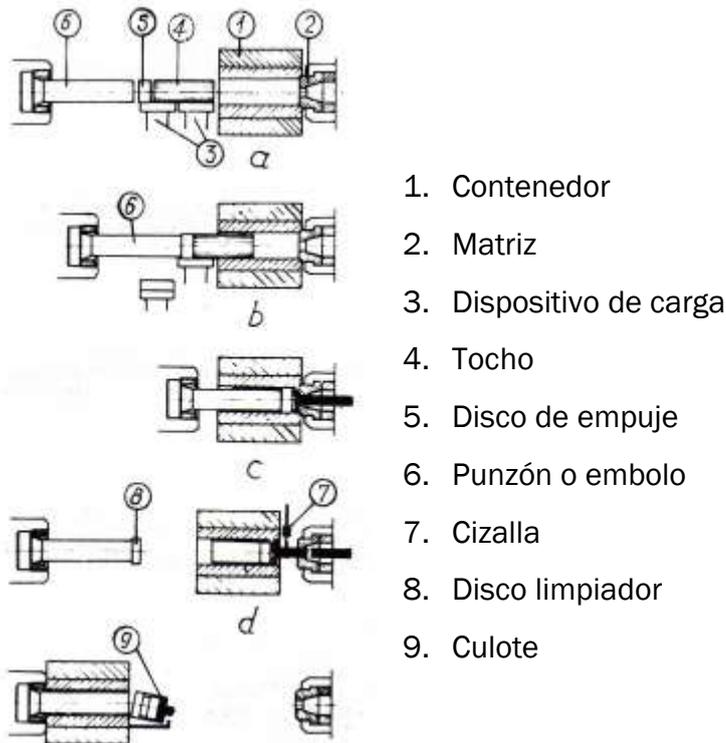


Figura 7: Proceso de extrusión.

### Matrices de extrusión

Se distinguen dos tipos de matrices, matrices para perfiles sólidos y matrices para perfiles huecos. Para los perfiles huecos se utilizan métodos de cámara de soldadura. Las matrices empleadas son del tipo araña, ojo de buey y matrices de tipo puente. Durante el proceso el flujo de metal se divide y fluye entorno a los soportes del mandril interno formando bandas. Estas bandas se vuelven a soldar en la cámara de soldadura antes de salir por la matriz. Este proceso solo es adecuado para el aluminio y algunas de sus aleaciones ya que tienen la capacidad de formar una soldadura resistente bajo presión. No es adecuado el uso de lubricante ya que este evitaría la soldadura del flujo de metal.

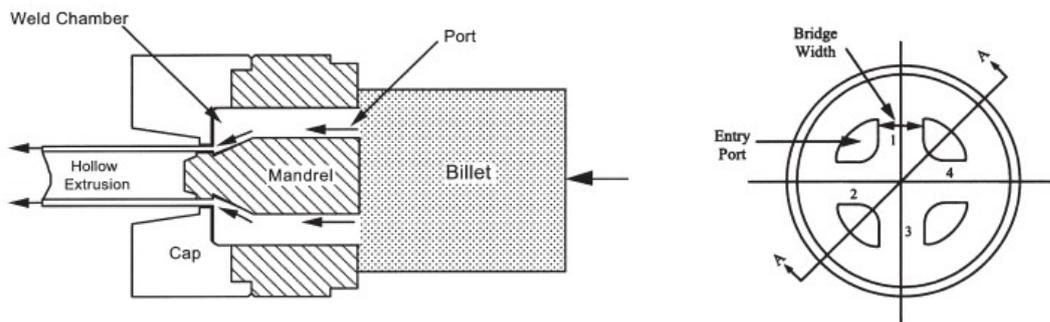


Figura 8: Vista de sección de una matriz para perfiles huecos durante la extrusión, se distinguen la matriz, la prematriz con los puertos de entrada, mandril, cámara de soldadura y el tocho.

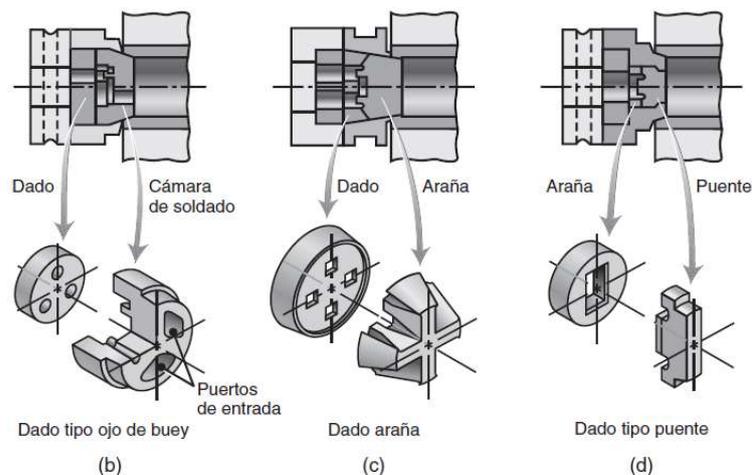


Figura 9: Distintos tipos de matrices.



### Presión necesaria para la extrusión

Para una extrusión adecuada la presión es un parámetro importante, la prensa debe tener la capacidad suficiente para superar la presión máxima durante el proceso. Los factores que influyen en la extrusión son los siguientes: temperatura de extrusión, temperatura de la matriz y el equipo auxiliar, la relación de extrusión, la velocidad de extrusión, la longitud del tocho y la composición química de la aleación.

La presión total para la extrusión es la siguiente:

$$P_T = P_D + P_F + P_I$$

Donde  $P_D$  es la presión requerida para la deformación plástica del material, esta presión depende del límite elástico del material, de la velocidad de deformación y de la temperatura.

$P_F$  es la presión necesaria para vencer la fricción con el contenedor, la fricción con la zona muerta y la fricción con la matriz. Depende de la fricción entre el tocho y el contenedor, la fricción del tocho con la zona muerta, la fricción del material extruido con la matriz, la longitud del tocho, la longitud del orificio de la matriz y el diámetro del tocho.

$P_I$  es la presión necesaria para vencer el trabajo de deformación interna o trabajo redundante. En la zona central del tocho se produce una deformación longitudinal del material que corresponde con el cambio de sección del tocho, en cambio, en las zonas de contacto del tocho con el contenedor y la zona muerta se produce una deformación de cizalladura debido a la fricción, esta deformación necesita una energía que no es empleada en el cambio de dimensiones del tocho.

La presión total  $P_T$  puede ser calculada con variables conocidas:

$$P_T = 2\sigma \left( 1 + \frac{\cot \alpha}{\sqrt{3}} \right) \ln \frac{D_C}{D_E} + \frac{4\sigma Z}{\sqrt{3}D_C}$$

Donde  $\sigma$  es igual al límite elástico del material,  $\alpha$  es el ángulo de la zona muerta,  $D_C$  es el diámetro del hueco del contenedor,  $D_E$  es el diámetro equivalente del producto extruido y  $Z$  es igual a la longitud del tocho en contacto con el contenedor. En esta fórmula el segundo sumando es igual a la fricción entre el tocho y el contenedor.

La siguiente gráfica muestra la presión ejercida por el embolo en función de su carrera:

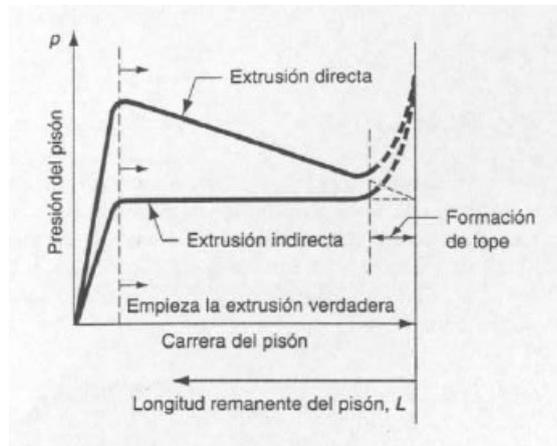


Figura 10: Presión del émbolo en función de su carrera.

La diferencia entre la presión máxima y mínima en el proceso se debe al cambio de longitud del tocho, la longitud de este disminuye con lo que la fricción con el contenedor es menor y por lo tanto la presión requerida.

