



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Proceso de fabricación de soporte de acero mediante  
técnicas de plegado y corte por láser

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Botnarenko Tijonov, George

Tutor/a: Brusola Simón, Fernando

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño**

---

**PROCESO DE FABRICACION DE UN SOPORTE  
DE ACERO MEDIANTE TÉCNICAS DE PLEGADO  
Y CORTE LÁSER**

**TRABAJO FINAL DEL**

Grado en Ingeniería Mecánica

**REALIZADO POR**

George Botnarenko Tijonov

**TUTORIZADO POR**

Fernando Brusola Simón

**CURSO ACADÉMICO: 2022/2023**

# ÍNDICE

1. Memoria .....	4
1.1 Objetivo del proyecto .....	5
1.2 Alcance del proyecto y antecedentes .....	5
1.3 Antecedentes.....	6
A1 Chapas.....	6
A2 Corte laser.....	18
A3 Plegado.....	24
A4 Soldadura .....	31
1.4 Estudio y desarrollo de la pieza.....	35
1.5 Programación y corte de la pieza.....	35
1.5.1 Mecanizado de las piezas.....	36
1.5.2 Anidado de las piezas .....	36
1.6 Plegado de la pieza .....	37
1.7 Soldadura de la pieza .....	37
1.8 Preparación para el transporte y entrega.....	38
2. Planos .....	39
2.1 Plano de pieza: Conjunto.....	40
2.2 Plano de pieza: Soporte .....	41
2.3 Plano de pieza: Pletina.....	42
2.4 Desarrollo de la pieza .....	43
2.5 Programa de corte.....	44
3. Pliego de condiciones .....	45
3.1. Objetivo y alcance .....	46
3.2. Condiciones y normas de carácter general .....	46
3.3. Condiciones específicas de carácter técnico.....	48
3.3.1. Suministro de material y características .....	48
3.3.2. Fabricación y montaje .....	49
3.3.3. Pruebas y ensayos.....	54
3.3.4. Condiciones de entrega.....	55
4. Presupuesto.....	56
4.1. Introducción.....	57
4.2. Cuadro de Precio descompuesto.....	58
4.2.1. Materia Prima.....	58

4.2.2. Maquinaria y operación .....	58
4.2.3. Subcontrata proceso de soldadura .....	58
4.2.4. Otros conceptos a tener en cuenta.....	58
4.3. Cuadro de precio del proyecto.....	59
5. Conclusión.....	60
5.1 Cierre del proyecto .....	61
6. Bibliografía.....	62
6.1 Infografía .....	63
6.2. Documentación y fuentes de información.....	68



# 1. MEMORIA

## 1.1 OBJETIVO DEL PROYECTO

El presente trabajo de fin de grado tiene como objetivo la elaboración de un soporte del sector de la metalurgia que se ha encargado a la empresa *LM Laser S.A.* de parte del cliente *Stydler*. Para ello se pondrán en práctica los conocimientos adquiridos sobre planificación de procesos industriales adquiridos en el Grado de ingeniería Mecánica.

El cliente ha aportado a la empresa un plano sencillo de la pieza que se desea elaborar, de modo que queda definidas las dimensiones de la pieza. Además, el cliente aportará la chapa que desea cortar, en este caso corresponderá a una única chapa de acero de 1500X3000, que son las dimensiones de una de las máquinas de corte laser que dispone la empresa. Otro detalle es que dicha chapa corresponde a una chapa de acero inoxidable 304L.

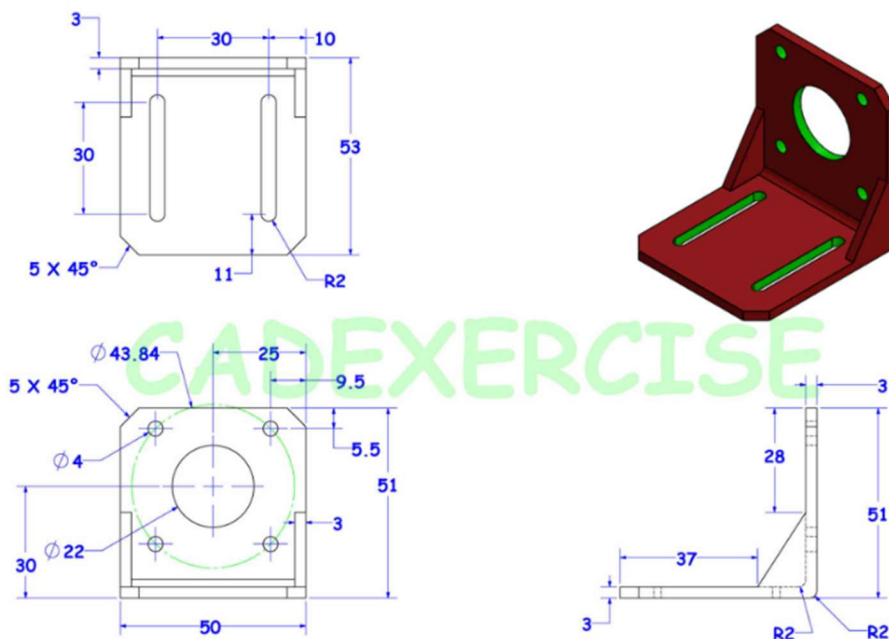


Ilustración 1: plano sencillo de la pieza planteada

Por último, el número de piezas a realizar es de 50, por ello una vez definido el proceso de fabricación y habrá que realizar un correcto anidado de las piezas en la chapa para que su corte sea lo más económico posible.

## 1.2 ALCANCE DEL PROYECTO Y ANTECEDENTES

El presente trabajo es de carácter académico y por tanto se presentarán alguna restricción en su elaboración ya que no se disponen del programa *DELEM profile-T* que permiten el cálculo del tonelaje necesario para realizar el plegado de la pieza por medio de las herramientas que se disponen en la empresa, por ello se asumirá que se utilizará un punzón estándar, denominado punzón 18, y una matriz en V cuadrada estándar, que abarca desde la V16 hasta la V50, siendo las intermedias la V22 y la V35. De modo que se realizarán correcciones en la pieza en función de dichas herramientas, que se definirán en mayor en el *ANEXO III: Plegado*.

Además, tampoco se dispone del programa *Lantek Expert*, que es el que se emplea para la elaboración de los programas de CNC de corte para las distintas máquinas laser. Por ello cuando se definan las piezas y sus desarrollos se simulará por medio de un plano el posible anidado de

las piezas y se describirá las pautas a seguir por la máquina para el corte a modo de indicación de como cortaría una maquina real. Como se trata de una chapa de Acero inoxidable 304L de 3mm de espesor no es necesario recalcar nada mas ya que solo se utilizarán las tecnologías básicas de corte y marcado en la pieza. Aun así, en el apartado de corte de la pieza se hará más hincapié en el proceso de corte del soporte. Además, hay que destacar que el proceso de soldadura solo se abarcara la tecnología empleada y los controles de calidad de la soldadura, ya que este proceso se subcontratara a la empresa SUMERKAD S.L.

Por último, decir que dicho trabajo está basado en la experiencia laboral del alumno en una empresa real y por ello se describirán los proceso en función de dicha experiencia apoyándose en la teoría adquirida a lo largo de todo el grado, esto quiere decir, que el procedimiento puede cambiar en función de la empresa debido a la máquina que tenga y los programas de los que se dispongan. Por razones de protección de datos se han ocultado o variado el nombre de las empresas implicadas en el apartado 1.1 de la Memoria.

### **1.3 ANTECEDENTES**

#### ***A1 CHAPAS***

##### ***A1.1 Introducción***

Debido a los diferentes procesos industriales existe una gran variedad de materiales con formas y dimensiones. En este apartado nos centraremos solo en las chapas de acero, dando especial hincapié en las chapas de acero inoxidable. Además, se verán los diferentes estándares de chapas que ofrecen algunos proveedores, haciendo un estudio de cuáles son las medidas más comunes para el desarrollo de proyectos.

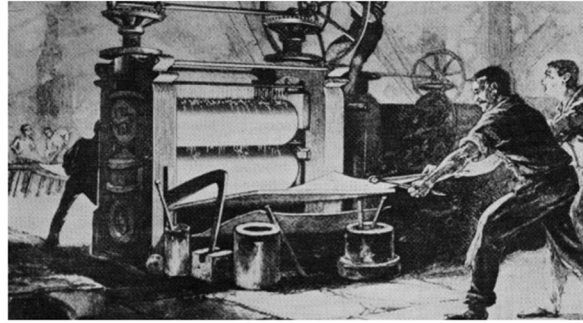
##### ***A1.2 Antecedentes históricos***

Para obtener un conocimiento solido sobre el conformado de chapa metálica se procederá al repaso histórico del desarrollo de esta tecnología. Así mismo, se verán los diferentes estándares europeos para este tipo de procesos. Y, por último, se resaltarán las nuevas tecnologías que permiten la confección de geometrías más complejas, generalmente utilizadas en arquitectura.

###### ***A1.2.1 Marco histórico***

El comienzo del conformado de chapa se podría datar en 1480, con los primeros bocetos de Leonardo Da Vinci, donde describe la posibilidad de hacer pasar un metal por dos rodillos posicionados paralelamente con el fin de modificar su espesor. Este proceso se pensó para varios procesos tanto en caliente como en frio para materiales tales como el plomo, estaño, cobre, etc. Por desgracia no ha registros de si se llegó a materializar este proceso en la época.

Posteriormente, en 1682, se presentó en Newcastle el rodillo de laminación en frio por John Hanbury. En este proceso los rodillos se accionaban por medio de agua de un canal generando así la fuerza necesaria para deformar el metal, en concreto se trabajaba el acero. Esta es la primera laminación de chapa metálica conocida, a partir de esta en Gales se desarrollaron diferentes métodos para la producción de geometrías más complejas, que encajaban con las exigencias de la época.



*Ilustración 2: Rodillo de laminación finales del siglo XIX*

El siguiente salto tecnológico se produjo a principios del siglo XIX donde los sistemas de laminación se estructuraban con firmes estructuras de hierro con dos cilindros de acero ajustables. De este modo el proceso de laminación se había convertido en un proceso variable capaz de satisfacer las necesidades de diseño para una gran variedad de productos, aun que aun era necesario la intervención de la mano humana.



*Ilustración 3: Laminación continua 1915*

La evolución de este proceso se produjo con el cambio de la fuerza hidráulica a la de vapor y, posteriormente, a la del par eléctrico. Además, las estructuras y proceso incorporaron cada vez más rodillos, con tal de disminuir la fuerza necesaria para el sistema de accionamiento. Las mejoras continuas en este proceso no se pueden atribuir a una sola eminencia, ya que se fueron dando según los procesos fueron evolucionando poco a poco se incorporaron mejoras para la elaboración de los diferentes metales en sus diferentes formas. Este proceso abarca al 90% de los metales utilizados en la industria, ya que tarde o temprano alguno de ellos ha sido sometido a algún proceso de conformado.

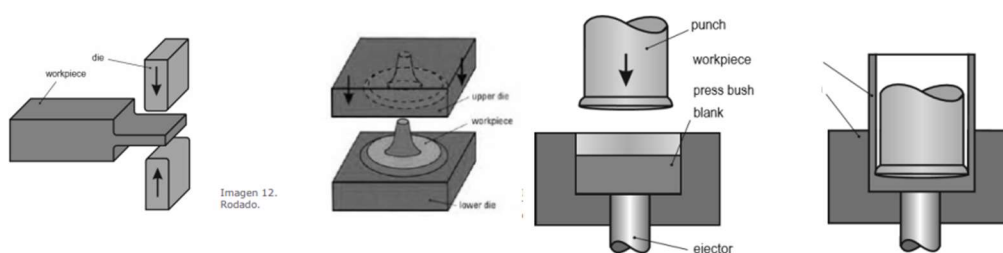
#### ***A1.2.2 Estandarizado de los diferentes procesos***

Como ya se ha mencionado en el apartado anterior el conformado de metal ocupa una gran parte de la producción industrial, donde el uso de chapa metálica tiene un gran protagonismo en los diversos sectores. El dominio de este proceso ha permitido la obtención de mayores prestaciones en la producción de geometrías más complejas. Por ello existe una normativa europea que se encarga de la clasificación de los diferentes procesos de conformado según el requerimiento de fuerza a la que se procederá a someter la pieza, teniendo en cuenta las condiciones de compresión y/o tensión.

### *Conformado sometido a condiciones de compresión (Under compressive conditions)*

Dentro de este tipo de procesos podemos encontrar:

- **Conformado por rodado (Rolling):** consiste en iniciar la reducción de espesor con el material en caliente, de modo que se reduzca la fuerza necesaria. Este proceso se puede emplear tanto para chapas como para la elaboración de tubos. Por último, destacar que si las exigencias del acabado superficial son altas se procederá a realizar con el material en frío.
- **Troquelado:** este proceso puede ser abierto o cerrado (Open die forming or Closed die forming). La forma de la pieza se definirá mediante la ejecución de un movimiento definido entre la pieza y la herramienta.
- **Conformado por embutición a través de un orificio (Forcing through an orifice):** la forma final de la pieza viene definida por una matriz.
- **Extrusión:** se emplea para la elaboración de perfiles de sección constante o productos semiacabados. En el caso particular de la extrusión en frío se puede utilizar para la elaboración de elementos mecánicos tales como engranajes o ejes.



*Ilustración 4: Muestra grafica de los procesos descritos en este apartado*

### *Conformado sometido a condiciones de tensión (Forming under tensile conditions)*

La aplicación más extendida en este tipo de procesos es la de **Estirado (Stretch forming)** que emplea un troquel rígido para prolongar la pieza, es la alternativa al uso de punzones rígidos mientras la pieza se sujeta firmemente por sus extremos.

### *Conformado sometido a condiciones de compresión y tensión (Forming under combination of tensile and compressive conditions)*

Se pueden clasificar estos procesos como:

- **Embutido (Deep drawing):** se puede definir como la transformación de una chapa plana o laminar en una estructura hueca sin cambio de espesor, esto se consigue por medio de un punzón, un troquel inferior y un soporte para la chapa.
- **Rebordeado (Flanging):** este proceso consiste en la elevación de bordes cerrados en huecos perforados por medio de punzones y matrices.
- **Spinning:** se utiliza para proceder a transformar una chapa plana en un cuerpo hueco o para la modificación de un cuerpo hueco.

- **Hidroconformado (Hidroforming):** consiste en la inflado del metal por medio de un líquido que ejerce una presión contra una matriz o troquel. Este proceso permite la obtención de mayor precisión y flexibilidad en el proceso.

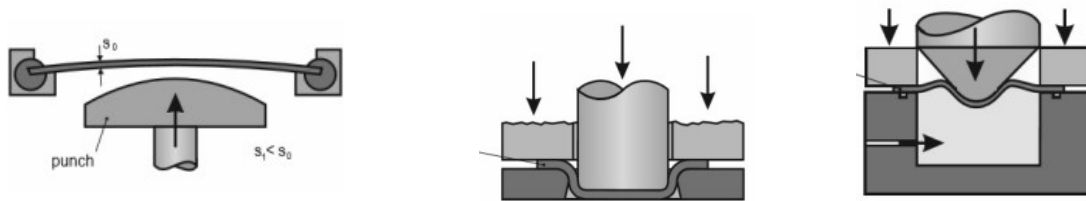


Ilustración 5: Muestra gráfica de los procesos descritos en este apartado

### Conformado por doblado (Forming by bending)

Estos procesos se pueden clasificar en 3 grandes grupos, que se emplean de forma regular en la industria:

- **Doblado con matriz (Die bending):** se obtiene la pieza a partir del impacto de la chapa contra una matriz por medio de un punzón.
- **Doblado por movimiento rotatorio de rodillos (Bending with rotary die movement):** por medio de este proceso se pueden fabricar piezas cilíndricas o cónicas. Además del enderezado de metales para la eliminación de deformaciones.
- **Flexión giratoria (Swivel bending):** se trata de un proceso de flexión continua para el doblado de perfiles, varillas, alambres o tubos con el fin de obtener muelles o bobinas.

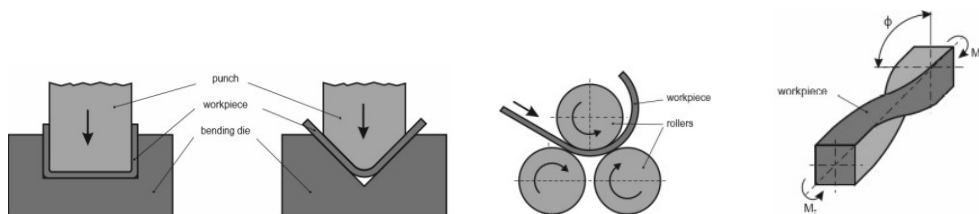


Ilustración 6: Muestra gráfica de los procesos descritos en este apartado

### A1.2.3 Nuevas técnicas de conformado

Como se ha visto en el apartado de *Marco Histórico* a medida que van surgiendo nuevas necesidades la tecnología se adapta para la obtención de dichos requisitos de diseño. La mayoría de técnicas que se emplean en el estandarizado utilizan prensa y matrices, de modo que se consigue una gran producción en un periodo corto de tiempo, pero estos procesos son solo rentables en una gran producción continua de piezas. Esto es debido al gran coste que requiere la fabricación de matrices. Por ello para la producción de series más cortas se emplean procesos de control por software avanzado, evitando así los problemas asociados a la estampación tradicional. Alguno de estos procesos se describirá en este apartado como una breve introducción a las diferentes tecnologías que existen en el mercado.

### ***Conformado incremental, Incremental sheet forming (ISF)***

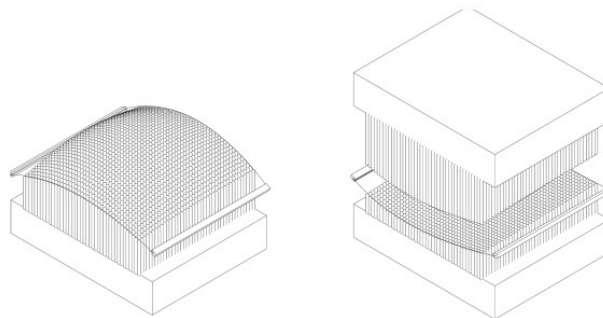
Este proceso se caracteriza por ser capaz de modelar piezas de una complejidad elevada por medio del conformado por estiramiento y spinning, recogiendo las ventajas de ambos procesos. Se procede a una deformación sucesivas que al sobreponerse entre ellas dan como resultado una geometría compleja.



*Ilustración 7: ejemplo de ISF*

### ***Multipoint forming (MF)***

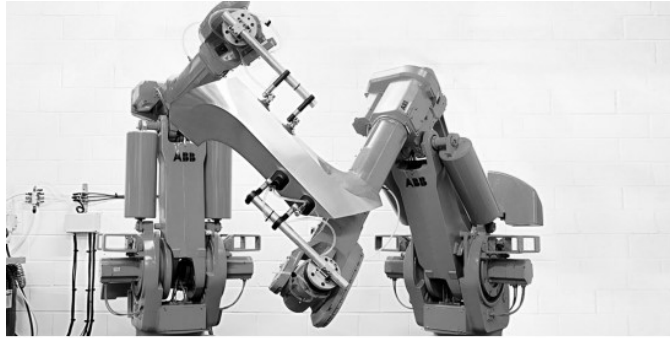
El empleo de moldes para la fabricación en masa para la industria del automóvil, náutica y aeronáutica permite que estos productos sean rentables, pero si se emplean en arquitectura, la gran variación de ángulos y formas no permite su producción en masa. Por ello el sistema de *Multipoint Forming* permite la producción de estos elementos distintivos en masa por medio de proceso de control numérico. Este proceso emplea pequeñas prensas hidráulicas para crear cualquier forma al presionarlas contra una chapa.



*Ilustración 8: Descripción grafica de MF*

### ***RoboFold***

Se trata de un sistema de conformación única de bajo consumo que emplea brazos robóticos para la creación de curvas complejas en chapas metálicas. La configuración es puramente informática de modo que se debe poder parametrizar la curva previamente diseñada para que se pueda llevar a cabo de forma correcta.



