



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“Diseño y calculo de un troquel para la estampación en frio del  
soporte metálico de una pastilla de freno”

Alumno: Emilio García Blazquiz

Directores del proyecto: Rodrigo Luri Irigoyen

Daniel Salcedo Pérez

Pamplona, 9 de noviembre de 2012

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todos los profesores que he tenido a lo largo de la carrera por todos los conocimientos impartidos, por haberme enseñado todo lo necesario para estar un día como hoy realizando la presentación del proyecto final de carrera.

Mi más sincero agradecimiento a Don Rodrigo Luri Irigoyen y a Don Daniel Pérez Salcedo, por haberme dirigido el proyecto final de carrera. Por el tiempo invertido conmigo y por su paciencia durante todos estos meses que ha durado la realización de mi proyecto, sus atenciones, su apoyo, así como todos los conocimientos que me han enseñado relacionados con el mundo de la ingeniería y de la fabricación mecánica. Por su ayuda y consejo en los momentos más críticos del desarrollo del proyecto.

Una mención especial requieren mis padres y mi hermano, que durante todos estos años ha estado a mi lado ayudándome a superar contrariedades y apoyándome en todo.

Gracias Nerea, por estar junto a mí todo este tiempo, por tu apoyo y por hacerme las cosas más fáciles.

Finalmente, a todos los nombrados y a los que no, pero que habéis formado parte de mi vida en todos estos años, sencillamente daros las gracias “por haber estado ahí”.

A todos muchas gracias.

# INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.</b> .....	<b>5</b>
1.2 AMBITO DEL PROYECTO.....	<b>5</b>
1.2 OBJETIVO .....	<b>6</b>
1.3 ESTRUCTURA Y FASES DEL PROYECTO .....	<b>8</b>
1.3.1 Estructura del proyecto escrito .....	<b>8</b>
1.3.2 Fases de trabajo.....	<b>8</b>
<b>2. FABRICACION DE PIEZAS MEDIANTE DEFORMACIÓN PLASTICA.</b>	
2.1 ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE CONFORMADO EN FRIO ...	<b>11</b>
2.2 DEFINICION DE UTILLAJE.....	<b>13</b>
2.3 COMPONENTES.....	<b>15</b>
2.3.1 Armazón o base inferior .....	<b>15</b>
2.3.2 Base superior .....	<b>16</b>
2.3.3 Sufridera o placa de choque.....	<b>17</b>
2.3.4 Reglas guías de banda .....	<b>19</b>
2.3.5 Porta-punzones .....	<b>20</b>
2.3.6 Placa pisadora-expulsora .....	<b>21</b>
2.3.7 Placa porta macho o cajera.....	<b>23</b>
2.3.8 Matrices cortantes .....	<b>24</b>
2.3.9 Punzones .....	<b>25</b>
2.3.10 Varios .....	<b>27</b>
<b>3. DISEÑO DEL UTILLAJE PARA LA FABRICACION DEL SOPORTE METALICO DE UNA PASTILLA DE FRENO</b> .....	<b>28</b>
3.1 A TENER EN CUENTA.....	<b>28</b>
3.2 VALORACIONES PREVIAS .....	<b>29</b>
3.2.1 Recopilación de la documentación necesaria .....	<b>29</b>
3.2.2 Producción total anual .....	<b>30</b>
3.2.3 plazo previsto de entrega de utillaje .....	<b>30</b>
3.3 METODO Y PLANIFICACION DEL PROCEDIMIENTO .....	<b>32</b>

3.4 ANTEPROYECTO .....	34
3.4.1 Características constructivas del utillaje.....	34
3.4.2 Procesos de alimentación de material.....	38
3.4.3 Disposición de las piezas en la banda .....	41
3.4.4 Márgenes de separación entre las piezas .....	45
3.5 PROYECTO.....	47
3.5.1 Diseño de procesos.....	47
3.5.2 Diseño de componentes.....	57
<b>4. DEFINICIÓN DEL PROCESO DE FABRICACION DEL UTILLAJE. ...</b>	<b>78</b>
4.1 BASE INFERIOR .....	78
4.2 BASE SUPERIOR.....	80
4.3 PORTA MACHOS.....	81
4.4 SUFRIDERA .....	83
4.5 MATRIZ DE CORTE .....	86
4.6 PORTA PUNZONES.....	87
4.7 MACHO DE CORTE .....	89
4.8 EXPULSOR DE MACHO .....	90
4.9 EXPULSOR DE MATRIZ .....	92
4.10 PUNZONES.....	94
4.11 BUTEROLAS .....	95
4.12 ADIPRENES .....	96
4.13 CASQUILLOS Y COLUMNAS .....	96
4.14 MUELLES .....	97
<b>5. RESULTADOS ESTUDIO F.E.M. ....</b>	<b>98</b>
5.1 INTRODUCCION AL F.E.M .....	98
5.2 DESARROLLO Y RESULTADOS MODELO 2D.....	101
5.3 DESARROLLO Y RESULTADOS MODELO 3D .....	131
<b>6. CONCLUSIONE SY LINEAS FUTURAS .....</b>	<b>144</b>
<b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>146</b>