### Análisis de la extrusión y sus parámetros

Las variables más importantes son:

- Relación de extrusión
- Temperatura de extrusión
- Velocidad de extrusión
- Fuerza de extrusión

### Relación de extrusión

La relación de extrusión ( $R$ ), que es la relación entre las secciones transversales del tocho ( $A_0$ ) y el producto extruido ( $A_f$ ) :

$$R = \frac{A_0}{A_f}$$

### Temperatura de extrusión

Una temperatura de extrusión adecuada permite que la aleación a extruir alcance una ductilidad suficiente. Es importante que la matriz este precalentada para reducir el enfriamiento del tocho, ya que este enfriamiento produce una deformación poco uniforme. El contenedor está a una temperatura de 430 °C durante la extrusión y la matriz tiene una temperatura de 440 °C al inicio de la extrusión.

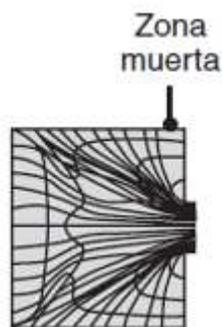


Figura 11: Flujo de metal con deformación no uniforme producida por una temperatura inadecuada.

### Velocidad de extrusión

El incremento de la velocidad del cuerpo principal de la prensa produce un incremento de la presión necesaria. La temperatura desarrollada en la extrusión aumenta con el incremento de la velocidad. Esto es debido a que la velocidad de deformación es proporcional a la velocidad del émbolo y al calor generado.



La relación entre la velocidad del émbolo y la velocidad del producto extruido es la siguiente:

$$V_{Extusión} = V_{Embolo} \cdot R$$

La velocidad de extrusión dependiendo de la aleación y de la sección a extruir suele estar entre 5 a 80 m/min.

### Fuerza de extrusión

La fuerza requerida para la extrusión depende de varios factores, los principales son: temperatura del tocho, la fricción del tocho con el recipiente, la fricción con la matriz, la velocidad de la extrusión y la resistencia del material a extruir. La fuerza requerida para la extrusión:

$$F_e = P_T \cdot A_C$$

Donde  $A_C$  es el área del hueco del contenedor

Esta fuerza es necesaria para determinar la capacidad de la prensa, la fuerza externa suministrada por la prensa debe ser mayor a la fuerza requerida, para que la extrusión pueda llevarse a cabo.

$$F_P > F_e$$

Donde  $F_P$  es la fuerza suministrada por la prensa de extrusión.

### Zona muerta

En el proceso se generan unas zonas de metal muerto en las esquinas del contenedor. Esta zona actúa como una superficie cónica. El ángulo ( $\alpha$ ) que define esta zona depende de la relación de extrusión ( $R$ ), el límite elástico del material, el factor de fricción entre el tocho y el contenedor y el factor de fricción entre el flujo de metal y el orificio de la matriz.

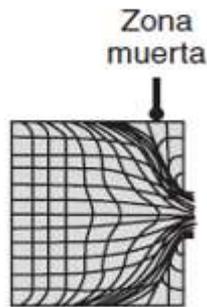


Figura 12: Flujo de metal durante la extrusión y zona muerta.

### Culote

El culote suele tener una anchura de entre el 10 y el 15 % de la longitud del tocho. Parar la extrusión en el momento que el tocho tiene esta longitud previene que los óxidos y otras inclusiones metálicas y no metálicas fluyan en la extrusión. El culote tiene un peso de 5.95 kg, tras la extrusión el culote es enviado al almacén de chatarra de aluminio para su reciclaje.

La siguiente figura muestra el ángulo de la zona muerta, y la relación entre esta zona y la anchura del culote:

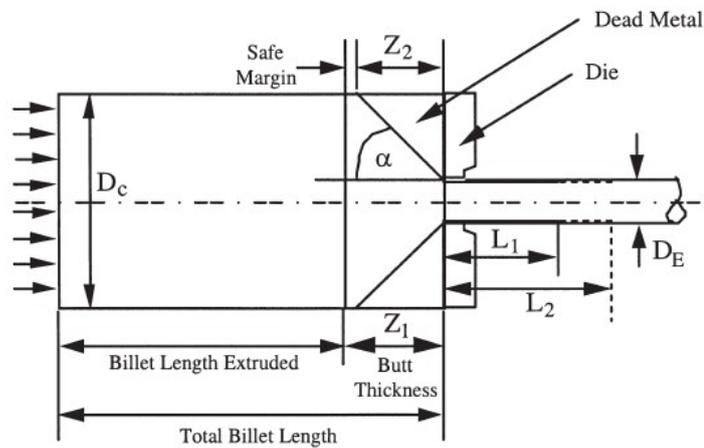


Figura 13: Relación entre la longitud del culote y la zona muerta.



Figura 14: Culote de una extrusión.

### Defectos en los productos extruidos

El defecto más común que puede darse en el proceso de extrusión de perfiles cilíndricos huecos es el siguiente:

- Agrietamiento de la superficie: puede producirse debido a una temperatura de extrusión inadecuada o velocidades de extrusión altas.

### 4.2. Proceso de soldadura MIG

En los dos extremos del tramo de tubería se sueldan las conexiones rápidas o acoplamientos hidráulicos, son soldados mediante soldadura MIG semiautomática en posición 1G con movimiento de rotación o revolución, el aporte de material se realiza en la parte superior del tramo de tubería.

#### Proceso de soldadura MIG

En el proceso de soldadura por arco metálico con protección de gas (GMAW), conocido como MIG, el calor necesario para la soldadura del material es producido mediante un arco eléctrico establecido entre la pieza y el electrodo que también sirve como metal de aportación, la transferencia es por spray. El electrodo es un hilo desnudo Al/Si que se alimenta de forma semiautomática mediante un motor de accionamiento a través de una boquilla. Se protege la soldadura mediante gases inertes como el argón, helio o una mezcla de estos gases para evitar la oxidación del metal fundido en la soldadura. Para soldar las conexiones es necesario que la polaridad sea inversa para romper la capa de alúmina.

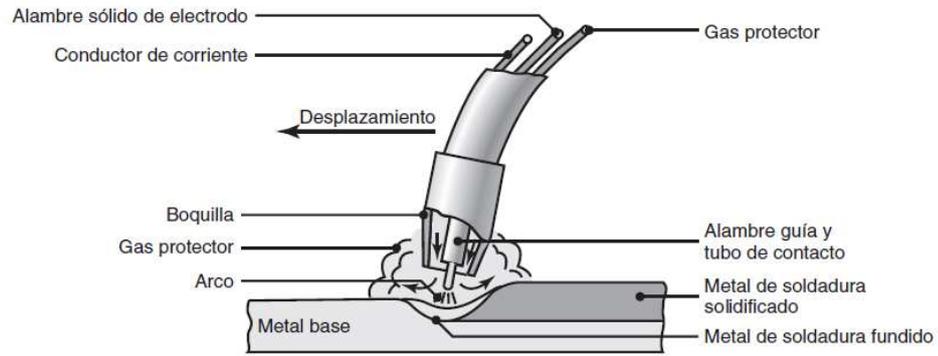
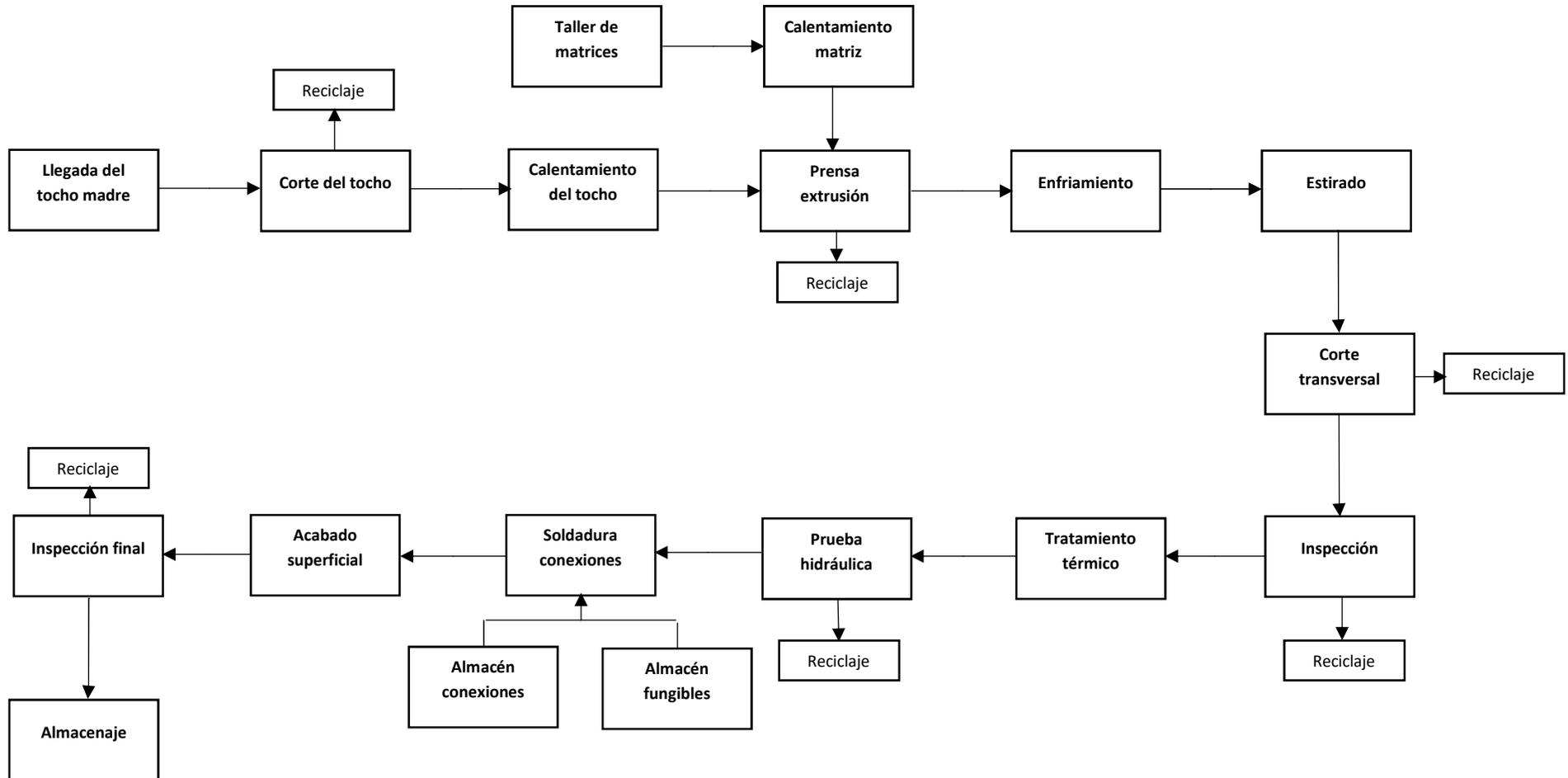