*Ilustración 9: Robot empleado en RoboFold*

### ***FiDU***

Se trata de un método tanto innovador como sencillo, ya que consiste en la utilización del menor número de materia así como reducir considerablemente el número de datos. Para ello se emplea robots precisos y herramientas organizadas para conseguir una producción eficiente y sostenible. Dos chapas soldadas se soplan para conseguir inflarlas con aire a presión en su interior para que tomen una forma compleja o, como se suele mencionar a menudo, que se el propio material el que decida la forma.

### ***A1.3 Tipos de Aceros***

Una vez vistas las diferentes tecnologías por las que se puede conformar el metal y transformarlo según las necesidades industriales, se procederá a entrar en detalle en los diferentes materiales.

Como se ha mencionado en la introducción del proyecto el cliente nos proporciona el material, que es un acero, por lo que solo se entrará en detalle en los diferentes tipos de acero que ofrecen los proveedores, donde se detallarán sus propiedades, así como los diferentes acabados que presenta cada tipo de chapa. Al ser el acero es uno de los materiales más utilizados en la industria y por ello existe una gran variedad de tipos y tratamientos superficiales, en este apartado solo se entrará en detalle sobre los más utilizados en general.

#### ***A1.3.1 Acero al Carbono***

El acero al carbono se constituye principalmente de hierro y se procede a alearlo con carbono, de ahí su nombre, pero la su composición puede variar en función de los diferentes aleantes y cantidades de los mismo. Es un acero que se considera maleable, ya que ofrece una gran flexibilidad al poder tomar cualquier forma. Otras de sus propiedades pueden ser su alta resistencia y su baja aleación.

Este acero se produce por medio de rodillos en forma de hoja o laminas, chapas, con el espesor deseado y en función de su composición se puede considerar acero de bajo carbono, no adquiere temple y por lo tanto solo se mejoran sus propiedades mecánicas; medio carbono, son aquellos que si se mejora su dureza y resistencia; o alto carbono, con una gran dureza, pero presentan fragilidad. Este tipo de acero se utiliza en una gran variedad de sectores desde la construcción hasta la automoción, por lo tanto existen una gran variedad de tipos. En este apartado os centraremos en dos, ya que son los principales que se ofrecen por el proveedor de la empresa.



**Acero al Carbono – DC01 (DC01, 1.0330, CRS CR4, St12)**

Este material presenta una gran ductilidad y fácil deformación por ello se emplea en una gran variedad de procesos de conformado en frío. A pesar de que el proveedor nos ofrece el acero DC01 existe varios otros en esta familia que se puede ver su composición y propiedades en las siguientes tablas.

<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA % según EN 10130</b>					
	<b>C</b>	<b>Mn</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Ti<sup>(1)</sup></b>
DC01	≤0,12	≤0,60	≤0,045	≤0,045	-
DC03	≤0,10	≤0,45	≤0,035	≤0,035	-
DC04	≤0,08	≤0,40	≤0,030	≤0,030	-
DC05	≤0,06	≤0,35	≤0,025	≤0,025	≤0,30
DC06	≤0,02	≤0,25	≤0,020	≤0,020	≤0,20

Ilustración 10: Tabla de composición de los aceros al carbono DC

<b>CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS según EN 10130</b>							
	<b>Dirección</b>	<b>Espesor</b>	<b>Re (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Rm (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>A<sub>80</sub> (%)</b>	<b>r<sub>90</sub></b>	<b>n<sub>90</sub></b>
DC01	T	0,3 - 0,5	140 - 320	270-410	≥24	-	-
		0,5 - 0,7	140 - 300		≥26		
		0,7 - 3	140 - 280		≥28		
DC03	T	0,3 - 0,5	140 - 280	270-370	≥30	≥1,3	≥0,16
		0,5 - 0,7	140 - 260		≥32		
		0,7 - 3	140 - 240		≥34		
DC04	T	0,3 - 0,5	140 - 250	270-350	≥34	≥1,6	≥0,18
		0,5 - 0,7	140 - 230		≥36		
		0,7 - 3	140 - 210		≥38		
DC05	T	0,3 - 0,5	140 - 220	270-330	≥36	≥1,9	≥0,20
		0,5 - 0,7	140 - 200		≥38		
		0,7 - 3	140 - 180		≥40		
DC06	T	0,3 - 0,5	140 - 210	270-350	≥37	≥2,1	≥0,22
		0,5 - 0,7	140 - 190		≥39		
		0,7 - 3	120 - 170		≥41		
DC07	T	0,3 - 0,5	100 - 170	250 - 310	≥42	≥2,5	≥0,23
		0,5 - 0,7	100 - 150		≥44		
		0,7 - 3					

Ilustración 11: Tabla de propiedades mecánicas de los aceros al carbono DC

**Acero al Carbono – DD11 (DD11, 1.0038, S235JR, StW22)**

Este tipo de acero se emplea en procesos de plegado y embutición principalmente, desde los mas sencillos, donde se emplea el DD11; hasta los mas complejos y en embutición profunda, donde se emplea el DD14. Teniendo esto en cuenta en las siguientes tablas se presentan tanto la composición como las propiedades mecánicas, que serán determinantes para el tipo de proceso.

<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA % según EN 10111</b>				
	<b>C</b>	<b>Mn</b>	<b>P</b>	<b>S</b>
DD11	≤0,12	≤0,60	≤0,045	≤0,045
DD12	≤0,10	≤0,45	≤0,035	≤0,035
DD13	≤0,08	≤0,40	≤0,030	≤0,030
DD14	≤0,08	≤0,35	≤0,025	≤0,025

Ilustración 12: Tabla de composición de los aceros al carbono DD

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS según EN 10111						
	Re (N/mm <sup>2</sup> )		Rm (N/mm <sup>2</sup> )	A <sub>80</sub> (%)		
	1.50≤d<2.00	2.00≤d≤8		1.50≤d<2.00	2.00≤d<3.00	3.00≤d≤8.00
DD11	170-360	170-340	≤440	≥23	≥24	≥28
DD12	170-340	170-320	≤420	≥25	≥26	≥30
DD13	170-330	170-310	≤400	≥28	≥29	≥33
DD14	170/310	170/290	≤380	≥31	≥32	≥36

Ilustración 13:Tabla de propiedades mecánicas de los aceros al carbono DD

### Acabado superficial

Según las necesidades de cada proyecto los aceros se pueden confeccionar con un acabado u otro. Existen muchos acabados superficiales, pero en este proyecto se tendrá en cuenta solo aquellos que se hacen directamente sobre la superficie del hacer si utilización de agentes que creen una capa por encima. Por ello el acero al carbono se puede presentar con 3 acabados distintos:

- *Natural*: se presenta tal cual se ha procesado la chapa.
- *Vibrado*: este proceso se podría describir como un proceso que deja la superficie del acero mate por medio del uso de un esparadrapo que se encarga de rallar la superficie en todas direcciones con el fin de que sea difícil percibir los diferentes defectos superficiales del acero.
- *Arenado*: este proceso también se puede conocer como “sandblasting” y se trata de un método abrasivo que limpia y elimina la oxidación, la pintura, las cascarillas de laminación y otros defectos superficiales, de modo que se consigue una superficie con un acabado perfecto para su posterior proceso.

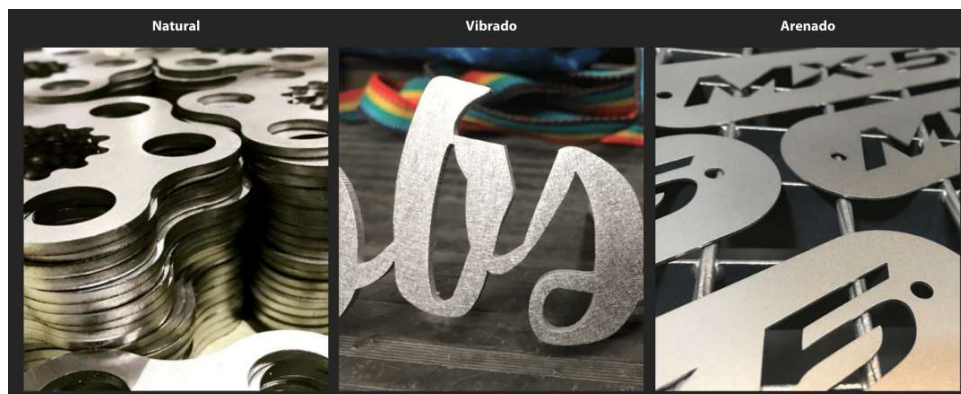


Ilustración 14:Muestra visual sacada de catalogo para los diferentes acabados superficiales en aceros

### A1.3.2 Acero Galvanizado

Este tipo de aceros se caracteriza por estar recubierto por una capa de acero de cinc o hierro-cinc que se consigue por medio de una inmersión continua en caliente, consiguiendo así una excelente protección contra la corrosión, ya que el recubrimiento actúa como barrera física contra los diferentes agentes químicos. Dada esta peculiaridad superficial de este acero siempre se emplea al natural y no se trata la superficie con ningún proceso.

**Acero Galvanizado – DX51 Z275 (DX51+Z275, 1.0226, St. 02 Z275)**

A continuación, se presentan las diferentes tablas, tanto la composición química como las propiedades mecánicas, para este tipo de aceros. Aun que el proveedor en general solo oferte el acero galvanizado DX51 existen muchos otros que se pueden ver a continuación.

<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA % max. según EN 10346:2015</b>						
	<b>C</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Ti<sup>(1)</sup></b>
DX51D	0,18	0,50	1,2	0,12	0,045	0.30
DX52D	0,12		0,60	0,10		
DX53D						
DX54D						
DX55D						
DX56D						
DX57D						

Ilustración 15: Tabla de composición de los aceros al carbono DX

<b>CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS según EN 10346:2015</b>										
	<b>Dirección</b>	<b>Espesor</b>	<b>Re (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Rm (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>A<sub>80</sub> (%)</b>	<b>A<sub>5</sub> (%)</b>	<b>r<sub>90</sub></b>	<b>n<sub>90</sub></b>		
DX51D+Z	T	0,2 - 0,7	≥140	270 - 500	≥20	-	-	-		
		0,7 - 3			≥22					
		3 - 6			≥26					
DX52D+Z	T	0,2 - 0,5	140 - 300	270 - 420	≥24	-	-	-		
		0,5 - 0,7			≥26					
		0,7 - 3			270 - 430				-	≥28
		3 - 6								
DX53D+Z	T	0,5 - 3	140 - 260	270 - 380	≥30	-	-	-		
		3 - 6	140 - 290		-				≥33	
DX54D+Z	T	0,2 - 0,7	140 - 220	270 - 350	≥34	-	≥1,6	≥0,18		
		0,7 - 3			≥36					
DX56D+Z	T	0,2 - 0,7	120 - 180	260 - 420	≥37	-	≥1,9	≥0,21		
		0,7 - 3			≥39					
DX57D+Z	L	<3	-	-	-	-	-	-		
		<0,2	-	-	-					
	T	0,2 - 0,7	120 - 170	260-350	≥39					
		0,7 - 3			≥41				≥2,1	≥0,22

Ilustración 16: Tabla de propiedades de los aceros al carbono DX

**A1.3.3 Acero Inoxidable**

El acero inoxidable se compone con un mínimo del 10-12% de cromo contenido en masa, por ello presenta una elevada resistencia a la corrosión, ya que los elementos que lo componen poseen gran afinidad con el oxígeno, creando una capa pasivadora que evita la oxidación del hierro. Dicha capa puede ser dañada con algún corrosivo o un defecto superficial provocando así que el hierro se vea atacado y oxidado dando lugar a picaduras o defectos intergranulares. Además del cromo, este tipo de aceros también suelen contener níquel y molibdeno.

Existen dos grandes tipos de acero inoxidable en el mercado el acero 304 y el 316, a continuación, veremos las diferentes propiedades de cada uno y algunas de sus aplicaciones. Por último, destacar que el acero que se va emplear para el proyecto y, por tanto, el que nos va a aportar el cliente es el acero inoxidable 304L, ya que es más sencillo de soldar y presenta menos defectos durante este proceso.

### **Acero Inoxidable 304 (1.4301, X5CrNi 18 10, AISI 304L)**

Este tipo de acero se conoce como acero 18/8 o A2 y se compone principalmente de hierro, manganeso, carbono, fósforo, silicio, sulfuro, níquel y un alto contenido en cromo (18%). Dicha composición hace que este material sea resistente a la corrosión y a la oxidación, como todos los aceros inoxidable. Además de tener una buena resistencia al desgaste, ser económico, resistente a altas y bajas temperaturas, ser adecuado para procesos de deformación como el plegado. Por último, destacar que también se puede emplear en procesos de soldadura o embutición, ya que por sus propiedades se puede aplicar en diversas aplicaciones.

Todas estas propiedades son comunes a estos tipos de aceros y están tabuladas de manera similar para todos los proveedores. Cabe destacar que existe una variación de este tipo de acero denominado AISI 304L (Low Carbon), que como su nombre indica presenta una menor cantidad de carbono, esto permite que este tipo de acero presente menores problemas al ser soldado entre temperaturas de 426-900°C. Sus propiedades mecánicas son ligeramente menores al acero 304, aunque a efectos prácticos es casi imperceptible esta diferencia y en la mayoría de fichas técnicas de asume que son iguales.

Tipo AISI		304 / 304 L
Composición química	C %	0,07 / 0,030 máx.
	Mn %	2,00 máx
	Si %	1,00 máx
	Cr %	18,00 a 20,00
	Ni %	8,00 a 10,50 / a 12,00
	Mo %	

*Ilustración 17: Tabla de composición química para los aceros 304*

### **Acero Inoxidable 316 (1.4401, X2CrNi 17 13, AISI 316L)**

Este tipo de acero es muy similar al acero inoxidable 304, con la diferencia de que esta aleación es más sólida a altas temperaturas, así como más resistente a la corrosión frente a gran variedad de ácidos altamente corrosivos. Por último, en este tipo de acero también existe una variación con menos carbono, el acero inoxidable 316L, como en el caso anterior este tipo de acero es más solidario al emplearse en procesos que requieran soldadura.

Elemento	Tipo 316	Tipo 316L
Carbón	0.08 máx.	0.030 má.
Manganeso	2.00 máx.	2.00 máx.
Azufre	0.030 má.	0.030 má.
Fósforo	0.045 máx.	0.045 máx.
Silicio	0.75 máx.	0.75 máx.
Cromo	16.0 a 18.0	16.0 a 18.0
Níquel	10.00 a 14.00	10.00 a 14.00
Molibdeno	2.00 a 3.00	2.00 a 3.00
Nitrógeno	0.10 máx.	0.10 máx.

Ilustración 18: Tabla de composición química para los aceros 316

Tipo AISI			304 / 304 L	316 / 316 L	310
Densidad		(Kg/dm <sup>3</sup> )	7,9	7,95	7,9
Módulo de elasticidad		(N/mm <sup>2</sup> )	193.000	193.000	200.000
Calor específico a 20°C		(J/Kg°K)	500	500	500
Conductividad térmica	(W/m °K)	A 100°C	16	16	12,5
		A 500°C	21	21	17,5
Coeficiente medio de expansión térmica	(x 10 <sup>-6</sup> /°C)	0 / 100°C	17,30	16,02	15,20
		0 / 300°C	17,80	16,20	16,60
		0 / 500°C	18,40	17,46	17,60
		0 / 700°C	18,80	18,54	18,50
Intervalo de fusión		(°C)	1398-1454	1371-1398	1398/1454

Ilustración 19: Tabla de propiedades mecánicas de los aceros inoxidable



### *Acabados superficiales en aceros inoxidables*

En cuanto al acabado superficial de los aceros inoxidables este tiene una gran variedad ya que se emplean en diversos sectores y para una infinidad de productos. Alguno de estos acabados es: Acabados: Natural, Vibrado, Arenado, Cepillado y Brillante o Pulido. Podemos destacar dos de ellos ya que no están presentes en los anteriores aceros que se han planteado en este apartado:

- *Cepillado*: no se emplea para usos externos ya que presenta un acabado con un toque luminoso y lujoso. Este tipo de tratamiento consiste, en como su nombre indica, en un cepillado del acero para que no se convierta en un espejo, de modo que es más fácil de mantener. Este tipo de aceros se emplean en iluminación o productos de interior.
- *Brillante*: este tipo de acabado presenta un pulido efecto espejo.

### *A1.4 Medidas normalizadas de los proveedores*

Como ya se ha visto en los apartados anteriores, existe una gran diversidad de forma y tamaños en los que se puede procesar los metales para los diferentes usos industriales, pero en este apartado se mencionara los tamaños de chapa más comunes que se emplean en la industria. Estos tamaños pueden de:

- 1000X 2000 mm
- 1250 x 3000 mm
- 1500 x 3000 mm

Aunque existen variaciones más grandes chapa, este tipo de tamaño se normalizan a los diferentes tamaños de maquinaria. Para este proyecto se empleará una chapa de 1500x3000 mm ya que es el tamaño de la una de las máquinas de corte laser que dispone la empresa.

### *A1.5 Normativa*

Existe una gran variación de normativa en respective a los diferentes procesos industriales, pero si se debe contemplar alguna de ellas para este proyecto son las siguientes:

- Real Decreto 2899/1976, de 16 de septiembre, por el que se establece bajo la denominación de Norma M. V. 102-1975, la revisión de la Norma M. V. 102-1964, «Acero laminado para estructuras de edificación».
- UNE-EN 10130/2008. Productos planos laminados en frío de acero bajo en carbono para embutición o conformación en frío. Condiciones técnicas de suministro.

Aun así, para cada proceso y operación industrial existe una norma UNE o ANSI, por ellos es difícil tener en cuenta toda la norma y solo se hace referencia a apartados concretos de la misma, aunque eso lo debe de contemplar el cliente al realizar el proyecto y facilitarlo de ser necesario para el desempeño de alguna de las labores industriales.

## ***A2 CORTE LASER***

### ***A2.1 Introducción***

Como se ha observado en el apartado anterior, existe una gran variedad de procesos industriales de conformado de metales por ello en este apartado nos centraremos en el corte laser. Abarcaremos desde un planteamiento teórico simplificado de su funcionamiento, ya que dado el alcance del proyecto no será necesario indagar más, como algunas de las tecnologías que existen en este ámbito. Por último, se describirá, a grandes rasgos, la maquina a utilizar para el corte de nuestras piezas, así mismo como unas observaciones finales mas relacionadas con la metodología de trabajo de la empresa, así mismo se verá alguna normativa aplicada a este sector.



*Ilustración 20: Imagen de muestra del proceso descrito*

### ***A2.2 Funcionamiento y tipos de máquinas de corte laser***

#### ***A2.2.1 Descripción del proceso***

El corte laser es uno de los procesos mas utilizados en la industria ya que ofrece una gran precisión y velocidad, cualidades de alto valor para un proceso productivos rentable.

Dicho proceso que emplea energía térmica, calor, para separar o cortar las piezas metálicas. Para ello se emplea un rayo de luz concentrada (LBC) o Laser que eleva la temperatura de la superficie hasta que se derrita o se vaporice. Tras traspasar la superficie del material empieza el proceso de corte, guiando el rayo por la superficie hasta obtener la figura o pieza deseada. Tras finaliza el proceso de corte o durante el mismo se empleará gas a presión para que posteriormente sea más fácil retirar la geometría del bruto inicial. El gas que se emplea para este proceso puede ser oxígeno, nitrógeno o CO<sub>2</sub>.