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 AMBITO DEL PROYECTO.

La idea de este proyecto nace de la colaboración con el departamento de diseño de una empresa dedicada a la fabricación, montaje y ajuste de utillajes y herramientas progresivas para el sector de automoción.

El nombre de la empresa es UCOR S.L. (Utillajes de Corella) y se engloba dentro del sector de la pequeña y mediana empresa. Es un taller de mecanizados, perteneciente al sector metalúrgico que diseña y fabrica sus propios utillajes para la producción en serie de piezas de chapa mediante deformación plástica en frío.

Cuenta para ello con una pequeña oficina técnica de 60 m<sup>2</sup> y un taller de 500 m<sup>2</sup>. El equipo humano se compone de un total de (9) trabajadores repartidos de la siguiente forma. Operarios de maquinaria para mecanización (5), 3 personas en oficina, repartidos entre administrativos (1) y técnicos (2), montador ajustador (1).

Una vez descrito el marco en el que se realizara el proyecto, paso a definir de forma introductoria las bases generales del mismo, hay que tener en cuenta que el proyecto únicamente se centra en las consideraciones técnico-teóricas, de diseño y fabricación necesarias para poder finalizar con éxito la producción de un determinado soporte mediante el diseño y fabricación de un troquel de complejidad media, en este caso en concreto, el utillaje a desarrollar corresponde con la demanda del cliente de una nueva referencia de pastilla de freno que acaba de salir al mercado.

Hay que destacar que en ningún momento se pretende hacer un proyecto de fabricación a nivel empresarial en todas sus ramas, por dos razones principales:

- No es mi labor dentro de la empresa y este proyecto trata de ceñirse lo máximo al objetivo que me demanda la empresa.
- No sería un proyecto indicado debido a la gran extensión que sería necesaria para poder profundizar de la misma manera que se hará al enfocarlo únicamente en el tema de diseño y fabricación. Este proyecto ya es lo suficientemente extenso.

Aun así, en un posterior apartado de conclusiones y trabajos futuros, se hace referencia a aspectos de interés con los que se podría ampliar este trabajo, como son: análisis de tiempos y costes, vida útil de matriz, macho y punzones....control de la calidad, posibles mejoras, etc.



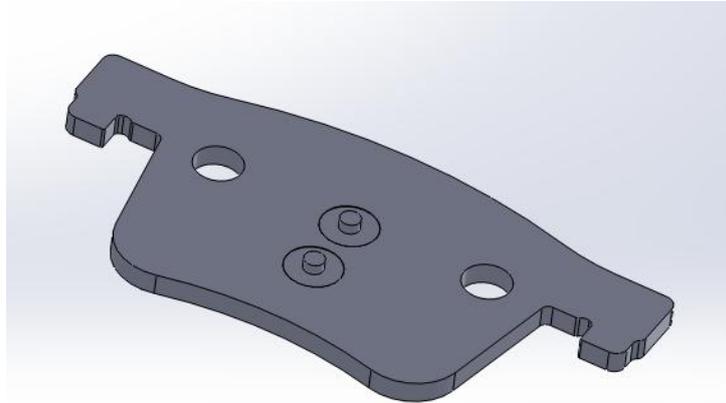


Figura 1.2. Pieza a fabricar.

El proceso más indicado de fabricación, basándonos en estas características propias de la pieza y en las unidades anuales, será el conformado en frío mediante un troquel compuesto animado por prensa hidráulica de simple efecto. Para ello a partir de la geometría de la pieza que se desea obtener se diseñan y fabrican los utillajes, matrices y demás elementos para su fabricación.

Se emplearan F.E.M para el diseño de los utillajes. De esta forma se reducirán los tiempos de diseño, fabricación y puesta en marcha de los mismos. Además empleando la metodología F.E.M en el diseño se reducirán las pruebas de matrices necesarias para la puesta en marcha.