Figura 15: Proceso de soldadura MIG.

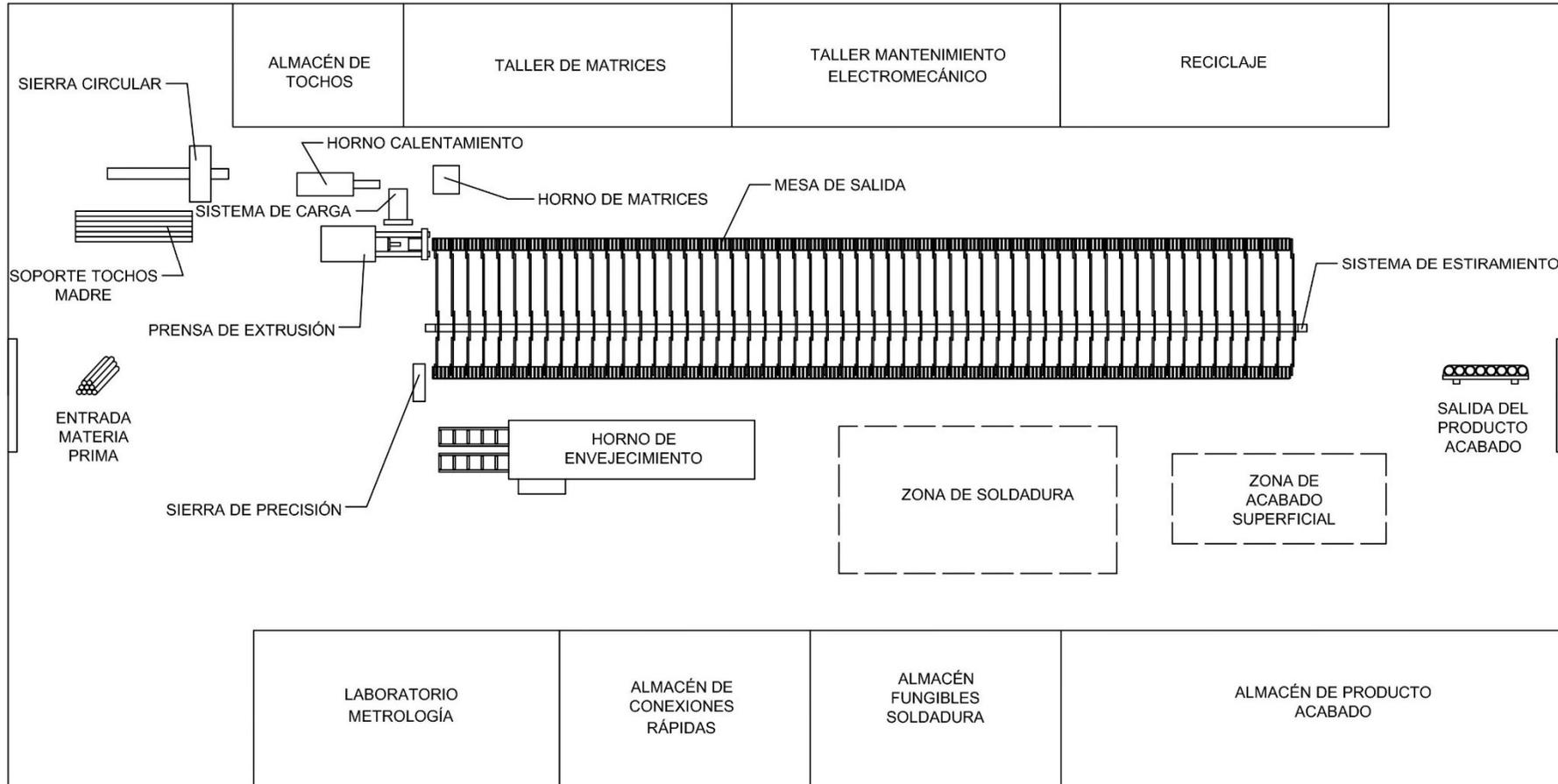


### 5. Flujoograma





### 5.1 Implantación





## 6. Descripción del flujograma

### 6.1. Recepción del tocho madre

El proceso de fabricación de tubería por extrusión comienza con la llegada del tocho madre de aluminio a las instalaciones. Los tochos madre de 7 m de longitud son colocados en soportes para su manejo y se comprueba que su superficie este en buen estado, después de la comprobación pasan a ser cortados.

### 6.2. Corte del tocho

El tocho madre de aluminio es cortado mediante una sierra circular para obtener las dimensiones necesarias para su extrusión. Los tochos madre son cortados para obtener tochos de 700 mm de longitud. El corte debe ser lo perfectamente perpendicular al eje del tocho para que no haya problemas durante la extrusión. Los tochos son almacenados para su uso posterior.

### 6.3. Calentamiento del tocho

Para facilitar la extrusión el tocho se calienta en un horno a una temperatura de 350 a 500 °C. Para la extrusión del perfil cilíndrico hueco la temperatura adecuada está alrededor de los 500 °C. Este calentamiento permite que el material fluya con más facilidad durante la extrusión y la fuerza necesaria sea menor.

### 6.4. Proceso de extrusión

El tocho es cargado en la prensa de extrusión mediante un sistema de carga automático, mientras que la matriz calentada en el horno de matrices se coloca en el deslizador de la prensa, el culote sobrante de la extrusión es separado de la matriz mediante la cizalla de la prensa y enviado al almacén de chatarra de aluminio para ser reciclado. La extrusión se lleva a cabo con los siguientes parámetros:

Potencia prensa (t)	Velocidad émbolo (mm/s)	Velocidad producto extruido (m/min)	Relación de extrusión	Duración de la extrusión (min)	Metros de tubería por tocho (m)	Toneladas /año	Metros de tubería/año
2250	6	10,278	28,55	1,75	18	7500	22,325 · 10 <sup>6</sup>

Tabla 5 : Parámetros de la extrusión.



#### 6.4. Enfriamiento del tramo de tubería extruido

Enfriamiento mediante un equipo de enfriamiento sobre la mesa de salida, el perfil cilíndrico hueco es enfriado mediante un flujo de aire y agua. El objetivo de este enfriamiento es el aumentar la resistencia y dureza del perfil que sale del proceso de extrusión a una temperatura elevada, a esta temperatura elevada el perfil puede sufrir daños y defectos en su superficie durante su manejo y transporte por la mesa de salida. Este rápido enfriamiento del perfil cilíndrico hueco tiene también como finalidad templear la pieza, se explica más adelante el objetivo del temple.