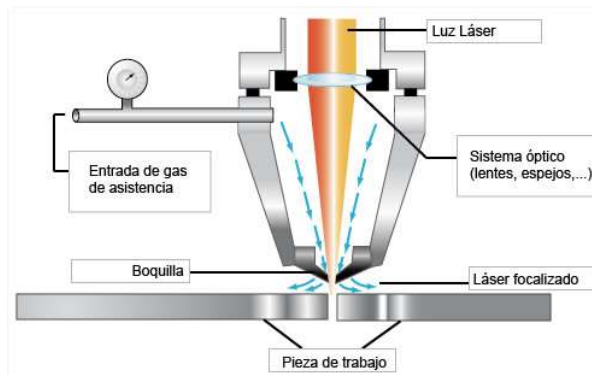


Ilustración 21: Boquilla empleada en el corte laser con sus partes diferenciadas

Dentro de este tipo de proceso existe tres tecnologías o procedimientos diferenciados que agrupan las diferentes aplicaciones industriales:

- **Proceso de Quemado o Reactivo:** durante el proceso de corte se emplea oxígeno a altas presiones como gas de soporte, de modo que el material reacciona y como consecuencia se oxida durante el proceso. Esta reacción produce energía que ayuda al laser a que sea mas potente y por tanto el corte sea mas profundo. Se emplea generalmente con hierro o espesores grandes de chapa.
- **Proceso de Fusión:** en este caso se emplea nitrógeno como gas de soporte por medio de soplado de modo que es más sencillo retirar el material y se emplee menos energía en el corte. En general este proceso se emplea con materiales que funden con facilidad o espesores pequeños.
- **Proceso de Sublimación:** por medio de un haz de luz de alta intensidad el material se evapora o sublima directamente, de modo que se pueda cortar con facilidad. Este tipo de procesos se emplean en materiales no metálicos.



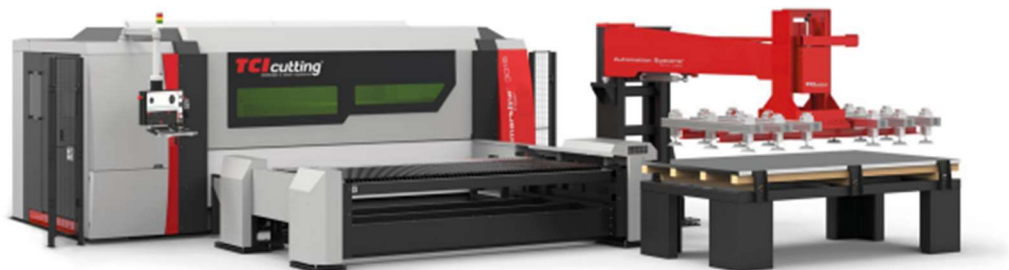
Ilustración 22: Muestra de corte laser de gran espesor

Por medio de estos tres grandes procesos se obtienen la mayoría de geometrías, cabe destacar que la mayoría de máquinas, sino todas están capacitadas, al menos en el caso de los metales, de emplear en una misma estación el proceso de *fusión* y *Quemado*, permitiendo una mayor diversidad de materiales en el proceso. Además, las ventajas de este tipo de proceso son más que evidentes, la alta precisión y versatilidad permiten la obtención de piezas de la forma mas eficiente posible con el uso del menor material, aun que eso depende del anidado que se haga con las piezas. Además, este proceso no solo se emplea con metales sino con otro tipo de materias primas tales como la madera o el textil, permitiendo el grabado en todos estos materiales. Esto hace que este tipo de proceso sea empleado con asiduidad en la industria.



### *A2.3 Selección de maquina*

Una vez se han detallado las diferentes particularidades de esta tecnología y de como se aplica a nivel industrial, es hora de detallar las maquinas que lo hacen posible. En el caso del proyecto que se esta tratando la empresa *LM Laser S.A.* dispone de dos maquinas con dicha tecnología. Pero en este apartado nos centraremos solo en una de ellas ya que se adaptan al tamaño de las chapas que se van a emplear. Otro detalle a destacar es que la vida útil de estas maquina es relativamente larga, por ello encontrar la documentación exacta del modelo de maquina que se emplea en las instalaciones de la empresa es complicado, por ello se empleara la información de un modelo parecido, que nos igual al que se emplea en las instalaciones actualmente, pero para el alcance de este proyecto es mas que suficiente.



*Ilustración 23: TCI cutting, modelo SmartLine Fiber 3015*

La máquina de corte por tecnología laser que se va a describir a continuación es del fabricante TCI cutting, el modelo *SmartLine Fiber 3015*. En las tablas inferiores se detallan las características principales de este modelo que aporta el proveedor, pero la mas relevante para este proyecto es el formato de las chapas que puede soportar esta máquina, que en este caso es de 3000x1500x100mm, es decir que se adapta a las necesidades del proyecto. Cabe destacar que según este dato la maquina puede soportar cualquier material de 100mm de espesor, pero esto no es así, ya que su carga máxima es de 950Kg, es decir el espesor estará limitado por la densidad del material. En el caso particular de este proyecto, se trata de una chapa de 3mm de acero inoxidable, es más que evidente que no sobrepasa los límites de esta máquina.

## DATOS TÉCNICOS

Característica	Smartline Fiber 3015
Carga máxima	950 kg
Cabezales	1
Vel. máx. pos. (simultáneo)	170 m/min
Aceleración máx. axial	2G
Tolerancia máquina	± 0.05 mm/m
Repetibilidad	± 0.025 mm
Medidas	3.000x1.500x100 mm
Automatización a medida	✓

Ilustración 24: Datos técnicos generales del modelo SmartLine 3015

DATOS TÉCNICOS	MODELOS	
Característica	3015	4020
Carga máxima	950 kg	1.800 kg
Cabezales	1	1
Vel. Posicionamiento Máx simultánea	170 m/min	170 m/min
Aceleración máx. axial	19,6 m/s <sup>2</sup> (2G)	19,6 m/s <sup>2</sup> (2G)
Tolerancia máquina VDI/DGQ3441	± 0.05 mm/m	± 0.05 mm/m
Repetibilidad	± 0.025 mm	± 0.025 mm
Potencias	De 1 kW a 15 kW	De 1 kW a 15 kW
Dimensiones	3.000x1.500x100 mm	4.000x2.000x100 mm
Máquina completamente cerrada	Incluido	Incluido
Sistema de extracción de humos	Incluido	Incluido
Sistema de refrigeración	Incluido	Incluido
Cambio de mesa automática	Incluido	Incluido
Cargador y descargador automático	Opcional	Opcional

Ilustración 25: Comparativa entre las especificaciones de los modelos SmartLine

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- | Smart Workflow 3.2. Automatización colas de trabajo.
- | Smart Camera 4.0: Detección de bordes y piezas.
- | Dynamic System 4.0 2G: Aceleración lineal.
- | Cut Quality Control 4.0: Control de la calidad de corte.
- | Fast Piercing 2.0: Perforación ultra rápida. *(opcional)*
- | Automatic Piercing 2.3: Detección de perforación instantánea. *(opcional)*
- | Smarttouch 6.0: Interfaz hombre - máquina. Intuitivo y de fácil manejo.
- | Fly-Cut 3.0: Corte ultra rápido para optimización de cortes en rejilla y taladros consecutivos.
- | Smart Nozzle Cleaning: Limpieza automática de boquilla.
- | Online 4.0: Software de comunicación. Control remoto de la máquina para testeo, reprogramación y asistencia técnica. Mantenimiento predictivo.
- | Resonador IPG.
- | Cabezal Precitec.
- | Power control: Modulación automática de potencia.
- | Piercing sensor. *(opcional)*
- | CNC Fanuc 31ILB.

*Ilustración 26: Tecnologías y aplicaciones del modelo SmartLine Fiber*

## SOLUCIONES DE AUTOMATIZACIÓN A MEDIDA



### Carga

Carga automatizada de material.  
Optimización, velocidad y seguridad.



### Carga y descarga

Carga y descarga automatizada dentro del flujo productivo. Gana en competitividad.



### Clasificación

Proceso automatizado de clasificación de piezas que agiliza el proceso productivo y lo hace más eficiente.



### Almacenamiento

Automatización inteligente integral. Diversos niveles: Torre simple, torre múltiple o almacén inteligente.

*Ilustración 27: Soluciones de carga y descarga de chapas para el modelo SmartLine Fiber*

Una vez se ha detallado a grandes rasgos el tipo de máquina que se va a emplear y algunas de sus especificaciones técnicas más generales podemos destacar que dicho modelo es compatible con Lantek Expert, por ello el anidado que se procederá a hacer por medio de este programa servirá para el CNC de la máquina. En cuanto a tecnologías de corte, este proyecto abarca el corte de una chapa de 3mm de acero inoxidable, por ello se procederá al corte por medio de la tecnología de fusión, es decir, se empleará nitrógeno para gas de soporte para el corte del material debido a la naturaleza de material y a que no se trata de un espesor muy grande. Además, este último detalle también se contempla en Lantek Expert por medio de una metodología de colores que puede variar según la versión del programa.

En cuanto al proceso de ajuste de la máquina, se realizarán pruebas con unas piezas que tienen esa función y que se añaden al anidado. Dichas piezas tienen la función de comprobar el estado del cabezal de la máquina y de las diferentes tecnologías de las que dispone la máquina, no se entrará más en detalle ya que es función del operario de la línea terminar de ajustar la lente por

medio de la presión y caudal de gas de apoyo o de la potencia de la lente. Por último, destacar que dicho proceso es indispensable para ahorrar postproceso por la aparición de rebabas o salpicaduras de material.

#### *A2.4 Consideraciones del proyecto y normativa*

Una vez se ha detallado todas las características del proceso, así como las características solo queda destacar la normativa vigente que engloba dicho proceso industria. Dicha normativa es:

- Norma *NTP 654: Láseres: nueva clasificación del riesgo (UNE EN 60825-1:A2/2002)* que se contempla dentro de la normativa *UNE EN 60825-1: Seguridad de los productos láser. Parte 1: Clasificación de los equipos y requisitos;*

Que abarca todas las medidas de seguridad que son de necesario cumplimiento y que se recomiendan para llevar a cabo el proceso de corte laser de forma segura y lo más eficiente que sea posible en un entorno industrial.

## A3 PLEGADO

### A3.1 Introducción

En este apartado se procederá a explicar los fundamentos básicos del plegado de chapa, es decir, se verá de forma teórica los teoremas y planteamientos por los cuales se puede calcular los desarrollos y las fuerzas de pliegue para la obtención de piezas por medio de esta aplicación industrial.

Una vez se haya explicado, de forma general, el proceso de plegado se procederá a detallar y definir la máquina utilizada, como en el caso anterior, la empresa dispone de varias máquinas, pero dada la naturaleza de la pieza es sencillo escoger en cuál de ellas se procederá al plegado de la misma.

Por último, se harán ciertas anotaciones del procedimiento real por el cual se obtendría esta pieza, haciendo un gran hincapié en las aplicaciones informáticas usadas y la forma real de trabajo de un plegador de taller. Así como algunas de las normativas más relevantes a la hora de realizar estos procesos industriales.



Ilustración 28: ejemplo del plegado de una pieza de chapa metálica

### A3.2 Teoría de plegado de chapas metálicas

El plegado de chapas metálicas es un proceso de fabricación en el que se aplica una fuerza a una chapa de metal para doblarla en una forma deseada. Este proceso se utiliza en una variedad de aplicaciones, desde la fabricación de productos de consumo hasta la construcción de estructuras metálicas.

La teoría detrás del plegado de chapas metálicas se basa en el conocimiento de las propiedades mecánicas del metal y en la aplicación de principios físicos y matemáticos para calcular la cantidad de fuerza necesaria para doblar la chapa de una forma determinada.

Cuando se aplica una fuerza a una chapa metálica, se produce una deformación en la sección transversal de la chapa. Esta deformación se puede medir en términos de curvatura o ángulo de doblado, y se puede calcular utilizando la ecuación de la curvatura de la chapa, dicha ecuación corresponde a la siguiente expresión:

$$R = \left(\frac{1}{2}\right) * \left(\frac{T}{E}\right) * L^2$$

Donde:

- R es la curvatura de la chapa o el radio de plegado.
- T es la tensión aplicada
- E es el módulo de elasticidad de la chapa
- L es la longitud de plegado o transversal de la chapa.

La cantidad de fuerza necesaria para doblar la chapa depende de varios factores, como el tipo de metal, el espesor y el ancho de la chapa, el radio de curvatura deseado y el ángulo de doblado. Para calcular la fuerza necesaria, se puede utilizar la ecuación de la fuerza de plegado, que se basa en el principio de la sección eficaz y en la teoría del esfuerzo de Von Mises, dicha expresión se puede expresar como:

$$F = K * A * F_y * \left( \frac{\sigma_t}{\sigma_y} \right)^n$$

Donde:

- F = Fuerza de plegado (N)
- K = Factor de forma (adimensional)
- A = Área de la sección transversal (m<sup>2</sup>)
- F<sub>y</sub> = Módulo de fluencia del material (N/m<sup>2</sup>)
- σ<sub>t</sub> = Esfuerzo tangencial total (N/m<sup>2</sup>)
- σ<sub>y</sub> = Esfuerzo de fluencia del material (N/m<sup>2</sup>)
- n = Exponente de la ecuación (adimensional)

En la práctica estos cálculos no se emplean salvo para casos muy específicos o de alta precisión y en su lugar, por lo general, se emplean tablas tabuladas.

El uso de tablas es una técnica comúnmente utilizada en el plegado de chapas metálicas para determinar la cantidad de fuerza necesaria para doblar la chapa en una forma determinada. Estas tablas se basan en la teoría detrás del plegado de chapas metálicas y en los resultados de pruebas realizadas con diferentes tipos y espesores de metal.

Las tablas de plegado de chapas metálicas suelen presentarse en forma de gráficos o cuadros que indican el valor de la fuerza necesaria para doblar la chapa en función del espesor y del radio de curvatura deseado. Estas tablas se pueden utilizar de varias maneras, dependiendo del tipo de información que se requiera:

- Para determinar el radio de curvatura máximo que se puede conseguir con una determinada cantidad de fuerza, se puede consultar la tabla para un espesor de chapa específico y leer el valor del radio de curvatura correspondiente a la cantidad de fuerza disponible.
- Para determinar la cantidad de fuerza necesaria para doblar la chapa en un radio de curvatura específico, se puede consultar la tabla para un espesor de chapa específico y leer el valor de la fuerza correspondiente al radio de curvatura deseado.
- Para determinar el espesor mínimo de chapa necesario para doblarla en un radio de curvatura específico con una cantidad de fuerza determinada, se puede consultar la tabla para diferentes espesores de chapa y elegir el espesor que corresponda al valor de la fuerza disponible y al radio de curvatura deseado.

Se debe tener en cuenta que estas tablas son solo una guía y que los resultados reales pueden variar dependiendo de las condiciones específicas del trabajo. Pero de cara al ámbito industrial las variaciones pueden suponer una desviación tan ínfima que llegan a ser despreciables, en la mayoría de los casos.

V	R	B	0,5	0,8	1	1,2	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30
4	0,7	2,6	40	105																
6	0,9	3,9	26	69	106	153														
8	1,5	5,2	20	55	80	115	180													
10	1,7	6,5		41	65	95	145	260												
12	2	7,8			55	80	120	215	335											
16	2,7	10,4				60	90	160	250	360										
20	3,4	13					75	130	200	290	520									
24	3,9	15,6						106	166	240	426	666								
30	5	20							140	190	340	540	770							

Ilustración 29: Extracto de tabla de plegado

En cuanto al desarrollo se puede proceder de varias maneras, entre ellas el calculo manual, pero la forma más habitual hoy en día es por medio de los sistemas CAD que permiten la obtención de los desarrollos de chapas de forma casi automática. La forma tradicional constaría de los siguientes pasos:

- Determinar las dimensiones de las caras planas
- Determinar el perímetro de la zona de pliegue, que dependerá de la posición de la fibra neutra, que se definirá con el factor K, que hace referencia a la posición de la misma respecto al pliegue interior.
- Por último, juntar todos los desarrollos y sumarlos.

En la práctica existen tablas de deducciones que viene determinadas por el radio interior de la pieza y el Angulo de pliegue, estas tablas tabuladas facilitan la obtención del desarrollo de diferentes productos elaboradas en chapa.

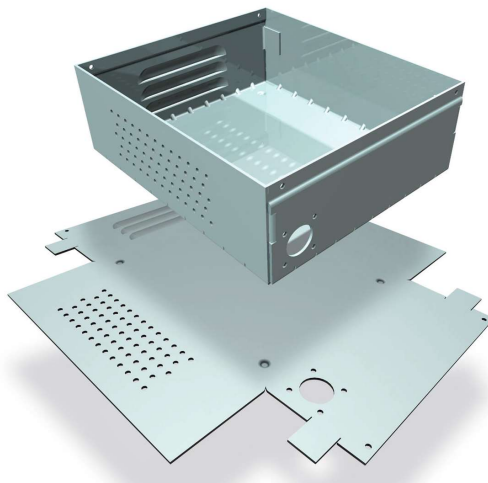


Ilustración 30: ejemplo ilustrado del desarrollo de una pieza de chapa metálica

### **A3.3 Selección de maquina plegadora**

Una vez se ha establecido la teoría en la que se basa el proceso de plegado, así como la metodología real de trabajo que corresponde a las tablas de plegado, procederemos a definir la máquina que se va a emplear en este proyecto. Como ya se ha mencionado en el *Anexo II* la empresa LM Laser S.A. dispone de varios equipos para el desarrollo normal del proceso industriales, pero en este apartado nos centraremos en la máquina de plegado hidráulica de menor longitud, ya que es la que mejor se adecua al alcance del proyecto.



*Ilustración 31: Plegadora hidráulica MP1500CNC de NARGESA*

Dicho equipo corresponde a la plegadora hidráulica del fabricante NARGESA que tiene una longitud de plegado de 1500mm y un tonelaje máximo de 40T. Estas dos características, dadas las dimensiones de la pieza del proyecto son más que suficiente y cumplen las características necesarias para poder plegar la pieza. Algunas características de la máquina, que se han sacado del catálogo de fabricante son las siguientes:

#### **Características Técnicas**

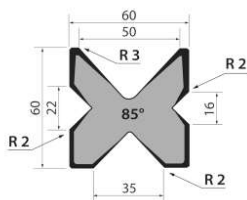
- Velocidad de trabajo del punzón: 8,3 mm/s.
- Velocidad de retroceso del punzón: 120 mm/s.
- Velocidad de bajada del punzón: 200 mm/s.
- Recorrido máximo del punzón: 200 mm.
- Longitud de plegado entre montantes: 1250 mm.
- Longitud de plegado total: 1500 mm.
- Recorrido tope trasero: 600 mm.
- Escote: 270 mm.
- Potencia de motor: 5,5 KW / 7,5 CV (HP).
- Tensión 3 fases: 230 / 400 V.
- Potencia hidráulica: 40 Tn.

*Ilustración 32: características técnicas y de envío del producto*



Como ya se ha mencionado para el proyecto se empleará una matriz cuadrada que consta de diferentes V así como de un punzón estándar. En el catalogo de este fabricante se pueden extraer las diferentes características de dichas herramientas, así como la tabla de tonelaje por metro, que será necesaria para el desarrollo del proyecto. Por ello a continuación se adjuntarán las imágenes de catálogo de todo lo descrito con anterioridad.

#### Matriz plegadora Promecam M.460.R

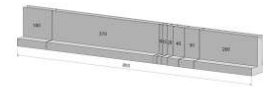


Los modelos de plegadoras Nargesa van equipadas con la matriz de serie M.460.R. Templada por inducción en las zonas de trabajo y rectificada.

**TIPO DE MATERIAL:** C45  
**RESISTENCIA MECÁNICA:** 560 - 710 N/mm<sup>2</sup>  
**DUREZA:** 54 - 60 HRC

**LONGITUD:**

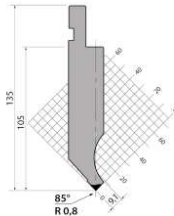
- 835 mm.
- 415 mm.
- 795 mm. Fraccionado: 100, 250, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 200 mm.
- 805 mm. Fraccionado: 100, 370, 10, 15, 20, 40, 50, 200 mm.



*Ilustración 33: Matriz estándar para la mayoría de procesos de plegado*

La matriz, con denominación *Promecam M.460.R* corresponde a una matriz estándar cuadrada que abarca la gran mayoría de procesos de plegado, ya que permite tener una gran flexibilidad al disponer de cuatro V distintas desde la de 16 hasta la de 50 y poder aguantar alrededor de un tonelaje máximo de 1000 T/m, aunque según el fabricante sea más, pero en la práctica la bancada de la máquina podría llegar a hundirse si se sobrepasa este valor.