Se intentará a través de los siguientes capítulos explicar todas las características de este tipo de sistema productivo, y se desarrollará un estudio completo de los aspectos más relevantes para conseguir las mejores soluciones de diseño.

## 1.3 ESTRUCTURA Y FASES DEL PROYECTO.

### 1.3.1 Estructura del proyecto

Estructuralmente el proyecto se compone de tres grandes bloques en los que se desglosa tanto las fases de trabajo en fabricación como las orientaciones teóricas y técnicas para comprender el diseño completo de un utillaje. Así pues constará:

- Bloque teórico con las características de este tipo de sistemas de fabricación.
- Bloque de diseño y desarrollo de la herramienta específica para la consecución de la pieza a que referencia el proyecto.
- Bloque de desarrollo de las especificaciones de fabricación del utillaje. Incluye características y sistemas de fabricación del mismo.

### 1.3.2 Fases de trabajo.

- **Análisis de la pieza a obtener (Valoraciones previas):** Se realiza directamente del prototipo de la pieza, o basándose en los planos de la misma, consiste en obtener datos técnicos básicos para el posterior diseño del utillaje, así pues, teniendo en cuenta factores como el tipo de material, las tolerancias utilizadas o si la pieza lleva, o no, algún tratamiento superficial, se obtendrá el desarrollo de la misma y las fuerzas necesarias para los punzonados y troquelados.

- **Realización teórica del prototipo del utillaje (Anteproyecto):** Teniendo en cuenta todo lo anterior, se realizará un primer diseño y programación del utillaje, para esta fase es muy importante conocer los requerimientos del cliente como son: tiempo de entrega previsto, calidad del utillaje y calidad final de la pieza.

Valorando todo lo anterior se elegirá el diseño que mejor se adapte a los requisitos.

- **Dimensionado del utillaje (Proyecto):** como su nombre indica consiste en definir tanto las dimensiones como los parámetros finales de cada parte y componente del utillaje; esta fase es la más característica de mi labor dentro de la empresa, y en ella es donde se debe aplicar todas los requerimientos de diseño que se han explicado en la parte teórica. Durante este proceso se ha de intentar en todo momento adaptarse a los productos ofertados en los catálogos

de los proveedores para evitar medidas especiales que pudieran incrementar el precio y aumentar la carga de trabajo.

- **Despiece detallado y lista de materiales:** Debido a que el diseño se realiza basado en el conjunto, es necesario tanto un despiece detallado de todas las partes que lo forman como una lista de componentes, esto facilita el proceso de fabricación y es necesario para realizar el pedido de materias primas y elementos normalizados. En los despieces se ha de detallar todas las cotas necesarias junto con sus tolerancias, y todos los parámetros de construcción que se consideren importantes, como soldaduras, roscados, etc. En caso de usar herramientas de C.N.C. el despiece implica la realización de los programas CAM. También hay que especificar el tipo de material y sus posibles tratamientos. En cuanto a la lista de componentes es imprescindible adjuntar: marca, referencia y cantidad. Esta fase hay que entenderla como la parte final del desarrollo teórico y la que da paso a todo el proceso constructivo, por lo tanto hay que poner especial atención e intentar asegurar la correcta consecución de los pasos, de lo contrario podría suponer retrasos y gastos.

- **Seguimiento:** La realización de cualquier proyecto de utillaje posee además una serie de fases en relación al proceso constructivo, el orden adecuado es el siguiente:

1. Recepción de materias primas
2. Desbaste de materiales
3. Mecanizados convencionales
4. Mecanizado C.N.C.
5. Tratamientos térmicos
6. Corte por hilo, electroerosión.
7. Rectificados
8. Ajustes
9. Montaje
10. Pruebas
10. Homologación

Esto implica la necesidad de realizar un seguimiento de todos estos procesos a fin de garantizar su correcto funcionamiento y poder corregir fallos rápidamente en el caso de que aparecieran. Debido a que en la técnica de conformado de materiales intervienen factores difíciles de predecir es necesario revisar los primeros resultados que se obtienen normalmente realizando pruebas (F.E.M). Los fallos más comunes en utillaje suelen deberse a estiramientos y recuperaciones del material que no son previstos, juegos entre componentes, aparición de grietas y defectos de material, etc.