#### 6.5. Estiramiento del tramo de tubería

Los perfiles cilíndricos huecos pasan de la zona de enfriamiento a la zona de estiramiento. Los tramos son estirados entre 1 % y un 3%.

Es necesario estirar el producto extruido para eliminar las posibles curvaturas que tenga el perfil y las tensiones residuales. La fuerza suministrada depende del área de la sección transversal del perfil y el límite elástico de la aleación de aluminio.

#### 6.6. Corte transversal

Corte transversal del perfil cilíndrico hueco mediante sierra de precisión para obtener la longitud deseada de tubería de aluminio. La viruta producida en el corte es enviada al almacén de chatarra de aluminio. El perfil cilíndrico hueco es cortado en longitudes de 3 m. El corte debe ser recto y se deben obtener unas tolerancias precisas.

#### 6.7. Inspección

Comprobación de las especificaciones dimensionales del perfil cilíndrico hueco, longitud, diámetro externo e interno, cilindridad y comprobación de su superficie. Los perfiles que no cumplen con las especificaciones son enviados al almacén de chatarra de aluminio para ser reciclados. Todas las dimensiones de los perfiles recogidas con los equipos de medida son almacenadas para controlar que el proceso de extrusión sea adecuado.

## 6.8. Tratamiento térmico

El tratamiento térmico tiene como finalidad dar al perfil cilíndrico hueco la dureza y resistencia mecánica necesarias.

Tratamiento térmico T5 para la aleación de aluminio 6063:

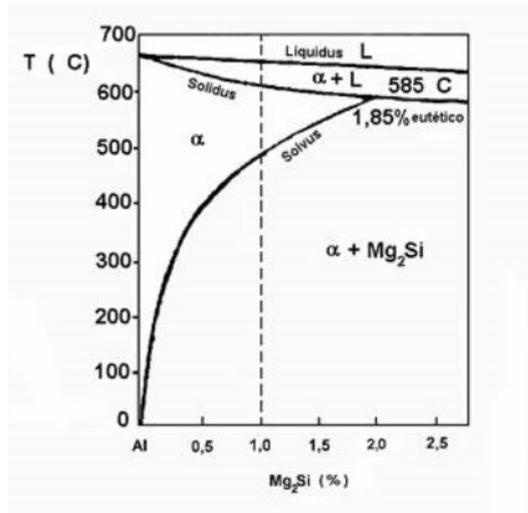


Figura 16: Diagrama de fases Al-Mg<sub>2</sub>Si.

Temple desde la temperatura de salida de la extrusión y maduración artificial:

- Temple

El temple de la pieza consiste en enfriar rápidamente el perfil cilíndrico hueco con agua y aire desde la temperatura de salida de la prensa, que es de unos 530 °C. El objetivo del temple es evitar la precipitación de los compuestos intermetálicos, es decir obtener una solución sólida sobresaturada a temperatura ambiente. La aleación se encuentra en un estado metaestable conocido como temple fresco.

- Maduración artificial

Consiste en calentar la disolución sólida sobresaturada a una temperatura de entre 160° C y 180° C por debajo de la línea solvus dentro de la región bifásica, la fase Mg<sub>2</sub>Si comienza a formarse como partículas finamente dispersas. El objetivo es que el tiempo que permanece el perfil a esa temperatura sea el necesario para que el compuesto Intermetálico forme una red semicoherente, esta red semicoherente genera una distorsión en los átomos cercanos, por lo que se produce un endurecimiento zonal. Estas distorsiones dificultan los movimientos de las dislocaciones durante la deformación plástica, por lo que la aleación se endurece y aumenta su resistencia. La resistencia y dureza de la aleación dependerán de la temperatura



elegida y el tiempo de maduración o envejecimiento. Un tiempo de envejecimiento demasiado elevado puede producir sobre-envejecimiento, por lo que la pieza perderá resistencia y dureza.

### **6.9. Prueba hidráulica**

El tramo de tubería es sometido a una prueba hidráulica para comprobar que puede soportar perfectamente la presión requerida y no existen fugas. La prueba hidráulica se realiza conectando el perfil cilíndrico hueco a un circuito hidráulico en el que se comprueba mediante un manómetro que el perfil cilíndrico hueco resiste la presión requerida y no se deforma ni se aprecian fugas.

### **6.10. Soldadura de las conexiones rápidas**

El perfil cilíndrico hueco se coloca en un soporte rotatorio para su soldadura. Las dos conexiones rápidas son transportadas desde el almacén de conexiones a la zona de soldadura. Dos operarios sueldan simultáneamente las dos conexiones a ambos extremos del perfil en posición 1G.

### **6.11. Acabado superficial**

El acabado superficial consiste en desbaste mecánico para eliminar las imperfecciones más relevantes de la superficie.

### **6.12. Inspección final**

Inspección final del producto acabado, comprobación de la soldadura y acabado superficial. Se comprueba que el acabado superficial es óptimo, se comprueba que el cordón de soldadura no tiene ningún defecto y se comprueba que las conexiones están en perfecto estado, es decir que conectan perfectamente dos tramos de tubería distintos.

### **6.13. Almacenaje**

Empaquetado y almacenaje del producto final. Se procede al embalaje del producto totalmente acabado que es el tramo de tubería con sus dos conexiones rápidas soldadas a sus extremos, el embalaje tiene la finalidad de proteger el producto acabado durante su almacenaje y asegurar que no sufre ningún desperfecto durante su transporte.

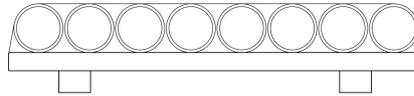


Figura 17 : Esquema del embalaje de las tuberías de aluminio.

## 7. Descripción de las instalaciones

### 7.1. Taller mantenimiento electromecánico

Este espacio está destinado a mantener y reparar todos los medios que intervienen en la fabricación del tramo de tubería. También sirve como almacén de piezas de repuesto para asegurar el buen funcionamiento de la fábrica. El taller contiene maquinaria fija: un torno, fresadora y taladro de columna. También contiene mesas de trabajo, bancos de herramientas, instrumentos de medición (calibres, micrómetros, manómetros), compresores, gatos hidráulicos, equipo inverter de soldadura y demás herramientas necesarias para el mantenimiento y reparación.

### 7.2. Taller de mantenimiento de matrices

Las matrices utilizadas en el proceso necesitan ser limpiadas tras la extrusión. Esta tarea se lleva a cabo en el taller de matrices, también es posible que sea necesario rectificar las matrices debido al desgaste producido. Este espacio también está destinado al almacenamiento de las distintas matrices necesarias para los distintos tamaños de tubería. El taller está equipado con un horno de nitruración, equipo para el rectificado de matrices, fresadora de precisión, una prensa para unir las distintas partes de la matriz y demás herramientas para el mantenimiento y limpieza de las matrices.

### 7.3. Almacén conexiones rápidas

Espacio destinado al almacenaje de las conexiones rápidas o acoplamientos hidráulicos. Las conexiones rápidas son colocadas en estanterías divididas según su tipo y dimensiones. Antes de colocar las conexiones se comprueba que no tienen ningún desperfecto en su superficie antes de ser transportadas a la zona de soldadura.



Figura 18: Conexión de dos tramos de tubería.

#### 7.4. Almacén producto acabado

Espacio destinado al almacenaje y empaquetamiento del tramo de tubería listo para su transporte. Los tramos de tubería son protegidos mediante plástico adhesivo mediante un plastificadora de perfiles. Los tramos de tubería una vez protegidos son colocados en soportes listos para su envío.

#### 7.5. Almacén fungibles soldadura

Almacenaje de elementos consumibles en la soldadura MIG y piezas de repuesto para el equipo de soldadura MIG. Elementos fungibles como bobina de hilo de aluminio y botellas de gas inerte (Argón).

#### 7.6. Transporte

##### Polipasto

Las matrices y su equipo auxiliar son transportadas mediante polipasto, del taller de matrices al horno de calentamiento de matrices, y de este a la prensa.

##### Carretilla elevadora

La carretilla elevadora es usada para el transporte de los tochos madre y los tochos ya cortados. Los perfiles cilíndricos huecos son transportados mediante carretilla elevadora tras ser cortados a medida al horno de envejecimiento. El tramo de tubería es transportado al almacén de producto acabado tras la inspección final.



### 7.7. Laboratorio metrología

La función del laboratorio de metrología es la de comprobar las especificaciones dimensionales del producto durante el proceso de fabricación. El laboratorio está equipado con instrumentos para la medición de las dimensiones de la tubería y el sistema hidráulico necesario para realizar la prueba hidráulica.