#### Punzon plegadora Promecam PS.135.85.R08

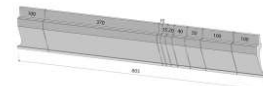


Los modelos de plegadoras Nargesa van equipadas con el punzón de serie PS.135.85.R08. Templado por inducción en las zonas de trabajo y rectificadas.

**TIPO DE MATERIAL:** C45  
**RESISTENCIA MECÁNICA:** 560 - 710 N/mm<sup>2</sup>  
**DUREZA:** 54 - 60 HRC

**LONGITUD:**

- 835 mm.
- 415 mm.
- 795 mm. Fraccionado: 100, 250, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 100, 100 mm.
- 805 mm. Fraccionado: 100, 370, 10, 15, 20, 40, 50, 100, 100 mm.




*Ilustración 34: Punzón estándar para la mayoría de procesos de plegado*

El punzón, con la denominación según el fabricante como *Promecam PS.135.85.R08* corresponde al denominado *Punzón 18* ya que es la denominación coloquial en el taller a pie de máquina, dicho punzón, como se puede apreciar en la imagen, dispone de un radio de 0.8, que al combinarse con la matriz estándar puede abarcar los diferentes radios tabulados en la tabla de plegado. Esto le permite tener una gran flexibilidad al plegador ya que, con la combinación de la matriz estándar y este punzón, si las piezas lo permiten, puede trabajar de forma eficiente y rápida.

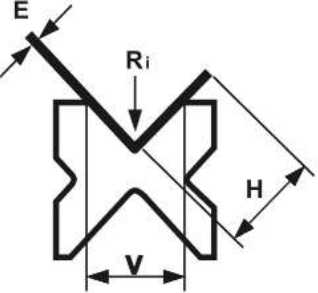
En lo que respecta al proyecto con las herramientas de las que disponemos y los datos del fabricante podemos concluir que para una pieza de espesor 3, con una matriz V16 y un punzón estándar, denominado coloquialmente Punzón 18, obtendremos un radio interior de 2.7 que más o menos corresponde a un radio de 3 y el tonelaje necesario para plegar la pieza con un Angulo de 90° será de 36T/m, que al medir nuestra pieza 50mm, esto supondrá un tonelaje mínimo de 1.8T. Cabe destacar que la mayoría de las plegadoras industriales emplean como mínimo 1T para cualquier proceso, en nuestro caso el tonelaje necesario ronda las 2 toneladas

y se ajustara con correctores de Angulo según el material, pero si fuese menor de 1T se tendría que emplear la unidad y se ajustaría con los correctores de la máquina para alcanzar los 90º, que se comprueban con una escuadra

		Ton/m																						
		E = mm 42 - 48 kg/mm <sup>2</sup>																						
V	H	Ri	0.5	0.8	1	1.2	1.5	1.8	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25				
4	2.6	0.7	4	10.5																				
6	3.9	0.9	2.5	6.5	10																			
8	5.2	1.5	2	5.5	8	11.5	18																	
10	6.5	1.7		4.1	6.5	9.5	14.5	21	26															
12	7.8	2			5.5	8	12	17.5	21.5	33.5														
16	10.4	2.7				6	9	13	16	25	36													
20	13	3.4					7.5	10.5	13	20	29	52												
26	18	4.2						8.5	10.5	16	23	41	64											
30	20	5								14	19	34	54	77										
35	23	6									17	30	46	66										
42	27	6.7										15	26	40	58	103								
45	29	7.5											23	36	52	91								
50	32	8.5												21	32	46	82	128						
60	39	10													27	39	69	107						
70	45	11.7														33	59	92	132					
80	52	13.5															29	52	80	116	180			
90	58	15																46	71	103	160			
100	65	17																	41	64	93	144	256	
110	71	18.5																		59	84	131	233	
120	78	20																		54	77	120	213	
140	91	24																			66	103	183	
170	110	29																			55	85	151	
200	130	35																				72	128	200



www.nargesa.com



PRADA NARGESA S.L. • SPAIN • Tel. +0034 972568085 • nargesa@nargesa.com

PRADA NARGESA, S.L. - Ctra. De Garrigàs a Sant Miquel s/n - 17476 Palau de Santa Eulàlia (Girona) ESPAÑA - Tel. 0034 972 568 085 - nargesa@nargesa.com - www.nargesa.com

Ilustración 35: Extracto de la tabla de plegado del fabricante que se empleara en el proyecto.

#### *A3.4 Consideraciones del proceso real y normativa*

Como ultimas consideraciones del proceso real destacar que las máquinas de plegado son maquinas CNC de y por tanto hay que ajustar los topes para el proceso de plegado, esto por lo general es automático y el simulador de la propia maquina lo hace automáticamente, aun así, es necesario conocer la deducción del plegado para el correcto posicionamiento de dichos topes, esto es algo que se indica en los planos cuando se le facilitan al operario para la comprensión y correcto plegado de las piezas. Dichas tablas se pueden encontrar en internet o las puede facilitar algún fabricante y se suelen corregir conforme se van realizando piezas en el taller.

Por otro lado, la normativa para el plegado de chapas depende del tipo de chapa, del proceso de plegado y del resultado final deseado.

En el caso de chapas de acero inoxidable, se debe seguir:

- Norma *UNE-EN ISO 9001/2015: Sistemas de gestión de la calidad, Requisitos*; que establece los requisitos para un sistema de gestión de la calidad.

Esta norma abarca los procesos de fabricación, el control de calidad, la inspección y los ensayos de los productos de acero inoxidable.

Además, de cara a las medidas lineales de nuestro soporte tendremos en cuenta:

- Norma *UNE-EN 22768-1/1994: tolerancias para cotas dimensionales lineales y angulares sin indicación individual de tolerancia.*

Por otra parte, para el plegado de chapas de acero al carbono, se deberá cumplir:

- Norma *UNE-EN 1090-1:2011+A1/2012: Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 1: Requisitos para la evaluación de la conformidad de los componentes estructurales;*

Esta norma establece los requisitos para el diseño, la fabricación y la verificación de estructuras de acero al carbono.

Por último, para el plegado de chapas de aluminio se deberá seguir:

- Norma *UNE-EN 485-2/2017: Aluminio y aleaciones de aluminio. Chapas, bandas y planchas. Parte 2: Características mecánicas;*

Esta norma establece los requisitos para el diseño, la fabricación y el ensayo de materiales y productos de aluminio.

Las normas descritas son algunas de las que se deben tener en cuenta a la hora de realizar un proceso de plegado, claro está siempre se deben tomar las medidas de seguridad necesarias y utilizar los equipos de protección personal adecuado (EPP).

## **A4 SOLDADURA**

### **A4.1 Introducción**

En este apartado se procederá a describir y detallar el proceso de soldadura industrial, describiendo brevemente los diferentes tipos de soldadura empleados, así como sus principales características. Además, como ya se ha detallado en el alcance del proyecto este proceso se llevará a cabo en una subcontrata a la empresa SUMERKAD S.L., por ello será necesario detallar los diferentes controles de calidad y verificación de la soldadura que se realizan en la industria para asegurar que el acabado del proceso de soldadura es correcto y no plantea fallos. Por último, se dará unas pequeñas notaciones de las diferentes normativas que se deben tener en cuenta para estos procesos.



*Ilustración 36: proceso de soldadura en un taller industrial*

### **A4.2 Tipos de soldadura industria y sus características**

La soldadura industrial es el proceso que se utiliza para unir dos o más piezas de metal mediante el calor y la presión, con el objetivo de fabricar o reparar piezas de alta calidad y precisión en el mundo industrial. Existen diferentes tipos de soldadura industrial, cada uno de ellos con sus propias características y aplicaciones en la industria. Algunos de los tipos más comunes de soldadura industrial son:

- **Soldadura por arco:** se utiliza un arco eléctrico entre el electrodo y la pieza a soldar para producir el calor necesario para fundir los materiales. Es uno de los tipos de soldadura más comunes y versátiles, y se utiliza en una gran variedad de aplicaciones industriales, como la fabricación de estructuras metálicas y la reparación de piezas dañadas.
- **Soldadura por resistencia:** se utiliza una corriente eléctrica de alta intensidad para producir el calor necesario para fundir los materiales. Se utiliza principalmente en la fabricación de piezas pequeñas y en la soldadura de materiales delgados.
- **Soldadura TIG:** se utiliza un electrodo de tungsteno y un gas inerte para producir el calor necesario para fundir los materiales. Se utiliza en la soldadura de piezas de alta calidad y precisión, como en la fabricación de piezas para la industria aeroespacial.
- **Soldadura MIG:** se utiliza un electrodo consumible y un gas protector para producir el calor necesario para la soldadura. Es uno de los tipos de soldadura más comunes y versátiles, y se utiliza en una gran variedad de aplicaciones industriales, desde la fabricación de estructuras metálicas hasta la reparación de piezas dañadas.
- **Soldadura por fusión:** se realiza mediante la fusión de los materiales a soldar con una fuente de calor externa, como una llama de gas o una antorcha. Se utiliza en la soldadura

de piezas grandes y de alta calidad, y se puede aplicar a una gran variedad de materiales, incluyendo hierro, acero y aleaciones de aluminio.

- Soldadura por láser: Esta soldadura se realiza mediante el uso de un láser para generar calor. Esta técnica es adecuada para la unión de materiales como el acero, el aluminio y el cobre.

Los procesos de soldadura presentan buenas propiedades mecánicas, de resistencia a la temperatura y los diferentes agentes corrosivos. Por ello la soldadura industrial es un proceso esencial en la fabricación y reparación de piezas de metal en el mundo industrial. Los diferentes tipos de soldadura se utilizan en función de las necesidades y características de cada aplicación.

Para este proyecto se empleará la soldadura TIG (Tungsten Inert Gas) ya que es la más recomendable para el acero 304L, ya que se producen soldaduras más eficientes en acero inoxidable con una apariencia limpia y una unión fuerte.

#### *A4.3 Controles de calidad para los procesos de soldadura industriales*

Los controles de calidad en los procesos de soldadura industrial son una parte importante del proceso de fabricación para garantizar que la soldadura cumpla con los requisitos de calidad y seguridad. Algunos de los controles de calidad comunes en los procesos de soldadura incluyen:

- Inspecciones visuales: una inspección visual es un examen visual de la soldadura para detectar defectos o fallas.
- Pruebas de ensayo no destructivo (END): las pruebas END son pruebas que se realizan sin dañar el material soldado y pueden incluir pruebas como radiografía, ultrasonido y penetración magnética.
- Pruebas de ensayo destructivo (EDT): las pruebas EDT son pruebas que implican dañar el material soldado para examinar su calidad. Algunas pruebas EDT comunes incluyen pruebas de tracción, flexión y dureza.
- Certificaciones: las soldaduras pueden ser certificadas por organizaciones de certificación de soldadura, como la American Welding Society (AWS), para garantizar que cumplan con los estándares de calidad y seguridad apropiados.



*Ilustración 37: ejemplo de algunos ensayos de control de la soldadura*

#### **A4.3.1 Pruebas de ensayo no destructivo**

Las pruebas de ensayo no destructivo (END) son pruebas que se realizan sin dañar el material soldado y se utilizan para detectar defectos o fallas en la soldadura. Algunas de las pruebas END comunes en los procesos de soldadura industrial incluyen:

- *Líquidos penetrantes*: se aplican a la superficie del material soldado y se dejan penetrar en cualquier defecto, como grietas o porosidad. Luego se aplica un revelador, que se adhiere a cualquier líquido penetrante que haya quedado atrapado en un defecto, lo que permite a los operadores detectar su presencia.
- *Radiografía*: la radiografía utiliza rayos X o rayos gamma para producir imágenes detalladas de la soldadura. Estas imágenes se pueden examinar para detectar defectos internos, como porosidad o inclusiones de aire.
- *Ultrasonido*: el ultrasonido utiliza ondas sonoras de alta frecuencia para detectar defectos en la soldadura. El sonido se envía a través del material soldado y se refleja en cualquier defecto, lo que permite a los operadores detectar su presencia.
- *Penetración magnética*: la penetración magnética utiliza un campo magnético para detectar defectos en la soldadura. El material soldado se somete a un fuerte campo magnético, y los defectos se detectan mediante la interrupción del flujo del campo magnético.

Este tipo de ensayo son los más sencillos de realizar y los más utilizados en los procesos más generales de soldadura que se realizan en la industria.

#### **A4.3.2 Pruebas de ensayo destructivo**

Las pruebas de ensayo destructivo (EDT) son pruebas que implican dañar el material soldado para examinar su calidad. Algunas pruebas EDT comunes en los procesos de soldadura industrial incluyen:

- *Pruebas de tracción*: las pruebas de tracción implican someter el material soldado a una fuerza de tracción para medir su resistencia a la rotura.
- *Pruebas de flexión*: las pruebas de flexión implican someter el material soldado a una carga de flexión para medir su resistencia a la deformación.
- *Pruebas de dureza*: las pruebas de dureza implican medir la dureza del material soldado utilizando una herramienta de medición de dureza, como una sonda de Rockwell o una sonda de Vickers.
- *Prueba de corrosión*: Esta prueba se lleva a cabo para evaluar la resistencia a la corrosión de la soldadura. Se utiliza una solución salina para determinar la resistencia a la corrosión.

Este tipo de ensayos tiene un enfoque más teórico y son comunes en certificaciones o en pruebas de verificación de diseños de piezas o producto, ya que es imposible realizarlas todas en cada una de las piezas.

#### **A4.3.3 Certificaciones**

Las soldaduras pueden ser certificadas por organizaciones de certificación de soldadura, como la American Welding Society (AWS), para garantizar que cumplan con los estándares de calidad y seguridad apropiados. Las certificaciones de soldadura generalmente se basan en una combinación de pruebas de habilidad y conocimientos teóricos, y pueden variar según el tipo de soldadura y el material que se esté utilizando.

Para obtener una certificación de soldadura, un soldador debe completar un programa de capacitación y demostrar su habilidad en la soldadura de acuerdo con los estándares de la organización de certificación. Una vez que un soldador ha obtenido una certificación, debe seguir cumpliendo con ciertos requisitos, como la participación en programas de capacitación continuada, para mantener su certificación.

#### **A4.4 Normativa en los procesos industriales de soldadura**

Las normas UNE y ISO aplicadas a los procesos de soldadura industrial son fundamentales para garantizar la calidad de los productos soldados. Estas normas establecen los requisitos de seguridad, calidad y procedimientos para los procesos de soldadura.

Las normas UNE y ISO más comunes para la soldadura industrial son:

- *UNE-EN ISO 9606-1: Cualificación de soldadores. Soldeo por fusión. Parte 1: Aceros. (ISO 9606-1/2012 incluido Cor 1/2012 y Cor 2/2013);* esta norma especifica los requisitos para la calificación de los soldadores y los procedimientos de soldadura para la unión de materiales metálicos.
- *UNE-EN ISO 15614-1: Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo. Parte 1: Soldeo por arco y con gas de aceros y soldeo por arco de níquel y sus aleaciones. (ISO 15614-1:2017, Versión corregida 2017-10-01;* en esta norma se especifica los requisitos para la calificación de los procedimientos de soldadura y los requisitos para la preparación de los materiales de soldadura.
- *UNE-EN ISO 14732: Personal de soldeo. Ensayos de cualificación de operadores de soldeo y ajustadores de soldeo para el soldeo automático y mecanizado de materiales metálicos. (ISO 14732/2013);* define los requisitos para la calificación de los soldadores y los procedimientos de soldadura para la unión de materiales metálicos.

Además de estas normas, existen otras normas específicas para los diferentes procesos de soldadura, como la soldadura por arco, soldadura por resistencia, soldadura por fricción, soldadura por láser, etc. Estas normas específicas establecen los requisitos para los procedimientos de soldadura, los materiales de soldadura, la calificación de los soldadores, la inspección de los productos soldados, etc.

- *AWS D1.1: Código de soldadura estructural – Acero;* establece un estándar de la American Welding Society (AWS) que se utiliza en soldadura de estructuras de acero en Estados Unidos y Canadá.
- *UNE-EN 287-1/2011: cualificación de soldadores. Soldeo por fusión. Parte 1: Aceros;* se trata de un estándar europeo que se utiliza en soldadura de aceros en Europa.

Es importante señalar que estas normativas no son exclusivas y que puede haber otras normativas y estándares aplicables en su lugar.

#### 1.4 ESTUDIO Y DESARROLLO DE LA PIEZA

En primer lugar, se procederá al estudio de la pieza para determinar los procesos a los que se va a someter la misma, en este caso, como ya se ha mencionado con anterioridad, se procederá al plegado y soldadura para la obtención de la pieza final. En este caso la parte central de la pieza donde se encuentran los agujeros se someterá al proceso de plegado, mientras que los nervios se soldaran posteriormente a la pieza. Otra variante habría sido proceder al plegado de la pieza donde los nervios estuviesen integrados en la pieza y realizar un único cordón de soldadura por nervio, pero este proceso es más costoso de cara al operario ya que requiere más fases de plegado y al tener que hacer el proceso de soldadura igual es más eficiente que los nervios estén separados de la pieza central para la producción y que los nervios se suelden posteriormente tras ser plegada la pieza central con un único plegado.

Una vez está claro las pautas del proceso se podrá elegir las herramientas que marcaran el desarrollo de la pieza. En este caso, como ya se ha mencionado se procederá al uso de un punzón estándar o Punzón 18, que es la denominación interna de la empresa, para la realización del plegado. En cuanto a la matriz, lo normal es utilizar un factor de seguridad de 8 veces el espesor, de este modo la matriz resultante sería la V de 22mm, pero la pieza presenta orificios cerca de la zona de plegado y estos se pueden ver afectados al plegarse la pieza y verse deformados, en ese caso hay dos posibles soluciones, la primera es el taladrado post plegado, tarea que puede ser costosa y poco precisa dependiendo de la pieza, sobre todo si se hace a mano; o reducir la matriz de plegado, esto es peligroso ya que se requerirá más fuerza para el plegado de la pieza, pudiendo provocar zonas sensibles a roturas en el plegado, para ello se consulta al cliente el cambio de radio, así como se ajusta el desarrollo de la pieza para que cumpla las tolerancias. De esta forma, teniendo todos los factores claros, obtenemos que la matriz que emplearemos será la V de 16mm y el radio del pliegue será de 2 - 2.5 mm, dependiendo de las características de la máquina. Con estos datos el desarrollo de nuestra pieza queda en 99,50mm de largo, con un factor de plegado de  $K=0.5$ , en cuanto a este factor cada empresa tiene tabulado el suyo en función de las máquinas de las que se disponga, en este caso al ser un trabajo de carácter académico se utilizara el estándar que no proporciona SolidWorks, pero hay que destacar que en un caso real ese factor se debería ajustar al utilizado normalmente en la empresa.

#### 1.5 PROGRAMACIÓN Y CORTE DE LA PIEZA

Una vez se ha establecido el desarrollo de la pieza podemos proceder al mecanizado de la pieza y anidado por medio de Lantek Expert. Como ya se ha mencionado con anterioridad, al ser un trabajo académico y no disponer de estas herramientas esta parte se describirá de forma superficial y en el apartado de planos solo se presentará el desarrollo de la pieza, así como un posible anidado acorde a las dimensiones de la chapa.

Cabe destacar que los desarrollos de las piezas se importarán al programa en formato DXF o DWG, de modo que no se tendrán que dibujar en este, aunque en algunos casos sí que se hace directamente en el programa si la pieza es sencilla.



### **1.5.1 MECANIZADO DE LAS PIEZAS**

En primer lugar, se procederá a describir el mecanizado de los nervios, ya que es solo un contorno, ya que la pieza es sencilla. Hay que destacar que, debido al tamaño de la pieza, se le mecanizará unos amarres, es decir, para que se entienda de forma sencilla corresponde a un pico, que se retirara posteriormente, para que la pieza quede, como su nombre indica, amarrada a la chapa y no se caiga entre las lammas de la máquina, que en general tienen un espaciado de unos 40 – 50 mm dependiendo de la máquina. Cabe destacar que el amarre se posicionará en la esquina que consta de un chaflan, ya que al ser este relleno con el cordón de soldadura da igual si presenta alguna imperfección al ser retirado el amarre.

En cuanto a la pieza del soporte, a ser más grande que los nervios bastara con un ataque, que es una zona posicionada cerca del contorno a cortar pero lo suficientemente alejada para que el láser al iniciar el corte se pueda ajustar correctamente. En cuanto a los agujeros que presenta la pieza hay diferentes enfoques debido al tamaño de los mismos, para los agujeros de diámetro 4mm bastara con un ataque, pero para el de 22mm es preferible amarre para que no se levante y mueva la pieza sin querer, y en cuanto al agujero de radio 2mm y longitud 30mm se podría proceder con un ataque, aunque depende mucho de la experiencia y es conveniente preguntar a un operario ya que puede afectar al cabezal de la máquina.

Por último, en cuanto al mecanizado de las piezas cabe destacar una regla sencilla a la hora de hacer el corte y es que se procede de menor a mayor, es decir, en el caso del soporte se mecanizará de tal forma que la máquina, cuando proceda a realzar esa pieza, corte primero los agujeros de menor diámetro y después los de mayor diámetro o longitud, dejando para el final el contorno de la pieza.

### **1.5.2 ANIDADO DE LAS PIEZAS**

Una vez realizado el mecanizado individual de cada pieza se procederá a realizar el anidado, que no es otra cosa que el posicionamiento de la orden de fabricación, es decir, el número de piezas que requiera el cliente. Una vez posicionadas correctamente las piezas se irán marcando para su mecanizado, cabe destacar un detalle que no se ha reflejado en los planos y es que se suelen colocar varias piezas de muestra, que están tabuladas para cada material y espesor. Estas piezas de muestra se colocan, en general al final del anidado, pero son lo primero en mecanizarse ya que sirven para ajustar la potencia del láser y comprobar el estado de la lente y las diferentes tecnologías. Una vez se han seleccionado estas piezas se continúa siguiendo la regla ya mencionada en los mecanizados individuales, de menor tamaño a mayor de las piezas.

Una vez realizado el anidado en Lantek Expert hay que destacar un par de factores de cara al corte real de la pieza. El programa permite trabajar con varias tecnologías, las cuales se indican con diferentes colores en función del material y espesor de cara a la programación del CNC de la máquina. En este caso estamos trabajando con acero, de modo que la tecnología de corte que se empleara Nitrógeno para cortar la chapa, es relevante este tipo de factores, ya que si se programa mal o no se ajusta correctamente es posible que el corte de la pieza salga mal o se produzcan defectos en la máquina, por ello es importante facilitar toda la documentación al operario. Por ello en el plano del anidado no solo debe estar el posicionamiento de las piezas, si no que el número del programa, el material de la chapa y el material de la orden de fabricación. Estos factores se deben resaltar para poder llevar un correcto control del corte de la chapa. Cabe destacar que Lantek Experte, cuando se termina de programas y se imprimen los llamados “*nestings*”, que no son otra cosa que los planos del programa CNC con toda la información mencionada con anterioridad.

## 1.6 PLEGADO DE LA PIEZA

Una vez las piezas están plegadas se someterán al proceso de plegado. De cara al estudio de la pieza una herramienta muy útil en el programa o aplicación de DELEM profile-T, ya que permite simular el proceso de plegado a partir de la forma de un perfil, así como el cálculo del tonelaje necesario en función del espesor y la longitud total de la pieza.

Esta aplicación es la misma que tienen las prensas que emplean los operarios del taller de modo que la realización del ajuste de la maquina es parcialmente automático. Por ello el único factor que se tiene en cuenta es si el desarrollo está bien planteado. Para ello se puede utilizar la siguiente expresión:

$$DP = \frac{\sum Li - L_0}{e/2}$$

Donde DP corresponde a la deducción de plegado, Li es el sumatorio de las diferentes longitudes del perfil de la pieza, L<sub>0</sub> corresponde al desarrollo de la pieza, y e al espesor de la pieza. Si la deducción de plegado es la tabulada para el espesor de la chapa y la matriz correspondiente, el operario procederá al plegado de la pieza, cabe destacar que la deducción de plegado se indica en los planos, ya sea en el cajetín o directamente en el plano a mano. Una vez se compruebe la deducción de plegado el operario podrá posicionar los topes de la máquina de forma que a la longitud se le deduzca el valor obtenido para que la pieza tenga las dimensiones requeridas por el cliente.

De cara a nuestra pieza y haciendo los cálculos pertinentes obtenemos que la deducción de plegado por pliegue es de unos 0.75 - 0.8mm, dato que se corresponde con las tablas tabuladas. Así mismo valiéndonos de dichas tablas obtenemos que la fuerza necesaria para realizar el pliegue de una longitud de 50 mm con una chapa de espesor 3 mm y un V de 16 es de unos 330 - 350 KN/mm<sup>2</sup>, lo que corresponderá más o menos a una 33- 35 T por sección. Estos datos se especifican mejor en el ANEXO III, donde se dan las diferentes características de las herramientas y la máquina de plegado utilizada.

Como ya se ha mencionado la aplicación de DELEM profile-T automatiza todo el proceso de ajuste de la máquina, pero es función del operario ajustar los topes correctamente, así como el corrector de Angulo de plegado, que no es otro que el ajuste del tonelaje de la máquina. Por último, destacaremos que las tolerancias en el plegado de la pieza se verán marcado acorde a la norma ISO 2768 -mk, que marca las tolerancias y cotas lineales, en este caso tendremos una tolerancia de ±0.3, ya que se considera una tolerancia media dada la naturaleza de nuestro proyecto.

## 1.7 SOLDADURA DE LA PIEZA

Una vez plegado el soporte es hora de proceder a la soldadura de los nervios a mismo. Este proceso se realizará por medio de un subcontrata a la empresa SUMERKAD S.L., por ello lo único que se controlara del proceso es que se realicen los correctos controles de calidad no destructivos, si como facilitaremos varias piezas ya soldadas y que hayan pasado el proceso de control de calidad para que el cliente las verifique, de ser necesario. En este caso concreto al tratarse de un soporte, es improbable que el cliente quiera hacer comprobaciones previas, aun así, es algo que el departamento de ventas debe concretar con el cliente.

El proceso de soldadura, aunque se entra en más detalle en el apartado de soldadura de los antecedentes, será por medio de TIG ya que con el Acero inoxidable 304L facilita una soldadura limpia y resistente, que es una de las exigencias del cliente, ya que estas piezas pueden someterse a procesos de imprimación posteriores a la soldadura.

Como ya se ha mencionado se someterán las piezas a un control de calidad por medio de métodos no destructivos tales como la inspección visual, líquidos penetrantes y penetración magnética, aunque este último puede ser difícil dada la naturaleza de la pieza.

### 1.8 PREPARACIÓN PARA EL TRANSPORTE Y ENTREGA

Una vez la pieza esta soldada se procederá al embalaje de la misma, este proceso es más administrativo que los anteriores ya que el pedido de las piezas debe estar bien empaquetado para evitar la pérdida del producto, así como señalizada la cantidad. Para ello emplearemos unas cajas de cartón bien precintadas, etiquetas y documentación del albarán.



*Ilustración 38: imagen ilustrativa del método de embalaje al cliente*

Por último, se transportará al cliente por medio de uno de los transportes de la empresa, el que tendrá una ruta adecuada para reducir el consumo de combustible, y se firmará la pertinente documentación de la entrega cuando se le entregue al cliente.

## 2. PLANOS

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

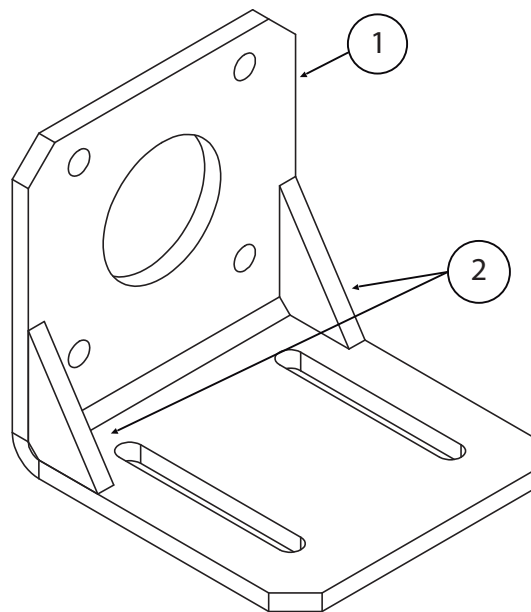
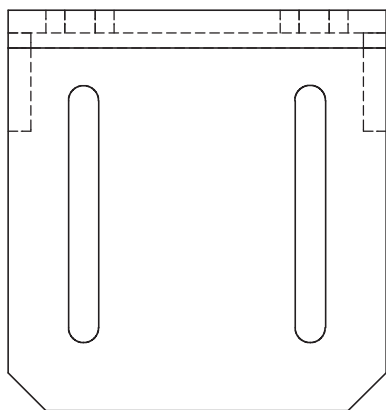
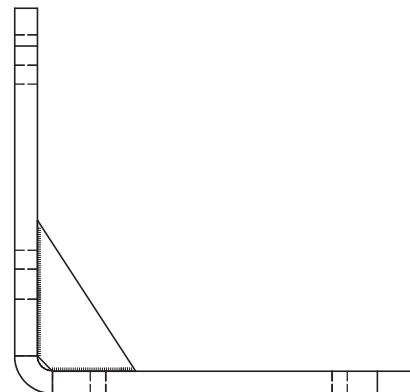
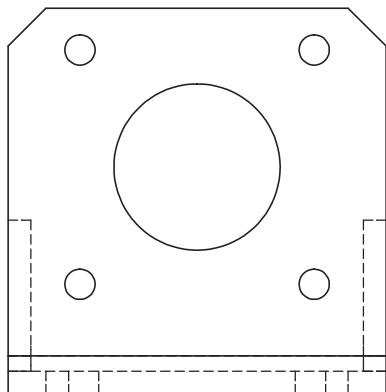
C

B

B

A

A



1. Soporte (1)

Consultar plano nº: 2

2. Nervio (2)

Consultar plano nº: 4

PROCESO DE FABRICACION DE UN SOPORTE DE ACERO MEDIANTE TÉCNICAS DE PLEGADO Y CORTE LÁSER

2.1 Plano de conjunto

Nº: 1

LM Laser S.A.

25/11/2022

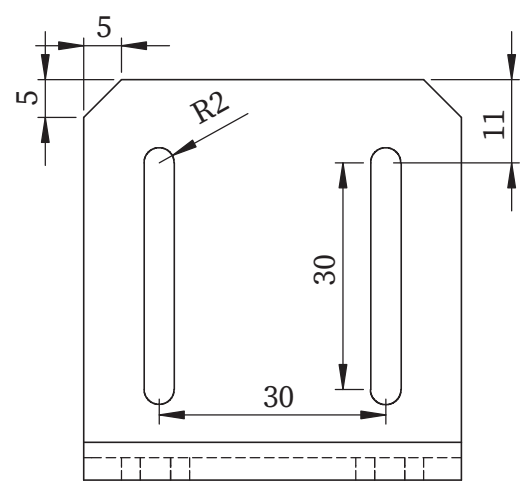
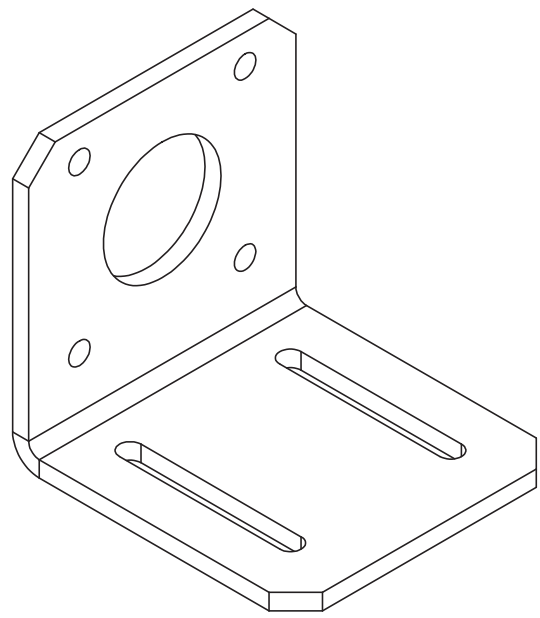
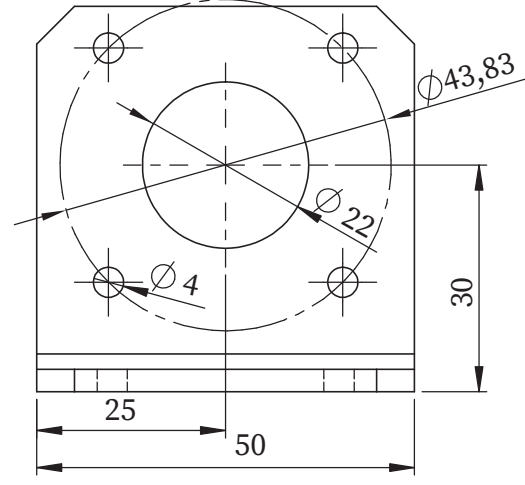
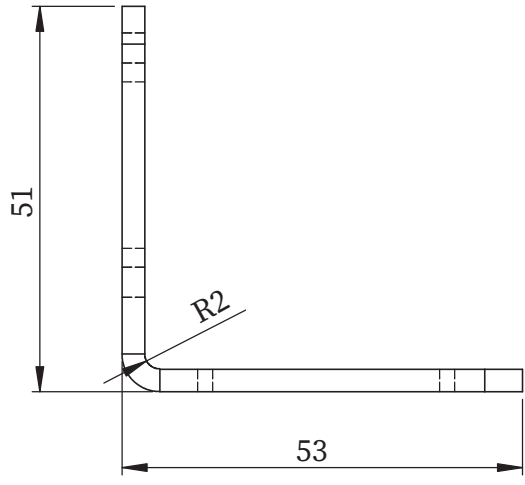
1:1

4

3

2

1



\*Nota: Todas las tolerancias geometrica y dimensionales no acotadas se tomaran los valores de tolerancia segun la norma ISO 2768 - mk

PROCESO DE FABRICACION DE UN SOPORTE DE ACERO MEDIANTE TÉCNICAS DE PLEGADO Y CORTE LÁSER

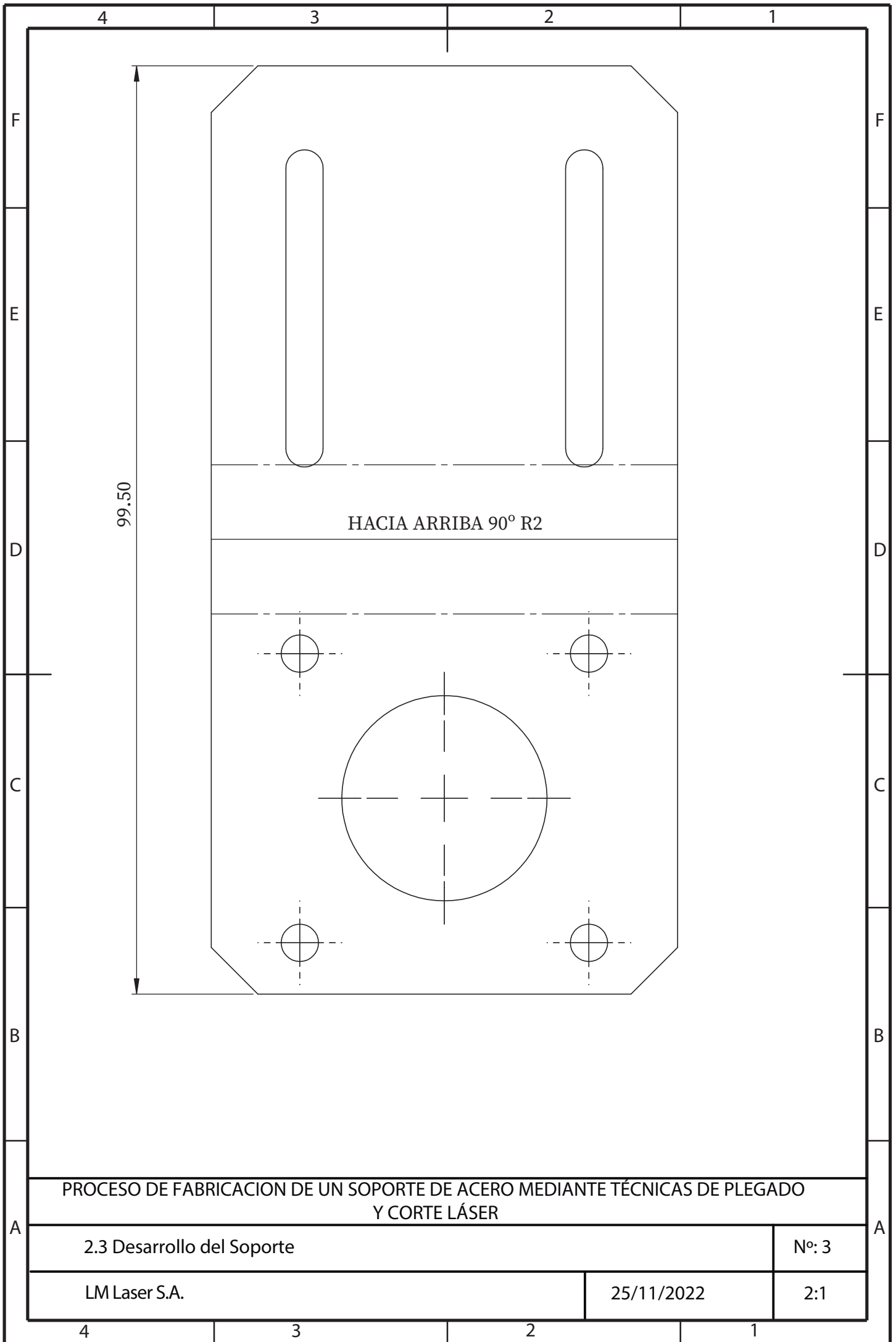
2.2 Soporte

Nº: 2

LM Laser S.A.

25/11/2022

1:1



PROCESO DE FABRICACION DE UN SOPORTE DE ACERO MEDIANTE TÉCNICAS DE PLEGADO Y CORTE LÁSER

2.3 Desarrollo del Soporte

Nº: 3

LM Laser S.A.

25/11/2022

2:1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

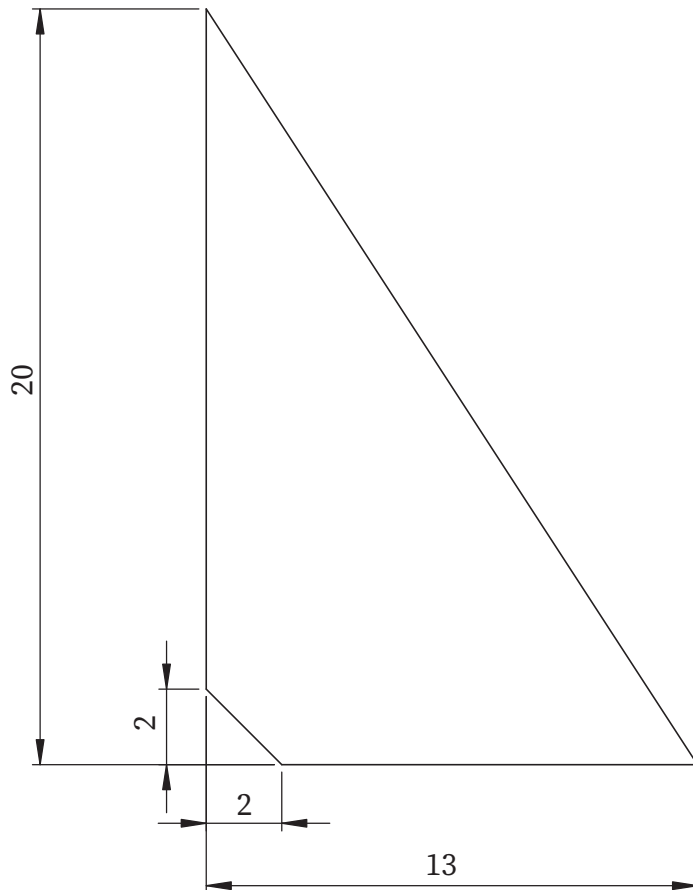
C

B

B

A

A



PROCESO DE FABRICACION DE UN SOPORTE DE ACERO MEDIANTE TÉCNICAS DE PLEGADO Y CORTE LÁSER

2.4 Nervio

Nº: 4

LM Laser S.A.