### 7.8. Almacén chatarra de aluminio

Espacio destinado al almacenaje de todos los restos de aluminio generados en las distintas etapas del proceso de fabricación, para ser reciclados posteriormente. La chatarra es prensada y almacenada formando bloques.

### 7.9. Almacén de tochos

Los tochos una vez cortados en la sierra circular son llevados al almacén de tochos, en el cual son colocados en soportes para ser mas tarde transportados al horno de calentamiento. En este almacén se limpia la superficie de los tochos para evitar problemas durante la extrusión y se comprueba que las superficies obtenidas después de pasar por la sierra circular son perpendiculares.

## 8. Descripción de los equipos

### 8.1. Horno de calentamiento

Horno de calentamiento mediante gas, con zona de precalentamiento, el horno está dividido en varias zonas, cada zona dispone de su propia llama y sonda para el control de la temperatura, todo controlado mediante PLC, el horno aprovecha los gases de combustión para precalentar el tocho y así hacer más eficiente el proceso.



Figura 19: Horno de calentamiento.

### 8.2. Sierra circular

Sierra circular para el corte a medida de los tochos, con sistema para recoger la viruta generada, con accionamientos hidráulicos y controlada mediante PLC.



Figura 20: Sierra circular.

### 8.3. Horno calentamiento matrices

Horno eléctrico de varios compartimentos para el calentamiento de matrices con recirculación de aire para un calentamiento uniforme, esto asegura que la matriz no se caliente demasiado en una zona en concreto. Este tipo de horno tiene el inconveniente de dejar salir el aire caliente en el momento que se abre, cuando se introduce una matriz fría provoca que se pierda calor de las matrices adyacentes. El calor es generado mediante resistencia eléctrica, lo que permite controlar fácilmente la obtención de una temperatura uniforme.



Figura 21: Horno para matrices.

### 8.4. Prensa extrusión y equipo auxiliar

En el proceso de extrusión se utilizan prensas hidráulicas horizontales ya que permiten aplicar una fuerza constante en una carrera larga. Este tipo de prensas también permiten controlar la carrera y la velocidad en el proceso de extrusión. Las prensas modernas están equipadas con comprobación automática de alineamiento, cizalla, software para una mayor producción y calidad. El equipo hidráulico, incluyendo bombas y válvulas puede ser colocado en el tanque de aceite de la prensa, al nivel del suelo o por debajo del nivel del suelo. En la siguiente figura se muestra un esquema de una prensa de extrusión directa:

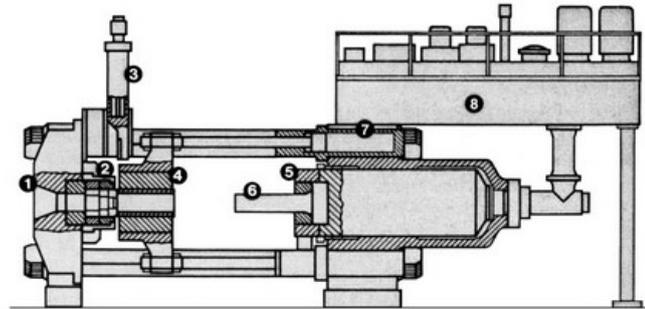


Figura 22: Esquema de la prensa hidráulica.

1. Cabezal fijo
2. Porta matriz
3. Cizalla
4. Contenedor
5. Cuerpo principal
6. Embolo
7. Eje guía
8. Tanque de aceite y controles de la prensa.

Especificaciones de la prensa de extrusión:

La presión requerida para la extrusión es la principal consideración en la selección de una prensa. La capacidad o potencia de las prensas de extrusión suele medirse en toneladas o MN. Las variables más importantes para la especificación de una prensa de extrusión se muestran en la siguiente figura:

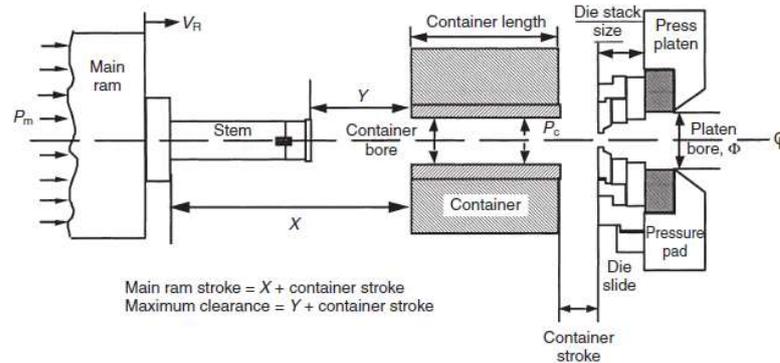


Figura 23: Esquema de las principales variables de la prensa.

$P_m$  es la presión aplicada por el cuerpo principal,  $P_c$  es la presión específica, esta presión  $P_c$  es la que se obtiene dentro del contenedor,  $V_R$  es la velocidad del cuerpo principal en la operación, esta velocidad cambia debido a múltiples variables como el tipo de aleación, tamaño y temperatura del tocho, ratio de extrusión y el tipo de matriz. La carrera del cuerpo principal es igual a la distancia  $X$ , que es la distancia entre el cuerpo principal y el contenedor, más la carrera del contenedor. La holgura máxima es igual a la distancia  $Y$ , distancia entre el extremo del émbolo y el contenedor, más la carrera del contenedor. Otras variables importantes a considerar son el calibre del cabezal fijo, que es la zona por la que sale el producto extruido, y la anchura del anillo portamatriz. Es importante que el émbolo, contenedor y la matriz estén alineados en el mismo eje como se muestra en la figura 23. Las características operativas y constructivas de la prensa son las siguientes: capacidad, capacidad disponible, capacidad disponible a presión, área total cuerpo principal, presión máxima cuerpo principal, calibre contenedor, longitud contenedor, orificio cabezal fijo, presión máxima dentro del contenedor, pull-back, carrera máxima del cuerpo principal, velocidad del cuerpo principal, longitud máxima del tocho, holgura máxima, carrera contenedor, capacidad de sellado, capacidad de cizallado, diámetro exterior matriz, anchura matriz.

La prensa para la extrusión del perfil cilíndrico hueco a partir del tocho de 700 mm de longitud y 200,22 mm de diámetro tiene los siguientes parámetros básicos:

Potencia (t)	Longitud máxima del tocho (mm)	Diámetro del contenedor (mm)	Presión específica (MPa)
2250	711,20	203,2	617

Tabla 6: Parámetros básicos de la prensa.

## Componentes principales de la prensa de extrusión

### Contenedor con revestimiento

El contenedor es un componente costoso de la prensa, la rentabilidad de una planta de extrusión está ligada a vida en servicio del contenedor y a otros componentes. El contenedor está diseñado para soportar grandes esfuerzos a elevada temperatura, la zona que está próxima a la matriz es la zona más solicitada ya que es la que mayor presión y temperatura debe soportar. El contenedor es calentado a una temperatura de unos 427 °C por una resistencia instalada en el propio contenedor. El contenedor suele estar fabricado con un acero SAE 4350 o SAE 4150. EL revestimiento resiste la abrasión producida por el aluminio y los óxidos durante la extrusión, por lo que tiene que tener una elevada dureza a alta temperatura, esto tiene el inconveniente de una ductilidad baja por lo que el contenedor se encarga de impedir la rotura del revestimiento. El revestimiento está fabricado con acero AISI H12.

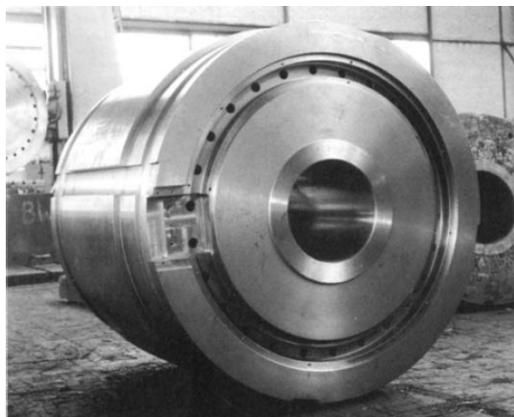


Figura 24: Contenedor con su revestimiento.

### Embolo con disco de empuje

El disco de empuje se encarga de separar físicamente el émbolo del tocho durante la extrusión, esto impide que se desgaste el embolo e impide la pérdida de material extruido.