25/11/2022

5:1

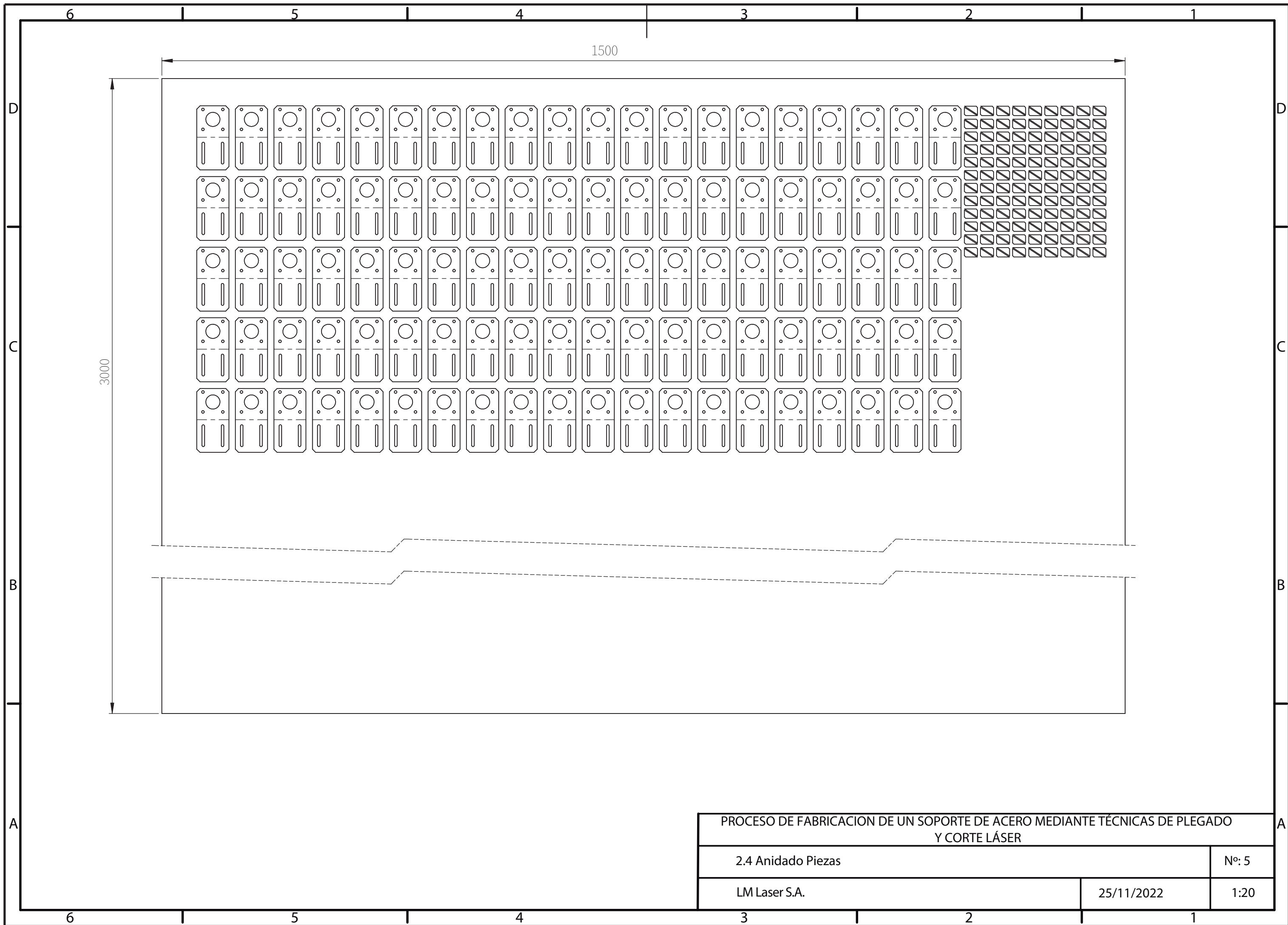
4

3

2

1





### 3. PLIEGO DE CONDICIONES

### 3.1. OBJETIVO Y ALCANCE

El presente proyecto tiene como objetivo la elaboración de un soporte del sector de la metalurgia que se le ha encargado a la empresa LM Laser S.A. de parte del cliente Stydler. Para ello se pondrán en práctica los conocimientos adquiridos sobre planificación de procesos industriales adquiridos en el Grado de ingeniería Mecánica.

En el presente bloque se procederá a establecer las especificaciones técnicas, de control y de ejecución, de modo que el proyecto se pueda llevar a cabo. De modo que se resaltarán el formato del producto, el material y las tecnologías con las que se llevara a cabo. Así mismo como las condiciones de trabajo para las mismas.

Cabe resaltar, una vez más, que este proyecto es de carácter académico y basado en la experiencia del alumno en una empresa real, por ello se presentarán metodologías de trabajo pertinentes al puesto de trabajo del alumno, así como algunas limitaciones técnicas por no poder disponer de las herramientas y condiciones de dicho puesto de trabajo.

### 3.2. CONDICIONES Y NORMAS DE CARÁCTER GENERAL

Para el presente producto, como es un soporte del sector de la metalurgia, no existe una legislación directa, pero si se puede tener en cuenta ciertas leyes de ámbito general para el proceso de fabricación, tales como:

- REAL DECRETO 1801/2003: *sobre seguridad general de los productos que trasponen la Directiva 2001/95.*
- REAL DECRETO 1468/1988: *que aprueba el Reglamento de etiquetado, presentación y publicidad de los productos industriales destinados a su venta directa a los consumidores y usuarios.*

Además, se tendrá en cuenta de cara al control de calidad en el proceso de plegado unas tolerancias normativas medias, ya que el cliente no las especifica en el plano, especificadas en cualquiera de las siguientes normas, ya que son equivalentes:

- NORMA UNE-EN 22768-1/1994: *Tolerancias generales. Parte 1: tolerancias para cotas dimensionales lineales y angulares sin indicación individual de tolerancia.*
- NORMA ISO 2768-1/1989: *General tolerances. Part 1: Tolerances for linear and angular dimensions without individual tolerance indications.*

Otros aspectos importantes a considerar son las normativas pertinentes a cada proceso productivo, tanto el proceso de plegado, como el de corte láser. Por ellos se considerará las siguientes normas de seguridad y de ejecución que se deben tener en cuenta en cada taller o planta que emplee estos procesos con la maquinaria pertinente:

- NORMA UNE-EN 60825-1/1996: *Seguridad de los productos láser. Parte 1: Clasificación de los equipos y requisitos.*
- NORMA UNE-EN 60825-1 A2/2002. NTP 654: *Láseres, nueva clasificación del riesgo.*
- NORMA UNE-EN ISO 9001/2015: *Sistemas de gestión de la calidad, Requisitos.*
- NORMA UNE-EN 1090-1/2011 + A1/2012: *Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 1: Requisitos para la evaluación de la conformidad de los componentes estructurales.*

- NORMA UNE-EN 485-2/2017: *Aluminio y aleaciones de aluminio. Chapas, bandas y planchas. Parte 2: Características mecánicas*

En cuanto a los procesos de soldadura, aun que sea una subcontrata se deberá tener en cuenta unos estándares de calidad y una normativa en el proceso que se debe cumplir, por ello algunas de las normas que se deberán considerar en el proceso de soldadura son:

- NORMA UNE-EN ISO 9606-1: *Cualificación de soldadores. Soldeo por fusión. Parte 1: Aceros.*
- NORMA UNE-EN ISO 15614-1: *Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo. Parte 1: Soldeo por arco y con gas de aceros y soldeo por arco de níquel y sus aleaciones.*
- NORMA UNE-EN ISO 1473: *Personal de soldeo. Ensayos de cualificación de operadores de soldeo y ajustadores de soldeo para el soldeo automático y mecanizado de materiales metálicos.*

Esta normativa estará presente a lo largo del desarrollo del proyecto, se deberá establecer un control de los diferentes responsables al cargo para su adecuado cumplimiento con el fin de establecer una correcta y adecuada ejecución del proyecto descrito. Además, se deberán cumplir las siguientes normativas con el fin de asegurar un entorno de trabajo adecuado y seguro para los trabajadores:

- REAL DECRETO 1495/1986: *Reglamento de Seguridad en las Máquinas.*
- REAL DECRETO 486/1997: *disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.*
- REAL DECRETO 39/1997: *Reglamento de los Servicios de Prevención.*

Por otro lado, las normativas de carácter medioambiental que se debe cumplir en cualquier instalación que se dedique a los procesos ya mencionados serian:

- REAL DECRETO LEGISLATIVO 1/2016: *texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación.*
- LEY 21/2013: *evaluación ambiental.*

Toda esta es la normativa general que se deberá tener en cuenta durante la ejecución de este proyecto, siempre que sea posible en su mayor medida.

### 3.3. CONDICIONES ESPECÍFICAS DE CARÁCTER TÉCNICO

En este apartado se procederá a definir las diferentes características de los materiales utilizados, así como de los procesos industriales. Por ello se tendrán en cuenta los aspectos técnicos referidos a cada parte del proceso, de modo que se describa de forma sintetizada todas las características de cada parte constituyente del proyecto que se está llevando a cabo.

#### 3.3.1. SUMINISTRO DE MATERIAL Y CARACTERÍSTICAS

En este apartado se darán las especificaciones del material que se va a emplear para la fabricación del soporte para este proyecto. Por ello en las siguientes tablas se muestra algunas de las características del acero inoxidable 304L

Elemento	Tipo 316	Tipo 316L
Carbón	0.08 máx.	0.030 má.
Manganeso	2.00 máx.	2.00 máx.
Azufre	0.030 má.	0.030 má.
Fósforo	0.045 máx.	0.045 máx.
Silicio	0.75 máx.	0.75 máx.
Cromo	16.0 a 18.0	16.0 a 18.0
Níquel	10.00 a 14.00	10.00 a 14.00
Molibdeno	2.00 a 3.00	2.00 a 3.00
Nitrógeno	0.10 máx.	0.10 máx.

Ilustración 39: Tabla de composición química para los aceros 316

Tipo AISI			304 / 304 L	316 / 316 L	310
Densidad		(Kg/dm <sup>3</sup> )	7,9	7,95	7,9
Módulo de elasticidad		(N/mm <sup>2</sup> )	193.000	193.000	200.000
Calor específico a 20°C		(J/Kg°K)	500	500	500
Conductividad térmica	(W/m °K)	A 100°C	16	16	12,5
		A 500°C	21	21	17,5
		0 / 100°C	17,30	16,02	15,20
		0 / 300°C	17,80	16,20	16,60
Coeficiente medio de expansión térmica	(x 10-6/°C)	0 / 500°C	18,40	17,46	17,60
		0 / 700°C	18,80	18,54	18,50
		Intervalo de fusión	(°C)	1398-1454	1371-1398

Ilustración 40: Tabla de propiedades mecánicas de los aceros inoxidables

Como se puede observar por las tablas aportadas por los diferentes proveedores se muestran las principales características de los dos tipos de aceros inoxidable más utilizados en los procesos de corte laser, plegado y soldadura. Donde el acero inoxidable 316/316L se emplea en elementos de alta fidelidad, como este proyecto no reúne esas condiciones se emplea el acero inoxidable 304L ya que es más barato y reúne las condiciones necesarias para una correcta ejecución del pedido.

Por último, aunque ya se destacó en el apartado anterior el cliente al proveer de una unidad de chapa cuyas dimensiones son de 3000x1500 mm deberá asegurarse de que este correctamente certificada y que cumpla las condiciones mecánicas de dicho material, que se corresponden con un módulo de elasticidad de 193 GPa, y un coeficiente de Poisson de 0.3. El cumplimiento de estas condiciones es vital ya que aseguran la el correcto desarrollo del proceso productivo por medio de las siguientes tecnologías.

### **3.3.2. FABRICACIÓN Y MONTAJE**

#### **3.3.2.1 Oficina técnica**

Una vez se han establecido las propiedades y características del material que constituye el medio de ejecución del proyecto se procederá a describir los procesos de fabricación, así como las características facultativas de los mismo para un correcto desarrollo del soporte con el fin de cumplir las características técnicas del proyecto.

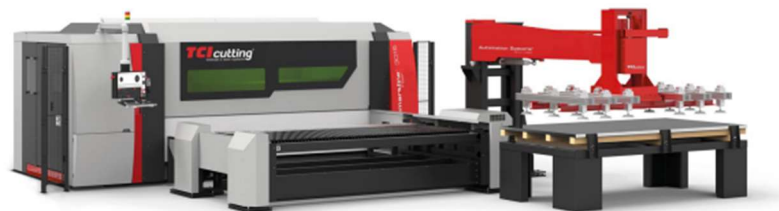
En primer lugar, se procederá al estudio de la pieza de modo que se puedan concluir todos los procesos, maquinas y herramientas a emplear durante la ejecución del proyecto. Por ello tras el estudio del soporte se llega a la conclusión de que para el proceso se emplear los procesos de corte laser, plegado y soldadura. Debido a la naturaleza de las piezas constituyentes separaremos el soporte en tres elementos, un soporte, que será la parte que se someterá al plegado, y dos nervios que se soldaran a la pieza anterior.

Previo al plegado de la pieza se realizará el desarrollo del soporte teniendo en cuenta que se empleará un punzón estándar, denominado punzón 18, y una matriz estándar en forma de V de 16 mm, al tener este en cuenta hallaremos el desarrollo de la pieza, donde se aplicara un factor K de 0.5 y obtendremos que la longitud de la pieza en su desarrollo es de 99,50 mm. En cuanto a las especificaciones de la herramienta se entrará en mas profundidad mas adelante en este apartado. Cabe destacar que para un correcto desarrollo y previo al envío de las piezas a corte se empleara el simulador DELEM profile-T, que es el mismo que se emplea en los controladores de la maquina para verificar nuestros resultados y ver si la maquina podrá soportar el plegado de la pieza.

#### **3.3.2.2 Corte Laser**

Por tanto una vez tenemos todas las partes constituyentes del proyecto que se desarrollara por el equipo de oficina técnica, donde se encargaran tanto del estudio del desarrollo de las piezas como del proceso de corte laser donde se procederá a la programación de las partes que constituyentes al corte laser teniendo en cuenta las características de nuestro material, ya que es una chapa de acero inoxidable 304L de espesor 3mm, esto implica que para el proceso de corte se empleara nitrógeno como gas asistente para un correcto corte del material. Hay que destacar que la tolerancia de este proceso en general, mas o menos, de 0.1 – 0.3 mm, esto ya

queda estipulado en los planos con las tolerancias que se establecen que obedecen la norma ISO 2768 – mk. Por ello se procederá a programar el mecanizado de las piezas por medio de Lantek Expert, así como el anidado de todas las piezas constituyentes del proyecto, además de unas piezas de prueba para el calibrado de la máquina, el cual corresponde al operario de la máquina.



*Ilustración 41: TCI cutting, modelo SmartLine Fiber 3015*

En cuanto a la maquina que manejaran y ajustaran los operarios del taller corresponde a SmartLine Fiber 3015 del fabricante TCI cutting, cuyas principales características, además de las descritas en las tablas inferiores son que es apta para el corte laser de chapas de unas dimensiones de 1500x3000 hasta 100mm de espesor, con una carga máxima de 950Kg. Además, presenta una tolerancia de 0.05mm, lo que es más que suficiente para el desarrollo de nuestro proyecto; y es compatible con el corte de nuestro material.

El operario encargado de la maquina deberá asegurarse del correcto corte de las piezas, es decir, que los planos y el nuesta o anidado se correspondan, asi como del correcto ajuste de la maquina y el post proceso, si fuese necesario, de las piezas tras el corte para que no ocasionen problemas en el los siguientes procesos constituyentes al proyecto. Cabe destacar que durante el proceso de programación del anidado el programa CNC debe cumplir todas las características para su correcto corte, es decir, el material debe ser el correspondiente y los parámetros se deben ajustar a este, esto se consigue de forma informática por medio de las bibliotecas que incluye Lantek Expert.

## **DATOS TÉCNICOS**

<b>Característica</b>	<b>Smartline Fiber 3015</b>
Carga máxima	950 kg
Cabezales	1
Vel. máx. pos. (simultáneo)	170 m/min
Aceleración máx. axial	2G
Tolerancia máquina	± 0.05 mm/m
Repetibilidad	± 0.025 mm
Medidas	3.000x1.500x100 mm
Automatización a medida	✓

*Ilustración 42: Datos técnicos generales del modelo SmartLine 3015*

DATOS TÉCNICOS	MODELOS	
Característica	3015	4020
Carga máxima	950 kg	1.800 kg
Cabezales	1	1
Vel. Posicionamiento Máx simultánea	170 m/min	170 m/min
Aceleración máx. axial	19,6 m/s <sup>2</sup> (2G)	19,6 m/s <sup>2</sup> (2G)
Tolerancia máquina VDI/DGQ3441	± 0.05 mm/m	± 0.05 mm/m
Repetibilidad	± 0.025 mm	± 0.025 mm
Potencias	De 1 kW a 15 kW	De 1 kW a 15 kW
Dimensiones	3.000x1.500x100 mm	4.000x2.000x100 mm
Máquina completamente cerrada	Incluido	Incluido
Sistema de extracción de humos	Incluido	Incluido
Sistema de refrigeración	Incluido	Incluido
Cambio de mesa automática	Incluido	Incluido
Cargador y descargador automático	Opcional	Opcional

Ilustración 43: Comparativa entre las especificaciones de los modelos SmartLine

## SOLUCIONES DE AUTOMATIZACIÓN A MEDIDA



### Carga

Carga automatizada de material. Optimización, velocidad y seguridad.



### Carga y descarga

Carga y descarga automatizada dentro del flujo productivo. Gana en competitividad.



### Clasificación

Proceso automatizado de clasificación de piezas que agiliza el proceso productivo y lo hace más eficiente.



### Almacenamiento

Automatización inteligente integral. Diversos niveles: Torre simple, torre múltiple o almacén inteligente.

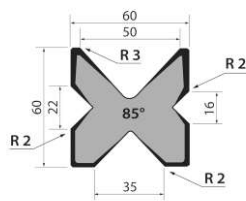
Ilustración 44: Soluciones de carga y descarga de chapas para el modelo SmartLine Fiber



### 3.3.2.1 Plegado

Una vez se ha realizado el corte del desarrollo del soporte, así como de los diferentes nervios, se procederá al plegado del soporte, como ya se ha mencionado previamente en el estudio se va a emplear unas herramientas estándar, cuyas características son las siguientes:

#### Matriz plegadora Promecam M.460.R



Los modelos de plegadoras Nargesa van equipadas con la matriz de serie M.460.R. Templada por inducción en las zonas de trabajo y rectificada.

**TIPO DE MATERIAL:** C45  
**RESISTENCIA MECÁNICA:** 560 - 710 N/mm<sup>2</sup>  
**DUREZA:** 54 - 60 HRC

**LONGITUD:**

- 835 mm.
- 415 mm.
- 795 mm. Fraccionado: 100, 250, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 200 mm.
- 805 mm. Fraccionado: 100, 370, 10, 15, 20, 40, 50, 200 mm.

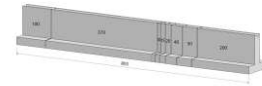
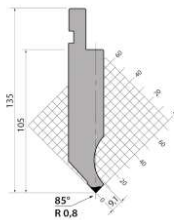


Ilustración 45: Matriz estándar para la mayoría de procesos de plegado

La matriz, con denominación Promecam M.460.R corresponde a una matriz estándar cuadrada que abarca la gran mayoría de procesos de plegado, ya que permite tener una gran flexibilidad al disponer de cuatro V distintas desde la de 16 hasta la de 50 y poder aguantar alrededor de un tonelaje máximo de 1000 T/m, aunque según el fabricante sea más, pero en la práctica la bancada de la máquina podría llegar a hundirse si se sobrepasa este valor.