Los factores que determinan el rendimiento del disco de empuje aparte del diseño son los siguientes: Lubricación, alineamiento, precalentamiento y holgura entre el contenedor y el disco de empuje. El émbolo tiene la función de transmitir las fuerzas de compresión desde el cuerpo principal al disco de empuje, por lo que el émbolo debe soportar esfuerzos de compresión sin doblarse ni romperse. El material utilizado en la fabricación del émbolo y el disco de empuje suele ser acero H13 endurecido.

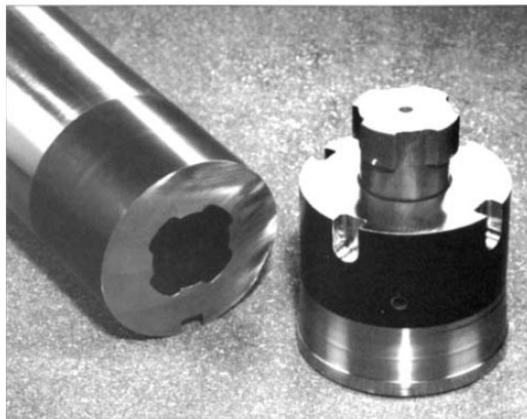


Figura 25: Émbolo y disco de empuje.

### Deslizador y matriz

El deslizador es uno de los componentes principales de la prensa, en él se montan la matriz y el utillaje de soporte. En la siguiente figura se muestra un esquema con el deslizador, la matriz y el utillaje auxiliar:

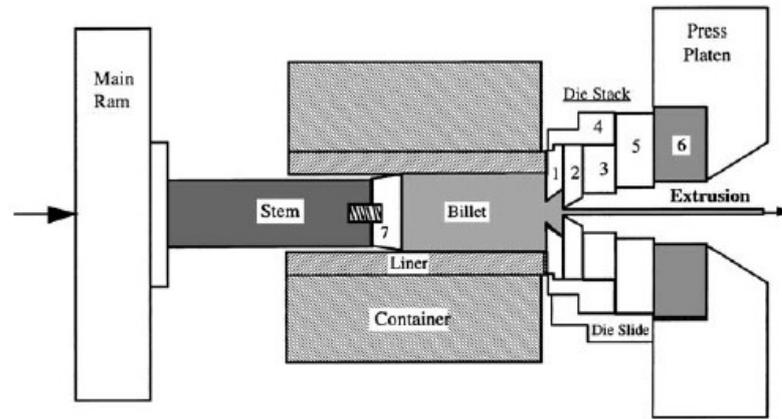


Figura 26: Esquema de la matriz y el utillaje de soporte.

1. Prematriz o matriz de alimentación: Divide el flujo de metal para formar el perfil hueco.
2. Matriz: Suelda el flujo de metal y forma la sección del perfil.
3. Contra matriz: Soporta la matriz y evita su posible fractura
4. Anillo portamatriz: Sostiene la matriz de alimentación, la matriz y la contra matriz.
5. Apoyo: Transmite la presión de extrusión desde la matriz al cabezal fijo.
6. Anillo de presión: Transmite la presión ejercida sobre el apoyo al cabezal fijo.
7. Disco de empuje: Separa físicamente el tocho del émbolo.

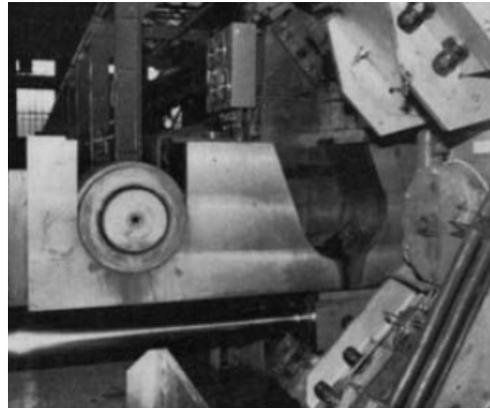


Figura 27: Matriz colocada en el deslizador.

### Matriz con cámara de soldadura para perfiles huecos

Los tubos y perfiles huecos son generalmente extruidos mediante matrices con cámara de soldadura, como las matrices de tipo puente. Este tipo de extrusión tiene la ventaja de producir perfiles de una mayor longitud, secciones delgadas y complicadas. El material utilizado para la fabricación de las matrices de extrusión suele ser un acero para trabajos en caliente AISI H13 endurecidos mediante nitruración. El material debe de ser resistente al desgaste a altas temperaturas, debe tener un buen límite de elástico a alta temperatura y una buena resistencia a la fatiga térmica. La matriz debe resistir la abrasión producida por la capa de alúmina formada en la superficie exterior del tocho de aluminio a alta temperatura. La nitruración del acero crea una capa superficial resistente a este desgaste y reduce la fricción.



Figura 28: Matriz para perfiles huecos, se distingue la matriz con la cámara de soldadura y la prematriz con cuatro puertos de entrada.

### 8.5. Sistema de carga de tochos

Para cargar el tocho en el contenedor de la prensa es necesario un sistema que transporte los tochos ya cortados a medida en la sierra circular. Este sistema carga el tocho de forma automática, se desplaza horizontalmente mediante un mecanismo piñón-cremallera accionado mediante un motor eléctrico, dispone de unas mordazas con las que el tocho es sujetado y colocado para ser introducido en el contenedor. Las mordazas son accionadas mediante cilindros hidráulicos y dispone de abrazaderas con rodillos para facilitar el desplazamiento del tocho.



Figura 29: Sistema de carga de tochos.

### 8.6. Puller

El puller tiene la función de agarrar y guiar el perfil que está saliendo de la prensa sobre la mesa de salida, tiene que suministrar la suficiente fuerza para que el perfil hueco salga con las mismas dimensiones de la extrusión. El puller también debe operar sin dañar el perfil. El puller se mueve sobre un carril que esta sobre la mesa de salida mediante un motor eléctrico, las mordazas del puller son accionadas mediante cilindros hidráulicos. El puller dispone de un encoder o codificador de posición para indicar a la prensa cuando parar la extrusión en el momento adecuado.



Figura 30: Puller sobre la mesa de salida.

## 8.7. Mesas y equipo para el enfriamiento

### Mesa de salida y enfriamiento

Está compuesta por dos partes, en la parte superior se encuentran las boquillas y conductor por los que se rocía el agua y el aire para enfriar el perfil extruido. La parte inferior está compuesta por rodillos libres por los que se desplaza el perfil, estos rodillos están recubiertos con un material textil resistentes a temperaturas de 600 °C.



Figura 31: Mesa de salida y enfriamiento.

### Mesa para el manejo de los perfiles

La mesa se encarga de acumular los tramos de tubería extruidos para ser enviados al proceso de estirado y después de este a la zona de corte. Para

transferir los perfiles entre las mesas se utiliza un sistema de transporte mediante cintas. Las cintas están posicionadas entre los rodillos de las mesas y estas transportan los perfiles de forma lateral entre las distintas mesas.



*Figura 32: Mesa para el manejo de los perfiles y cintas para su transporte.*

### 8.8. Equipo para estirado

El equipo para estirado consiste en dos cabezales montados sobre la misma mesa, uno es fijo y el otro es móvil. Las mordazas son accionadas por sistemas hidráulicos o neumáticos. Dispone de un dispositivo laser para medir la distancia entre los cabezales por lo que puede calcular automáticamente el porcentaje estirado, también dispone de fotocélulas en las mordazas para asegurar que el perfil está colocado correctamente.



Figura 33: Equipo de estiramiento.

### 8.9. Sierra de precisión

Sierra de precisión con velocidad de avance de la hoja regulable, bloqueo de perfiles para evitar deformaciones y asegurar una buena precisión. Cuenta con un sistema ciclón para succionar las virutas y un sistema de lubricación para asegurar la calidad del corte y la vida de la sierra.



Figura 34: Sierra de precisión.

### 8.10. Horno de nitruración

Horno para la nitruración de las matrices, tiene un PLC para que la operación de nitruración es completamente automática, control del flujo para una nitruración óptima, dispone de un analizador de gas amoniac. El horno dispone de una tapa hidráulica y proporciona una rápida refrigeración.



Figura 35: Horno de nitruración y matrices dentro del horno de nitruración.

### Proceso de nitruración

La superficie de las matrices debe ser sometida a un proceso de nitruración periódicamente para aumentar su dureza superficial. Las matrices son colocadas dentro del horno, en el cual son expuestas a una atmósfera rica en nitrógeno a una temperatura elevada. El gas utilizado es amoníaco, que a una temperatura de 500 °C aproximadamente se separa el nitrógeno del hidrógeno. En la pieza se forma una capa superficial rica en nitruro de hierro  $Fe_2N$  por difusión atómica, esta capa tiene normalmente 1 mm de profundidad.