#### Punzon plegadora Promecam PS.135.85.R08



Los modelos de plegadoras Nargesa van equipadas con el punzón de serie PS.135.85.R08. Templado por inducción en las zonas de trabajo y rectificado

**TIPO DE MATERIAL:** C45  
**RESISTENCIA MECÁNICA:** 560 - 710 N/mm<sup>2</sup>  
**DUREZA:** 54 - 60 HRC

**LONGITUD:**

- 835 mm.
- 415 mm.
- 795 mm. Fraccionado: 100, 250, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 100, 100 mm.
- 805 mm. Fraccionado: 100, 370, 10, 15, 20, 40, 50, 100, 100 mm.

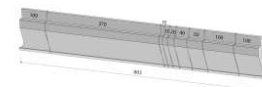


Ilustración 46: Punzón estándar para la mayoría de procesos de plegado

El punzón, con la denominación según el fabricante como Promecam PS.135.85R08 corresponde al denominado Punzón 18 ya que es la denominación coloquial en el taller a pie de máquina, dicho punzón, como se puede apreciar en la imagen, dispone de un radio de 0.8, que al combinarse con la matriz estándar puede abarcar los diferentes radios tabulados en la tabla de plegado. Esto le permite tener una gran flexibilidad al plegador ya que, con la combinación de la matriz estándar y este punzón, si las piezas lo permiten, puede trabajar de forma eficiente y rápida.



*Ilustración 47: Plegadora hidráulica MP1500CNC de NARGESA*

La combinación de estas dos herramientas junto con una plegadora hidráulica P1500CNC del fabricante NARGES, cuya longitud es de 1500 mm y un tonelaje máximo de 40T, cuyas características principales, así como las tablas de T/m según el espesor y la matriz de plegado corresponden a:

#### **Características Técnicas**


- Velocidad de trabajo del punzón: 8,3 mm/s.
- Velocidad de retroceso del punzón: 120 mm/s.
- Velocidad de bajada del punzón: 200 mm/s.
- Recorrido máximo del punzón: 200 mm.
- Longitud de plegado entre montantes: 1250 mm.
- Longitud de plegado total: 1500 mm.
- Recorrido tope trasero: 600 mm.
- Escote: 270 mm.
- Potencia de motor: 5,5 KW / 7,5 CV (HP).
- Tensión 3 fases: 230 / 400 V.
- Potencia hidráulica: 40 Tn.

*Ilustración 48: características técnicas y de envío del producto*

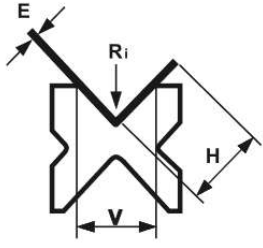
Al considerar todos los factores intervinientes en el proceso, así como las tablas del fabricante podemos concluir que para el plegado de nuestro soporte se necesitara alrededor de 2T. El operario deberá ajustar la maquina por medio de las herramientas mencionadas, así como por medio de los asistentes de la propia máquina, como DELEM profile-T, donde se verificarán los datos, así como la posibilidad del plegado de la pieza, previamente visto en oficina nates de mandar la pieza a corte. Así mismo procederá a corroborar el desarrollo correcto de la pieza y de las deducciones de plegado empleadas.

Por ultimo el operario encargado de este proceso deberá cumplir el correcto plegado del soporte siguiendo las tolerancias estipuladas en la ISO 2768 – mk, de modo que se cumplan las características dimensionales y geométricas de la pieza a realizar.

		Ton/m																						
		E = mm 42 - 48 kg/mm <sup>2</sup>																						
V	H	Ri	0.5	0.8	1	1.2	1.5	1.8	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25				
4	2.6	0.7	4	10.5																				
6	3.9	0.9	2.5	6.5	10																			
8	5.2	1.5	2	5.5	8	11.5	18																	
10	6.5	1.7		4.1	6.5	9.5	14.5	21	26															
12	7.8	2			5.5	8	12	17.5	21.5	33.5														
16	10.4	2.7				6	9	13	16	25	36													
20	13	3.4					7.5	10.5	13	20	29	52												
26	18	4.2						8.5	10.5	16	23	41	64											
30	20	5							14	19	34	54	77											
35	23	6								17	30	46	66											
42	27	6.7								15	26	40	58	103										
45	29	7.5									23	36	52	91										
50	32	8.5										21	32	46	82	128								
60	39	10											27	39	69	107								
70	45	11.7												33	59	92	132							
80	52	13.5													29	52	80	116	180					
90	58	15														46	71	103	160					
100	65	17															41	64	93	144	256			
110	71	18.5																59	84	131	233			
120	78	20																	54	77	120	213		
140	91	24																		66	103	183		
170	110	29																			55	85	151	
200	130	35																				72	128	200



www.nargesa.com



PRADA NARGESA S.L. • SPAIN • Tel. +0034 972568085 • nargesa@nargesa.com

PRADA NARGESA, S.L. - Ctra. De Garrigàs a Sant Miquel s/n - 17476 Palau de Santa Eulàlia (Girona) ESPAÑA - Tel. 0034 972 568 085 - nargesa@nargesa.com - www.nargesa.com

Ilustración 49: Extracto de la tabla de plegado del fabricante que se empleara en el proyecto.

### 3.3.2.1 Soldadura

Una vez plegado el soporte se procederá a la soldadura de las piezas constituyentes. Para ello se subcontratará el servicio a otra empresa, ya que no se disponen ni de la tecnología ni las instalaciones necesarias. Por ello la empresa LM Laser S.A. se deberá encargar de correcto transporte de los elementos referentes al proyecto, así como de la recogida para entregársela al cliente, una vez se haya terminado el proceso de soldadura.

La empresa encargada de este proceso será SUMERKAD S.L., donde se deberá comprometer a la soldadura de las partes constituyentes del proyecto por medio de la tecnología TIG ya que con el Acero inoxidable 304L habilita un tipo de soldadura limpia y resistente, que es una de las exigencias del cliente, ya que estas piezas pueden someterse a procesos de imprimación posteriores. Además de realizar los diversos procesos de control de calidad a lo largo del proceso, vea se tales como pruebas de carácter no destructivo para la verificación de la soldadura, para un correcto cumplimiento de los objetivos del proyecto.

### 3.3.3. PRUEBAS Y ENSAYOS

Para asegurar una calidad pertinente en el proceso de fabricación se realizarán varios ensayos de calidad, así como se tendrán en cuenta algunos factores que se describirán a continuación.

En primer lugar, que el proveedor del material, en este caso el cliente, cumpla con los requisitos mínimos establecidos en la ley de calidad. Por ello se comprobará que la chapa disponga de un

sello de calidad AENOR para metales y el sello de calidad de la ISO 9001, que certifica un compromiso legal de la calidad del material.

A continuación, a lo largo del proceso se tendrán que asegurar los siguientes factores, y en caso de no cumplirse corregirlos a lo largo del proceso. Dichos factores son tales como:

- Pruebas visuales para la verificación de que el producto no presente ni cantos ni aristas cortantes, por ello previo al plegado del soporte y al proceso de soldadura de las pletinas o nervios se deberán corregir los posibles residual que haya dejado el proceso de corte laser. Así mismo después del proceso de soldadura se deberá hacer lo mismo para un correcto acabado de la pieza.
- Por otro lado, de deberá comprobar que le soporte este plegado correctamente, tanto en cuanto a las cotas dimensionales cumpliendo las tolerancias establecidas, si como el Angulo de plegado, el cual se comprobara por medio de una escuadra.
- Además, se deberá reducir el impacto medio ambiental del proceso cumpliendo los diferentes estándares de control establecidos para cada proceso. Así como depositar los residuos en su lugar correspondiente para su correcto procesamiento una vez se ha terminado el proceso.

Además de los factores mencionado, una vez el producto, en este caso el soporte esté terminado, hay que asegurarse que cumpla los estándares de seguridad mecánica. En este caso particular es una tirada corta par este tipo de procesos por ellos son piezas de muestra y de ensayo para el cliente, por ello no se realizarán ensayos más allá del que el producto presente una calidad de acabado correcta.

#### **3.3.4. CONDICIONES DE ENTREGA**

Este proyecto se considerará acabado cuando el soporte y las pletinas se hayan soldado correctamente y el producto cumpla las calidades estándar pertinentes para su finalización, dichas condiciones se han especificado en el apartado anterior.

Una vez terminado el soporte se facilitar al cliente por medio de unas cajas de cartón en las que se colocara el producto acabado y bien precintado para su correcto transporte hasta las instalaciones del cliente. Un factor a tener en cuenta en el transporte es que se intentara trazar una ruta de transporte lo más eficiente posible para evitar un impacto medioambiental y al mismo tiempo ahorrar en el consumo de los vehículos que van a transportar la carga. Así mismo este factor será influyente en la fecha de entrega del producto y se tendrá que tener en cuenta al realizar la oferta al cliente.

## 4. PRESUPUESTO

#### 4.1. INTRODUCCIÓN

Como última parte del proyecto de "*Proceso de Fabricación de un soporte de acero mediante tecnología de plegado y corte laser*", se presentará en este apartado de forma detallada el coste de la fabricación del pedido del cliente.

La forma ordinaria de presentar el presupuesto parte de tener en cuenta el coste del material seguido de la mano de obra y la maquinaria. Además de las diferentes supervisiones por parte de la empresa que se agruparan en oficina técnica. Pero en este caso particular el coste del material no se tendrá en cuenta, ya que es un aporte por parte de la empresa empleadora.

Como apunte final, y se ha repetido a lo largo del proyecto, no se tiene acceso a todas las herramientas para la correcta ejecución del proyecto por ello, en este caso se ha utilizado la herramienta online de la empresa *Laserboost* para determinar el precio de las operaciones.

## 4.2. CUADRO DE PRECIO DESCOMPUESTO

### 4.2.1. MATERIA PRIMA

Ref.	Descripción	Ud.	Cos. Ud.	N. Ud	N. Ud	Cos. T
001	Chapa Acero Inoxidable 304L 3 mm	Kg	--	--	--	--

- 001: Chapa de acero aportada por el cliente.

### 4.2.2. MAQUINARIA Y OPERACIÓN

Ref.	Descripción	Ud.	Cos. Ud.	N. Ud	Cos. T
002	Cortadora láser TCI cutting SmartLine Fiber 3015	min	3.95€/ud	30	118.5€
003	Plegadora hidráulica de NARGESA MP1500CNC	min	0.25€/ud	45	11.25€

- 002: Corte laser de la maquina donde se tiene en cuenta tanto el proceso de la maquina como la manipulación del operario. En este caso en base a la experiencia del alumno se ha asumido que el tiempo de operación de la maquina será de unos 30min en total. La demora se centra principalmente en los agujeros del soporte, si este no tuviese tantos esta operación se acortaría bastante. En este caso se han tenido en cuenta todas las piezas juntas, sin distinción, por ello se asume que son 150 piezas. El coste total de la pieza es de 237€/h, teniendo en cuenta el proceso y las operaciones de post-procesado.
- 003: Plegado, al tratarse de una pieza con un solo pliegue es relativamente sencilla de plegar, por ello se ha considerado de tiempo de operación unos 45min en total. En este caso el proceso consta de 50 piezas, correspondientes al soporte. El coste del plegado es de 15€/h, lo que es un precio normal en la industria al considerar el precio la unión entre el coste de maquina y operario.

### 4.2.3. SUBCONTRATA PROCESO DE SOLDADURA

Ref.	Descripción	Ud.	Cos. Ud.	N. Ud.	Cos. T
004	Soldadura con TIG en SUMERKAD S.L	min	0.17€/ud	120	20.4€

- 004: Proceso de soldadura de las pletinas al soporte, este proceso consta de 100 pletinas, ya que cada soporte consta de dos pletinas o nervios. En el coste total de la operación es de unos 10€/h, donde se contabiliza tanto el coste de operación como el del operario.

### 4.2.4. OTROS CONCEPTOS A TENER EN CUENTA

Ref.	Descripción	
005	Mano de obra indirecta	3%
006	Gastos generales	12%
007	Beneficio industrial	6%
008	Impuesto sobre el valor añadido	21%

#### 4.3. CUADRO DE PRECIO DEL PROYECTO

##### *Presupuesto del Soporte*

<b>Concepto</b>	<b>%</b>	<b>Coste</b>
Coste básico		150.151
Coste básico ud		3.01
Coste general		173.212
Coste industrial		183.605
IVA		222.163
<b>Coste final del proceso de producción</b>		<b>222.16€</b>



# 5. CONCLUSIÓN

## 5.1 CIERRE DEL PROYECTO

Como parte final de este proyecto repasaremos a grandes rasgos el proceso de fabricación, así como la metodología empleada para la ejecución de constituyente del proyecto que es un soporte fabricado por medio de tecnología de corte láser, plegado y soldadura.

Para la elaboración de este proyecto en primer lugar se procedió al análisis del soporte ofrecido por el cliente mediante los programas de CAD, en este caso se utilizó SolidWorks, pero también se podía utilizar SolidEdge, Inventor o Siemens NX. Una vez teníamos claro el desarrollo y las diferentes partes se procedió a introducir los datos más relevantes del material a cortar, datos tales como el módulo de elasticidad y el coeficiente de Poisson. Cabe destacar que Lantek expert y DELEM profile-t necesitan estos datos para realizar las simulaciones y la correcta programación de las diferentes máquinas, tanto la máquina de corte láser como las plegadoras hidráulicas, aunque las propias bibliotecas del software ya incluyen muchos de los materiales más comunes en la industrial. Por último, tras el corte de las diferentes partes y su consiguiente plegado se ha envidado a una subcontrata para la soldadura de los diferentes elementos por medio de la soldadura TIG donde se realizaron los consiguientes controles de calidad de la soldadura.

Con esto se ha hecho un estudio del proceso de fabricación de un soporte de acero mediante técnicas de plegado y corte láser y se han destacado las claves importantes del proceso, teniendo en cuenta que se basan en las experiencias previas del alumno en una empresa del sector.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

## 6.1 INFOGRAFÍA

### *Ilustración 1: plano sencillo de la pieza planteada.*

Imagen extraída de: CADEXERSISE (2018). *3d exercise 170* < <http://www.cadexersise.in/3d-exercise-170> > [Consulta: 06 de noviembre 2022]

### *Ilustración 2: Rodillo de laminación finales del siglo XIX*

Imagen extraída de: GARCÍA SOMOLINOS, C. (2018). *Historia y vanguardia de la chapa metálica*. Trabajo final de Grado. Valencia. Universidad Politécnica de Valencia, <<https://riunet.upv.es/handle/10251/116553>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]

### *Ilustración 3: Laminación continua 1915*

Imagen extraída de: GARCÍA SOMOLINOS, C. (2018). *Historia y vanguardia de la chapa metálica*. Trabajo final de Grado. Valencia. Universidad Politécnica de Valencia, <<https://riunet.upv.es/handle/10251/116553>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]

### *Ilustración 4: Muestra grafica de los procesos descritos en este apartado*

Imagen extraída de: GARCÍA SOMOLINOS, C. (2018). *Historia y vanguardia de la chapa metálica*. Trabajo final de Grado. Valencia. Universidad Politécnica de Valencia, <<https://riunet.upv.es/handle/10251/116553>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]

### *Ilustración 5: Muestra grafica de los procesos descritos en este apartado*

Imagen extraída de: GARCÍA SOMOLINOS, C. (2018). *Historia y vanguardia de la chapa metálica*. Trabajo final de Grado. Valencia. Universidad Politécnica de Valencia, <<https://riunet.upv.es/handle/10251/116553>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]

### *Ilustración 6: Muestra grafica de los procesos descritos en este apartado*

Imagen extraída de: GARCÍA SOMOLINOS, C. (2018). *Historia y vanguardia de la chapa metálica*. Trabajo final de Grado. Valencia. Universidad Politécnica de Valencia, <<https://riunet.upv.es/handle/10251/116553>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]

### *Ilustración 7: ejemplo de ISF*

Imagen extraída de: GARCÍA SOMOLINOS, C. (2018). *Historia y vanguardia de la chapa metálica*. Trabajo final de Grado. Valencia. Universidad Politécnica de Valencia, <<https://riunet.upv.es/handle/10251/116553>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]

### *Ilustración 8: Descripción grafica de MF*

Imagen extraída de: GARCÍA SOMOLINOS, C. (2018). *Historia y vanguardia de la chapa metálica*. Trabajo final de Grado. Valencia. Universidad Politécnica de Valencia, <<https://riunet.upv.es/handle/10251/116553>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]

### *Ilustración 9: Robot empleado en RoboFold*

Imagen extraída de: GARCÍA SOMOLINOS, C. (2018). *Historia y vanguardia de la chapa metálica*. Trabajo final de Grado. Valencia. Universidad Politécnica de Valencia, <<https://riunet.upv.es/handle/10251/116553>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]

### *Ilustración 10: Tabla de composición de los aceros al carbono DC*

Imagen extraída de: MERALASA. *Productos siderúrgicos, datos y características principales*. <<http://www.metalasa.es/files/Productos.pdf>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]

**Ilustración 11: Tabla de propiedades mecánicas de los aceros al carbono DC**

Imagen extraída de: MERALASA. *Productos siderúrgicos, datos y características principales*. <<http://www.metalasa.es/files/Productos.pdf>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]

**Ilustración 12: Tabla de composición de los aceros al carbono DD**

Imagen extraída de: MERALASA. *Productos siderúrgicos, datos y características principales*. <<http://www.metalasa.es/files/Productos.pdf>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]

**Ilustración 13: Tabla de propiedades mecánicas de los aceros al carbono DD**

Imagen extraída de: MERALASA. *Productos siderúrgicos, datos y características principales*. <<http://www.metalasa.es/files/Productos.pdf>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]

**Ilustración 14: Muestra visual sacada de catalogo para los diferentes acabados superficiales en aceros**

Imagen extraída de: LASERBOOST. *Acabados para tus piezas de corte láser*. <<https://www.laserboost.com/es/acabados-para-tus-piezas-de-corte-laser/>> [Consulta: 10 de noviembre 2022]

**Ilustración 15: Tabla de composición de los aceros al carbono DX**

Imagen extraída de: MERALASA. *Productos siderúrgicos, datos y características principales*. <<http://www.metalasa.es/files/Productos.pdf>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]

**Ilustración 16: Tabla de propiedades de los aceros al carbono DX**

Imagen extraída de: MERALASA. *Productos siderúrgicos, datos y características principales*. <<http://www.metalasa.es/files/Productos.pdf>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]

**Ilustración 17: Tabla de composición química para los aceros 304**

Imagen extraída de: PALSA. *Ficha técnica aceros inoxidables*. <[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiTvcj124P9AhXK57siHWXuBA0QFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.e-palsa.com%2Findex.php%3Fcontroller%3Dattachment%26id\\_attachment%3D99&usg=AOvVaw1FhnSAgVy78VMDc0Q5zsDY](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiTvcj124P9AhXK57siHWXuBA0QFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.e-palsa.com%2Findex.php%3Fcontroller%3Dattachment%26id_attachment%3D99&usg=AOvVaw1FhnSAgVy78VMDc0Q5zsDY)> [Consulta: 14 de noviembre 2022]

**Ilustración 18: Tabla de composición química para los aceros 316**

Imagen extraída de: PALSA. *Ficha técnica aceros inoxidables*. <[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiTvcj124P9AhXK57siHWXuBA0QFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.e-palsa.com%2Findex.php%3Fcontroller%3Dattachment%26id\\_attachment%3D99&usg=AOvVaw1FhnSAgVy78VMDc0Q5zsDY](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiTvcj124P9AhXK57siHWXuBA0QFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.e-palsa.com%2Findex.php%3Fcontroller%3Dattachment%26id_attachment%3D99&usg=AOvVaw1FhnSAgVy78VMDc0Q5zsDY)> [Consulta: 14 de noviembre 2022]

**Ilustración 19: Tabla de propiedades mecánicas de los aceros inoxidables**

Imagen extraída de: PALSA. *Ficha técnica aceros inoxidables*. <[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiTvcj124P9AhXK57siHWXuBA0QFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.e-palsa.com%2Findex.php%3Fcontroller%3Dattachment%26id\\_attachment%3D99&usg=AOvVaw1FhnSAgVy78VMDc0Q5zsDY](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiTvcj124P9AhXK57siHWXuBA0QFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.e-palsa.com%2Findex.php%3Fcontroller%3Dattachment%26id_attachment%3D99&usg=AOvVaw1FhnSAgVy78VMDc0Q5zsDY)> [Consulta: 14 de noviembre 2022]