### 8.11. Horno de envejecimiento

Horno de gas de tipo convectivo, los perfiles se calientan por convección debido al aire caliente que circula por la cámara. La cámara interna del horno se divide en dos partes, en la superior un ventilador centrífugo permite la recirculación del aire que se calienta al pasar por la llama de un quemador, en la parte inferior de la cámara se depositan los perfiles, los perfiles son desplazados hacia el interior del horno mediante rodillos colocados en la zona inferior. El ventilador proporciona una velocidad alta al aire para que la transferencia de calor por convección sea alta. El flujo de aire circula en dirección transversal a los perfiles. En la siguiente figura se muestra un esquema de un horno de envejecimiento con sus elementos básicos:

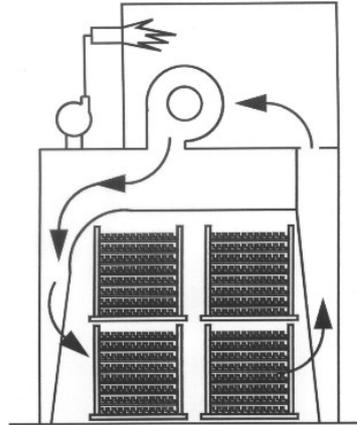


Figura 36: Esquema del horno de envejecimiento.

## 8.12. Equipo soldadura MIG

### Equipo soldadura MIG semiautomática

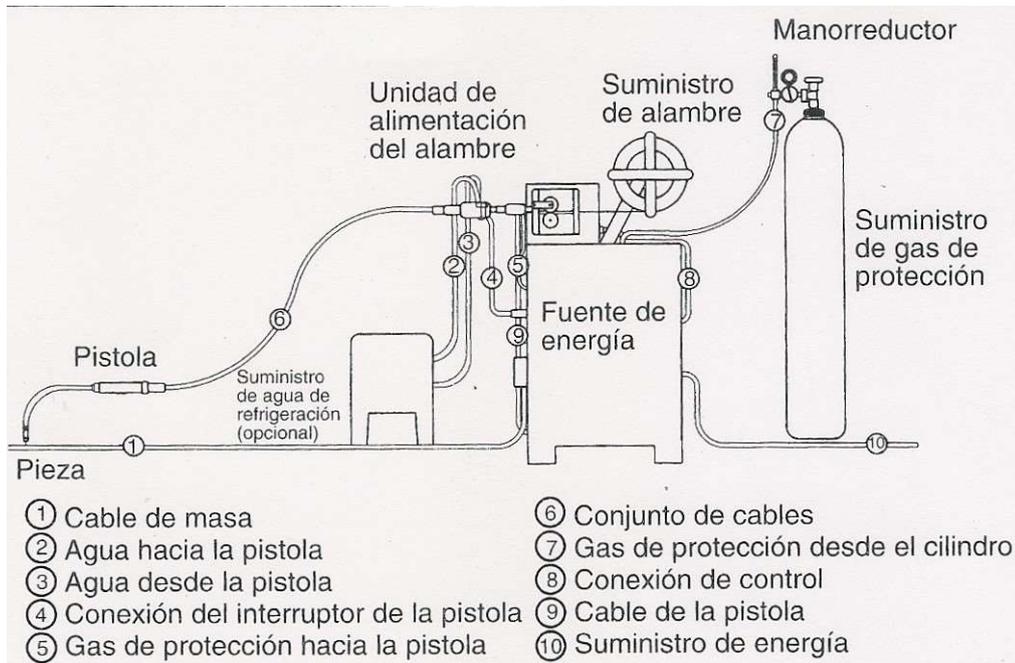


Figura 37: Principales componentes para la soldadura MIG.

Principales componentes del equipo:

Máquina de soldar o fuente de energía: Es la fuente de potencia eléctrica para fundir el electrodo, suministra corriente continua en polaridad inversa a un voltaje constante.

Unidad de alimentador de alambre y sistema de control: El alimentador de alambre se encarga de que este avance a velocidad constante, la alimentación comienza o finaliza cuando se acciona el interruptor de la pistola y se activa el control de avance. El alimentador de alambre está constituido por varios rodillos que arrastran el alambre.

Pistola para soldadura semiautomática: La pistola y el conjunto de cables sirven para conducir el alambre, la corriente eléctrica y el gas de protección hasta el arco. La guía de alambre se encuentra en el centro de la boquilla, y el canal de suministro de gas protector está dispuesto de forma concéntrica a la boquilla.



Figura 38: Pistola para soldadura semiautomática MIG/MAG.



Figura 31: Máquina de soldar MIG/MAG.

Gas protector: El suministro de gas protector se hace desde una botella de gas comprimido. Se suministra un caudal de gas fijo cuyo valor ha sido fijado previamente mediante un sistema llamado fluxómetro que mantiene constante este caudal.



Alambre o electrodo: Bobina de alambre con una composición similar a la del metal base. Para la aleación 6063 se utilizará hilo macizo ER 4043 compuesto de Al/Si.

## 9. Mantenimiento

La calidad de una extrusión depende completamente del rendimiento de la prensa y de su equipo auxiliar. La fiabilidad de la prensa es la suma de la fiabilidad de las partes que componen la prensa. El mantenimiento debe tener como objetivo minimizar los costes de reparación y maximizar el tiempo de producción, es decir, mantener la prensa funcionando el tiempo máximo posible. Además de este mantenimiento, completar una lista de control de las funciones de cada unidad de la prensa y del equipo auxiliar. Es importante recoger las variables más importantes de la prensa y el equipo auxiliar para documentarlas. Esta documentación nos permite verificar el correcto funcionamiento del proceso de extrusión. En la siguiente tabla se muestra una lista de control de mantenimiento de la planta de extrusión:

Parámetros	Comprobado	Comentarios
<b>Función de cada unidad de la prensa</b>		
Movimiento del cabezal principal		
Embolo		
Movimiento del contenedor		
Movimiento de la deslizadera		
Cizalla vertical		
Cargador de tochos		
<b>Funcionamiento de las bombas</b>		
Bomba N.º 1		
Bomba N.º 2		
Bomba N.º 3		
Bomba auxiliar		
<b>Manómetros</b>		
Presión principal		
Presión de sellado		
Presión de funcionamiento		
<b>Alineamiento de la prensa</b>		
Contenedor y émbolo		
Deslizador y contenedor		
<b>Temperatura del aceite</b>		
Comienzo del turno		



Fin del turno		
Intercambiador de calor		
Tª del agua torre de enfriamiento		
<b>Temperatura del contenedor</b>		
Temperatura fijada		
Temperatura actual		
<b>Temperatura de la matriz</b>		
Temperatura fijada		
Temperatura actual		
<b>Horno calentamiento de tochos</b>		
Temperatura fijada		
Temperatura actual		
<b>Equipo auxiliar</b>		
Sierra circular		
Mesa de enfriamiento		
Superficie mesa		
Mesa de inspección		
Equipo de estiramiento		
Sierra de precisión		
Mesa de almacenamiento		
Flujo de aire de los ventiladores		

Tabla 7: Lista de control de mantenimiento.

### Mantenimiento de la prensa

#### Alineamiento de la prensa

Un alineamiento indebido de la prensa causa los siguientes problemas: mal funcionamiento de la matriz, fallo prematuro del disco de empuje, desgaste o rotura del émbolo y el contenedor.

La base de la prensa debe estar a nivel, el embolo y el contenedor deben moverse de forma paralela a la base durante la carrera. Para realizar estas medidas de alineamiento se utilizan instrumentos ópticos. Para comprobar si existe desalineamiento, es útil inspeccionar los distintos elementos de la prensa: signos de desgaste desigual en el émbolo, disco de empuje, culote, contenedor y la cizalla.

#### Mantenimiento de la matriz

Los elementos de apoyo de la matriz deben ser planos para una correcta extrusión, estos se deforman con el tiempo por lo que es importante inspeccionar su planitud periódicamente. La matriz deberá ser rectificada cuando se produzca un flujo de metal indebido, variaciones dimensionales y un acabado superficial incorrecto. Las matrices deben ser sometidas a



tratamientos de nitruración periódicamente debido al desgaste continuo al que están sometidas. Una correcta temperatura durante la extrusión de la matriz y sus partes auxiliares aseguran una buena productividad.

#### **Otros componentes de la prensa**

Es importante controlar el correcto funcionamiento de los controles térmicos del contenedor. El alineamiento del émbolo es importante ya que no es adecuado que esté sometido a cargas excéntricas, este tipo de cargas también pueden ser producidas por un corte transversal incorrecto del tocho. Es necesario realizar una limpieza del disco de empuje cada cierto tiempo.



**Universidad de Valladolid**

**DESCRIPCIÓN DEL FLUJOGRAMA DE UNA FÁBRICA DE TUBERÍA DE ALUMINIO POR EXTRUSIÓN.**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**



## 10. Conclusiones

El objetivo de este trabajo era el de describir el flujograma de una fábrica de tubería de aluminio por extrusión, en el trabajo se ha descrito un flujograma bastante adecuado para la fabricación de la tubería de aluminio por extrusión, y se han descrito los equipos necesarios para el proceso de fabricación. Se ha llegado a la conclusión de que para la fabricación de una tubería de aluminio de 120 mm de diámetro y 3 m de longitud, se necesita una prensa de 2250 t de potencia para una producción de 7500 toneladas por año. La producción de aluminio crece cada año ya que es un metal con unas características y propiedades que le hacen adecuado para muchas aplicaciones, además de que es un metal fácilmente reciclable, el proceso de extrusión es muy utilizado en la fabricación de todo tipo de perfiles de aluminio, por lo que el estudio de este proceso y su mejora es importante para el futuro.



Universidad de Valladolid

DESCRIPCIÓN DEL FLUJOGRAMA DE UNA FÁBRICA DE TUBERÍA DE ALUMINIO POR EXTRUSIÓN.



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES



## 11. Bibliografía

### 11.1. Libros

- [1] Kalpakjian S, Schmid S, Espinoza Limón Jaime. *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*. México, D.F.: Pearson Educación; 2008.
- [2] Groover M, Peña Gómez C, Martínez Sarmiento M, Sandoval Palafox F. *Fundamentos de Manufactura Moderna*. México [etc.]: Prentice-Hall Hispanoamericana; 1997.
- [3] Callister W. *Introducción A La Ciencia e Ingeniería De Los Materiales*. Barcelona: Reverté; 2007.
- [4] Pradip k. Saha. *Aluminum Extrusion Technology*. United States of America: ASM International; 2000.
- [5] Apuntes asignatura procesos de fabricación.

### 11.2. Páginas web

- [1] <http://www.raesa.com/>
- [2] <http://www.riegosagricolasporspersion.com/>
- [3] <http://www.asoc-aluminio.es/>
- [4] <http://www.world-aluminium.org/statistics/>
- [5] <https://core.ac.uk/download/pdf/41795890.pdf>
- [6] [https://www.ing.unlp.edu.ar/catedras/M0624/descargar.php?secc=0&id=M0624&id\\_inc=2717](https://www.ing.unlp.edu.ar/catedras/M0624/descargar.php?secc=0&id=M0624&id_inc=2717).
- [7] <http://www.thermserve.com/>
- [8] <http://www.grancoclark.com/>
- [9] <http://pressmaintmanual.com/>
- [10] <http://es.kautech.net/>
- [11] <http://www.waterfire.es/blog/tag/guantes-de-proteccion-mecanica>
- [12] <http://www.ferreteria-industrial.es/cascos-de-seguridad/788-faru-casco.html>
- [13] [http://solutions.productos3m.es/wps/portal/3M/es\\_ES/PPE\\_SafetySolutions\\_EU/Safety/Product\\_Catalogue/~/\\_/3M-1436-Orejeras-pasivas-plegables-rojas-32-dB-1-orejera-caja?N=5023508+3294252240+3294857486&rt=rud](http://solutions.productos3m.es/wps/portal/3M/es_ES/PPE_SafetySolutions_EU/Safety/Product_Catalogue/~/_/3M-1436-Orejeras-pasivas-plegables-rojas-32-dB-1-orejera-caja?N=5023508+3294252240+3294857486&rt=rud)
- [14] <http://www.insht.es>
- [15] <http://www.insht.es/EPI/Contenidos/Promocionales/Proteccion%20ocular%20y%20facial/Promocional%20a%20Contenido/Fichas%20seleccion%20y%20%20uso%20de%20equipos/ficheros/Gafasmonturaintegral.pdf>



Universidad de Valladolid

DESCRIPCIÓN DEL FLUJOGRAMA DE UNA FÁBRICA DE TUBERÍA DE ALUMINIO POR EXTRUSIÓN.



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



## 12. Anexos

### 12.1. Prevención riesgos laborales

Algunos de los riesgos más importantes son:

#### Quemaduras

El aluminio recién extruido es peligroso ya que sale de la prensa a alta temperatura, pero el riesgo está en que el aluminio no tiene la apariencia de estar a alta temperatura por lo que hay que tomar precauciones en su manejo. Las partes de acero de la prensa alcanzan altas temperaturas y todo el utillaje después de la extrusión.

#### Fuego

Pueden producirse fugas de aceite mineral de los sistemas hidráulicos de la prensa. Este aceite puede ser atomizado debido a una pequeña fuga, esto sumado a que las partes de la prensa y el equipo auxiliar están a alta temperatura durante el proceso de extrusión, pueden producir fuentes de ignición.

#### Transporte de cargas pesadas

Los perfiles transportados, tochos, matrices, etc, a través de la fábrica son un peligro a considerar importante. Las cargas pueden caer durante su transporte debido a paradas o arranques repentinos, la carga no está bien equilibrada, o incluso la carga no está bien sujeta, por lo que el personal no debe estar debajo de una carga que está siendo transportada.

#### Movimientos del equipo asociado a la prensa

El personal debe estar alejado de los componentes de la prensa que tienen un movimiento automático durante la extrusión y el equipo auxiliar. Hay que evitar que el personal este próximo al recorrido del puller, del cabezal del sistema de estirado, sierras, etc. Se debe tener las manos alejadas de las mordazas del sistema de estiramiento y del puller.

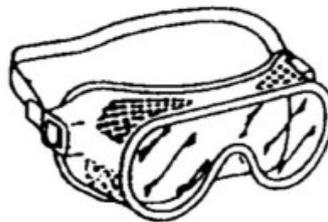
#### Ruido

La prensa genera un nivel de ruido elevado durante la extrusión, por lo que es importante una buena protección auditiva, para evitar problemas auditivos. También hay que tener en cuenta que otras máquinas como las sierras de corte y otras máquinas-herramienta generan altos niveles de ruido durante su funcionamiento.

## Equipos de protección personal

### Protección ojos

Gafas de protección de montura integral, para evitar riesgos de origen mecánico, como la proyección de partículas que puedan provocar lesiones oculares, y riesgos ocasionados por agentes químicos (gases, sprays, aerosoles, etc).



*Figura 39: Gafas de protección.*

### Calzado seguridad

Zapatos de seguridad con punta de acero con puntera de acero y protección en el empeine para evitar lesiones debido a la caída de objetos o cargas. El calzado también debe soportar cargas de compresión. La suela debe ser antideslizante para evitar caídas por deslizamiento y la plantilla debe ser resistente a la perforación de objetos punzantes y cortantes.

### Cascos

Protección de la cabeza frente a la caída de objetos y choques. El casco debe estar dotado de una serie de elementos que cumplan las siguientes funciones: Distribuir la presión del impacto sobre la mayor superficie posible, desviar objetos que caigan mediante una forma lisa y redondeada, evitar que la energía del impacto no se transfiera en su totalidad a la cabeza y el cuello.



Figura 40: Casco de seguridad.

### Guantes

Guantes de protección contra riesgos mecánicos como abrasión, rasgado, perforación y cortes que se pueden producir en el manejo de los perfiles y herramientas. Otro tipo de guantes de protección también son necesarios para tareas en las cuales exista riesgo de quemaduras por el contacto con perfiles o utillaje a temperatura elevada, y guantes para la protección contra agentes químicos. Los guantes para soldadores deben evitar la exposición al calor en las siguientes formas: fuego, calor convectivo y radiante, salpicaduras. Deben proteger contra la radiación UV y deben tener una mínima resistencia eléctrica.



Figura 41: Guantes de protección.

### Protección auditiva

Protección auditiva (tapones y orejeras) para la zona de la prensa y zonas próximas a maquinaria en funcionamiento, en la que niveles de ruido pueden producir pérdidas auditivas.



Figura 42 : Orejeras de seguridad.

### Monos de trabajo

La protección del cuerpo (tronco, piernas y brazos) suele realizarse con monos de trabajo. El mono debe de proteger frente a cortes, quemaduras, frio y debe tener alta visibilidad.

### Mascarillas

Protección de las vías respiratorias mediante mascarar filtrantes para evitar la inhalación de atmosferas peligrosas. Se debe reducir, en la zona de inhalación del usuario, la concentración de los contaminantes a valores por debajo de los niveles de exposición recomendados.