**Ilustración 20: Imagen de muestra del proceso descrito**

CHIMPWITHCAN IS LICENSED UNDER CC BY 2.0. "Laser Cut Metal Spark Laser Machine Edited 2020". <<https://openverse.org/image/3cf3348f-cd48-49e6-b0cb-cc2e72a6e871>>

**Ilustración 21: Boquilla empleada en el corte laser con sus partes diferenciadas**

Imagen extraída de: FEIYANG MAQUINARIA. *Cortadoras Láser para Metales: ¿Qué son y cómo funcionan?* < <https://www.feiyangmaquinaria.com/cortadoras-laser-para-metales-que-son-y-como-funcionan/> >

**Ilustración 22: Muestra de corte laser de gran espesor**

Imagen extraída de: TCI CUTTING WATERJET & LASER SYSTEMS. “Rage Cut 2.0. Ultra fast high power laser cutting solution” en Youtube  
<[https://www.youtube.com/watch?v=NYSyOvIkHnA&t=77s&ab\\_channel=TCICuttingWaterjet%26Lasersystems](https://www.youtube.com/watch?v=NYSyOvIkHnA&t=77s&ab_channel=TCICuttingWaterjet%26Lasersystems)>

**Ilustración 23: TCI cutting, modelo SmartLine Fiber 3015**

Imagen extraída de: TCI CUTTING WATERJET & LASER SYSTEM. *Catálogo de soluciones laser.*  
<<https://www.tcicutting.com/es/maquinas-corte-laser/smartline-fiber/>>

**Ilustración 24: Datos técnicos generales del modelo SmartLine 3015**

Imagen extraída de: TCI CUTTING WATERJET & LASER SYSTEM. *Ficha técnica de SmartLine Fiber 3015.*  
<<https://www.tcicutting.com/es/maquinas-corte-laser/smartline-fiber/>>

**Ilustración 25: Comparativa entre las especificaciones de los modelos SmartLine**

Imagen extraída de: TCI CUTTING WATERJET & LASER SYSTEM. *Ficha técnica de SmartLine Fiber 3015.*  
<<https://www.tcicutting.com/es/maquinas-corte-laser/smartline-fiber/>>

**Ilustración 26: Tecnologías y aplicaciones del modelo SmartLine Fiber**

Imagen extraída de: TCI CUTTING WATERJET & LASER SYSTEM. *Ficha técnica de SmartLine Fiber 3015.*  
<<https://www.tcicutting.com/es/maquinas-corte-laser/smartline-fiber/>>

**Ilustración 27: Soluciones de carga y descarga de chapas para el modelo SmartLine Fiber**

Imagen extraída de: TCI CUTTING WATERJET & LASER SYSTEM. *Ficha técnica de SmartLine Fiber 3015.*  
<<https://www.tcicutting.com/es/maquinas-corte-laser/smartline-fiber/>>

**Ilustración 28: ejemplo del plegado de una pieza de chapa metálica**

Imagen extraída de: JPALACIOS. *Plegado y curvado de metales.*  
<<https://www.jpalacios.es/plegado-curvado-metales-fabricante-estructuras-metalicas/>>

**Ilustración 29: Extracto de tabla de plegado**

Imagen extraída de: METALMAQ. *Tablas de plegado de chapa.*  
<<https://www.jpalacios.es/plegado-curvado-metales-fabricante-estructuras-metalicas/>>

**Ilustración 30: ejemplo ilustrado del desarrollo de una pieza de chapa metálica**

Imagen extraída de: GRUPO IDEMET, SA. *Dobladora de lámina Boschert sincronizada.*  
<[http://grupoidemet.com.mx/dobladora\\_Boschert/dobladora-de-lamina-7-factores-a-tomar-en-cuenta-para-elegir-su-compra/](http://grupoidemet.com.mx/dobladora_Boschert/dobladora-de-lamina-7-factores-a-tomar-en-cuenta-para-elegir-su-compra/)>

**Ilustración 31: Plegadora hidráulica MP1500CNC de NARGESA**

Imagen extraída de: NARGESA. *Ficha técnica de Plegadora hidráulica MP1500CNC.*  
<<https://nargesa.com/es/maquinaria-industrial/plegadora-hidraulica-mp1500cnc>>

**Ilustración 32: características técnicas y de envío del producto**

Imagen extraída de: NARGESA. *Ficha técnica de Plegadora hidráulica MP1500CNC.*  
<<https://nargesa.com/es/maquinaria-industrial/plegadora-hidraulica-mp1500cnc>>

**Ilustración 33: Matriz estándar para la mayoría de procesos de plegado**

Imagen extraída de: NARGESA. *Ficha técnica de Plegadora hidráulica MP1500CNC.*  
<<https://nargesa.com/es/maquinaria-industrial/plegadora-hidraulica-mp1500cnc>>

**Ilustración 34: Punzón estándar para la mayoría de procesos de plegado**

Imagen extraída de: NARGESA. *Ficha técnica de Plegadora hidráulica MP1500CNC.*  
<<https://nargesa.com/es/maquinaria-industrial/plegadora-hidraulica-mp1500cnc>>

**Ilustración 35: Extracto de la tabla de plegado del fabricante que se empleara en el proyecto.**

Imagen extraída de: NARGESA. *Ficha técnica de Plegadora hidráulica MP1500CNC.*  
<<https://nargesa.com/es/maquinaria-industrial/plegadora-hidraulica-mp1500cnc>>

**Ilustración 36: proceso de soldadura en un taller industrial**

Imagen extraída de: ESYMO METAL, ACABADOS INDUSTRIALES. *Industrial welding.* <  
<https://esymometal.com/en/welding/>>

**Ilustración 37: ejemplo de algunos ensayos de control de la soldadura**

Imagen extraída de: GRUPO TESTEK: TECNOLOGÍA QUE OPTIMIZA EL MUNDO. *Inspección de soldaduras con ensayos no destructivos.* < <https://www.testekndt.net/inspeccion-de-soldaduras-con-ensayos-no-destructivos> > [Consulta: 15 de noviembre 2022]

**Ilustración 38: imagen ilustrativa del método de embalaje al cliente**

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE IS MARKED WITH CC0 1.0."Professional Packaging Systems' Quality Packaging". < <https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/?ref=openverse> >

**Ilustración 39: Tabla de composición química para los aceros 316**

Imagen extraída de: PALSA. *Ficha técnica aceros inoxidable.* <  
[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiTvcj124P9AhXK57sIHWXuBA0QFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.e-palsa.com%2Findex.php%3Fcontroller%3Dattachment%26id\\_attachment%3D99&usg=AOvVaw1FhnSagVy78VMDc0Q5zsDY](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiTvcj124P9AhXK57sIHWXuBA0QFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.e-palsa.com%2Findex.php%3Fcontroller%3Dattachment%26id_attachment%3D99&usg=AOvVaw1FhnSagVy78VMDc0Q5zsDY)> [Consulta: 14 de noviembre 2022]

**Ilustración 40: Tabla de propiedades mecánicas de los aceros inoxidable**

Imagen extraída de: PALSA. *Ficha técnica aceros inoxidable.* <  
[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiTvcj124P9AhXK57sIHWXuBA0QFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.e-palsa.com%2Findex.php%3Fcontroller%3Dattachment%26id\\_attachment%3D99&usg=AOvVaw1FhnSagVy78VMDc0Q5zsDY](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiTvcj124P9AhXK57sIHWXuBA0QFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.e-palsa.com%2Findex.php%3Fcontroller%3Dattachment%26id_attachment%3D99&usg=AOvVaw1FhnSagVy78VMDc0Q5zsDY)> [Consulta: 14 de noviembre 2022]

**Ilustración 41: TCI cutting, modelo SmartLine Fiber 3015**

Imagen extraída de: TCI CUTTING ATERJET & LASER SYSTEM. *Catálogo de soluciones laser.*  
<<https://www.tci-cutting.com/es/maquinas-corte-laser/smartline-fiber/>>

**Ilustración 42: TCI cutting, modelo SmartLine Fiber 3015**

Imagen extraída de: TCI CUTTING ATERJET & LASER SYSTEM. *Catálogo de soluciones laser.*  
<<https://www.tci-cutting.com/es/maquinas-corte-laser/smartline-fiber/>>

**Ilustración 43: TCI cutting, modelo SmartLine Fiber 3015**

Imagen extraída de: TCI CUTTING ATERJET & LASER SYSTEM. *Catálogo de soluciones laser.*  
<<https://www.tci-cutting.com/es/maquinas-corte-laser/smartline-fiber/>>

**Ilustración 44: TCI cutting, modelo SmartLine Fiber 3015**

Imagen extraída de: TCI CUTTING ATERJET & LASER SYSTEM. *Catálogo de soluciones laser.*

<<https://www.txicutting.com/es/maquinas-corte-laser/smartline-fiber/>>

**Ilustración 45: Matriz estándar para la mayoría de procesos de plegado**

Imagen extraída de: NARGESA. *Ficha técnica de Plegadora hidráulica MP1500CNC.*

<<https://nargesa.com/es/maquinaria-industrial/plegadora-hidraulica-mp1500cnc>>

**Ilustración 46: Punzón estándar para la mayoría de procesos de plegado**

Imagen extraída de: NARGESA. *Ficha técnica de Plegadora hidráulica MP1500CNC.*

<<https://nargesa.com/es/maquinaria-industrial/plegadora-hidraulica-mp1500cnc>>

**Ilustración 47: Plegadora hidráulica MP1500CNC de NARGESA**

Imagen extraída de: NARGESA. *Ficha técnica de Plegadora hidráulica MP1500CNC.*

<<https://nargesa.com/es/maquinaria-industrial/plegadora-hidraulica-mp1500cnc>>

**Ilustración 48: características técnicas y de envío del producto**

Imagen extraída de: NARGESA. *Ficha técnica de Plegadora hidráulica MP1500CNC.*

<<https://nargesa.com/es/maquinaria-industrial/plegadora-hidraulica-mp1500cnc>>

**Ilustración 49: Extracto de la tabla de plegado del fabricante que se empleara en el proyecto.**

Imagen extraída de: NARGESA. *Ficha técnica de Plegadora hidráulica MP1500CNC.*

<<https://nargesa.com/es/maquinaria-industrial/plegadora-hidraulica-mp1500cnc>>



## 6.2. DOCUMENTACIÓN Y FUENTES DE INFORMACIÓN

Las siguientes referencias bibliográficas se citarán según *la norma ISO 690*, por ello se establecerá según el estilo descrito en esta norma para todas las referencias tanto de otros trabajos de fin de grado, así como las consultas de los diferentes artículos de las distintas empresas y organismos relacionados con el sector del corte laser.

- GARCÍA SOMOLINOS, C. (2018). *Historia y vanguardia de la chapa metálica*. Trabajo final de Grado. Valencia. Universidad Politécnica de Valencia, <<https://riunet.upv.es/handle/10251/116553>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]
- SONELASTIC. *Ficha técnica aceros inoxidables*. <[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiTvcj124P9AhXK57sIHWXuBA0QFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.e-palsa.com%2Findex.php%3Fcontroller%3Dattachment%26id\\_attachment%3D99&usg=AOvVaw1FhnSAGvY78VMDc0Q5zsDY](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiTvcj124P9AhXK57sIHWXuBA0QFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.e-palsa.com%2Findex.php%3Fcontroller%3Dattachment%26id_attachment%3D99&usg=AOvVaw1FhnSAGvY78VMDc0Q5zsDY)> [Consulta: 14 de noviembre 2022]
- PALSÀ. *Metales Ferrosos*. <<https://www.sonelastic.com/es/fundamentos/tablas-propiedades-materiales/metales-ferrosos.html>> [Consulta: 13 de noviembre 2022]
- MERALASA. *Productos siderúrgicos, datos y características principales*. <<http://www.metalasa.es/files/Productos.pdf>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]
- MARTINEZ DE MENDIVIL VARAS, J. (2018). *Láseres integrados en dobles tungstatos y niobato de litio basados en guías de onda ridge*. Tesis Doctoral. Madrid. Universidad Autónoma de Madrid. <<https://repositorio.uam.es/handle/10486/670293>> [Consulta: 10 de noviembre 2022]
- GARCÍA SOMOLINOS, C. (2015). *Historia y vanguardia de la chapa metálica*. Trabajo final de Grado. Valencia. Universidad Politécnica de Valencia, <<https://riunet.upv.es/handle/10251/173201>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]
- CAMPAYO GUÍA, M. (2021). *Diseño de una matriz progresiva para la fabricación de un cartel de chapa metálica que indique el uso obligatorio de mascarilla*. Valencia. Universitat Politècnica de València. <<http://hdl.handle.net/10251/173201>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]
- ESTEVE REL, R. (2019). *Diseño y fabricación de un atril para música*. Valencia. Universitat Politècnica de València. <<http://hdl.handle.net/10251/129129>> [Consulta: 10 de noviembre 2022]
- MARÍN LÓPEZ, A. (2020). *Estudio, diseño y fabricación de un prototipo para un expositor de productos*. Valencia. Universitat Politècnica de València <<http://hdl.handle.net/10251/159114>> [Consulta: 12 de noviembre 2022]
- ACEROS LEVINSON. *Acabados de los Aceros*. <<https://www.aceroslevinson.com/2012/02/acabados-de-los-aceros/>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]
- WEERG. *¿Cuáles son los 4 tipos de acero?* <<https://www.weerg.com/es/guias/cu%C3%A1les-son-los-4-tipos-de-acero>> [Consulta: 13 de noviembre 2022]
- LASERBOOST. *Acabados para tus piezas de corte láser*. <<https://www.laserboost.com/es/acabados-para-tus-piezas-de-corte-laser/>> [Consulta: 10 de noviembre 2022]
- RMIG. *Acero al carbono (acero dulce)*. <[http://rmig.com/es/info+t%C3%A9cnica/materia+prima/acero+al+carbono+\(acero+d+ecapado\)](http://rmig.com/es/info+t%C3%A9cnica/materia+prima/acero+al+carbono+(acero+d+ecapado))> [Consulta: 20 de noviembre 2022]

- LASERBOOST. *Presupuesto online*. <<https://www.laserboost.com/es/create>> [Consulta: 11 de noviembre 2022]
- LASERBOOST. *Acabados para tus piezas de corte láser*. <<https://www.laserboost.com/es/acabados-para-tus-piezas-de-corte-laser/>> [Consulta: 18 de noviembre 2022]
- LASERBOOST. *¿Por qué el acero inoxidable no se oxida?* <<https://www.laserboost.com/es/por-que-el-acero-inoxidable-no-se-oxida/>> [Consulta: 20 de noviembre 2022]
- INITUBE: CORTE Y MECANIZACIÓN DE TUBOS Y PERFILES. *Cómo funciona una máquina de corte láser*. <<https://initube.es/post/como-funciona-una-maquina-de-corte-laser/>> [Consulta: 17 de noviembre 2022]
- SOLUCIONES DE EMBALAJE: FABRICANTES DE ENVASES DE PLÁSTICO. *Corte láser: ¿Qué es?* <<https://solucionesdeembalaje.com/corte-laser-que-es/>> [Consulta: 12 de noviembre 2022]
- FEIYANG MAQUINARIA. *Cortadoras Láser para Metales: ¿Qué son y cómo funcionan?* <<https://www.feiyangmaquinaria.com/cortadoras-laser-para-metales-que-son-y-como-funcionan/>> [Consulta: 12 de noviembre 2022]
- WIKIPEDIA. *Corte con láser*. <[https://es.wikipedia.org/wiki/Corte\\_con\\_l%C3%A1ser](https://es.wikipedia.org/wiki/Corte_con_l%C3%A1ser)> [Consulta: 16 de noviembre 2022]
- TRUMPF MAQUINARIA. *El corte con láser como procedimiento de corte sin contacto*. <[https://www.trumpf.com/es\\_ES/soluciones/aplicaciones/corte-por-laser/](https://www.trumpf.com/es_ES/soluciones/aplicaciones/corte-por-laser/)> [Consulta: 16 de noviembre 2022]
- JOSÉ ÁNGEL MERCADO: VENTA DE MÁQUINAS INDUSTRIALES. *Todo lo que necesita saber sobre el corte por láser*. <<https://www.joseangelmercado.com/blog/corte-laser/>> [Consulta: 22 de noviembre 2022]
- SOME STAMPING SOLUTIONS. *Corte láser: cómo funciona, ventajas y materiales*. <<https://www.some.es/es/Corte-laser-como-funciona-ventajas-y-materiales>> [Consulta: 21 de noviembre 2022]
- MECOS. *El Láser, conceptos básicos*. <<https://mecos.es/files/articulos/20100507-Teoria-del-Laser.pdf>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]
- FEIYANG MAQUINARIA. *Cortadoras Láser para Metales ¿Qué son y cómo funcionan?*. <<https://www.feiyangmaquinaria.com/cortadoras-laser-para-metales-que-son-y-como-funcionan/>> [Consulta: 20 de noviembre 2022]
- TCICUTTING ATERJET & LASER SYSTEM. *Catálogo de soluciones laser*. <<https://www.tcticutting.com/es/maquinas-corte-laser/smartline-fiber/>> [Consulta: 23 de noviembre 2022]
- TCICUTTING ATERJET & LASER SYSTEM. *Ficha técnica de SmartLine Fiber 3015*. <<https://www.tcticutting.com/es/maquinas-corte-laser/smartline-fiber/>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]
- FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS JPALACIOS. *Plegado y curvado de metales*. <<https://www.ipalacios.es/plegado-curvado-metales-fabricante-estructuras-metalicas/>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]
- UTILLAJE PARA PLEGADORA, METALMAQ, S.A. *Tablas de plegado de chapa*. <<https://metalmag.shop/blog/es/tablas-de-plegado-de-chapa/>> [Consulta: 9 de noviembre 2022]

- GRUPO IDEMET, SA. *Dobladora de lámina Boschert sincronizada*. <[http://grupoidemet.com.mx/dobladora\\_Boschert/dobladora-de-lamina-7-factores-a-tomar-en-cuenta-para-elegir-su-compra/](http://grupoidemet.com.mx/dobladora_Boschert/dobladora-de-lamina-7-factores-a-tomar-en-cuenta-para-elegir-su-compra/)> [Consulta: 19 de noviembre 2022]
- NARGESA. *Ficha técnica de Plegadora hidráulica MP1500CNC*. <<https://nargesa.com/es/maquinaria-industrial/plegadora-hidraulica-mp1500cnc>> [Consulta: 28 de noviembre 2022]
- ACCESORIOS TRABAJOS DE CORTE EN ZARAGOZA, SUMICUART. *Todo lo que necesitas saber sobre la soldadura industrial*. <[https://www.sumicuart.com/module/ph\\_simpleblog/module-ph\\_simpleblog-single?sb\\_category=soldadura&rewrite=todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-la-soldadura-industrial](https://www.sumicuart.com/module/ph_simpleblog/module-ph_simpleblog-single?sb_category=soldadura&rewrite=todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-la-soldadura-industrial)> [Consulta: 15 de noviembre 2022]
- GRUPO TESTEK: TECNOLOGÍA QUE OPTIMIZA EL MUNDO. *Inspección de soldaduras con ensayos no destructivos*. <<https://www.testekndt.net/inspeccion-de-soldaduras-con-ensayos-no-destructivos>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]
- JOM: FABRICACIÓN DE PIEZAS METÁLICAS. *La soldadura industrial y su importancia para el estampado*. <<https://jom.es/la-soldadura-industrial-y-su-importancia-para-el-estampado/>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]
- SUMINISTROS FENOLLAR SL. *Qué tipo de soldaduras industriales existen y sus principales características*. <<https://www.suministrosfenollar.com/que-tipo-soldaduras-industriales-existen-y-principales-caracteristicas/>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]
- WIKIPEDIA. *Soldadura*. <<https://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]
- GESRUTA PROGRAMAS DE TRANSPORTE. *Logística de distribución: qué es y cuáles son sus etapas*. <<https://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura>> [Consulta: 15 de noviembre 2022]