A continuación se expone en la figura 1.3 de forma esquemática el diagrama de fases de diseño y fabricación:

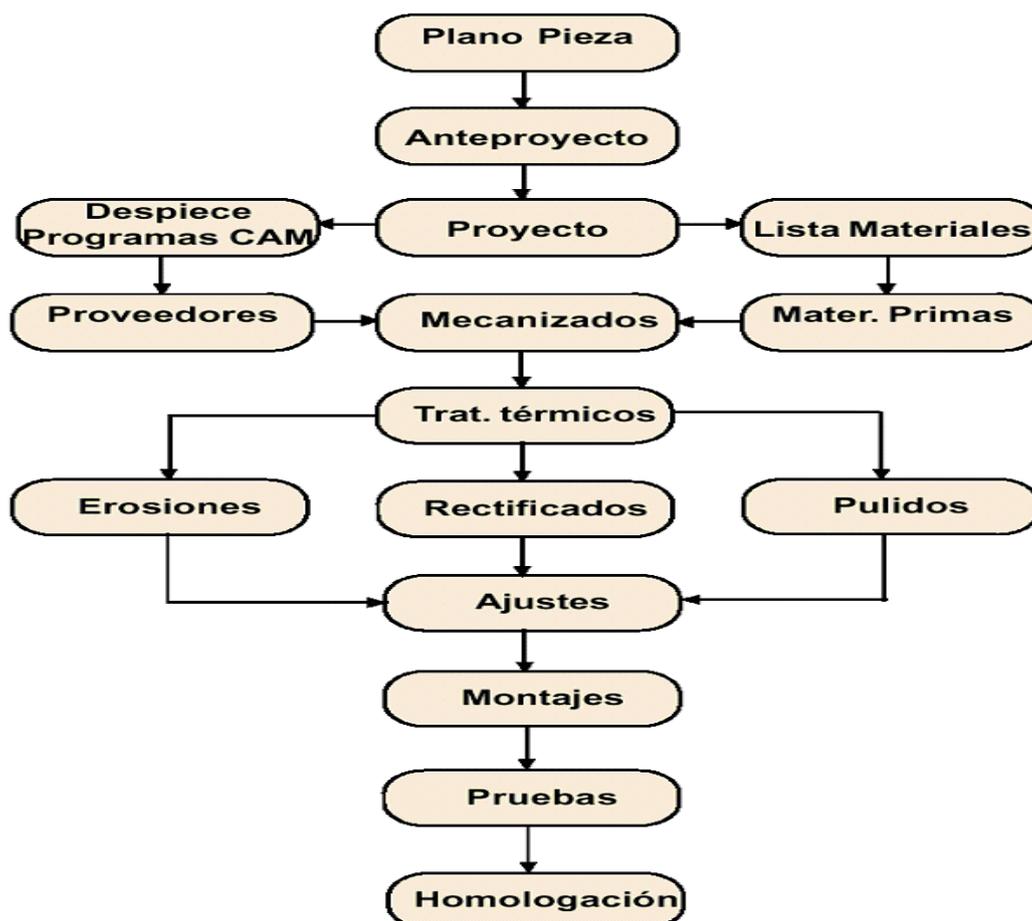


Figura 1.3. Esquema de fases.

## 2 FABRICACIÓN DE PIEZAS MEDIANTE DEFORMACIÓN PLASTICA. UTILLAJES.

Para entender las fases de proyecto conviene realizar previamente un estudio de los diferentes tipos de conformado en frío así como una introducción teórica explicando los aspectos más importantes a tener en cuenta en el diseño de un utillaje.

### 2.1 ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE CONFORMACION EN FRIO.

Dentro del proceso de Conformado en Frío existen varios tipos de subprocesos (Estampación, Troquelado, Punzonado, Plegado, Embutido, etc.), son operaciones empleados todas ellas para la transformar y modelar materiales. Haciendo un estudio de la pieza a obtener deducimos los más óptimos para conformar la chapa con los mejores resultados. A continuación realizamos una breve explicación de los dos utilizados en nuestro diseño. [1]

1. **EMBUTICIÓN:** El proceso de embutición es un proceso tecnológico de conformado plástico que consiste en la obtención de piezas huecas con forma de recipiente a partir de chapas metálicas. Este proceso permite obtener piezas de formas muy diversas y es una técnica de gran aplicación en todos los campos de la industria. En la embutición de una pieza se parte de una porción de chapa que descansa sobre la matriz, mientras el pisador la mantiene sobre esta y el punzón ejerce la presión necesaria para conformar la pieza provocando la fluencia del material a través de la cavidad abierta en la matriz. La pieza va a conformarse en función de la forma de la abertura de la matriz y la forma del punzón, mientras que el pisador va a evitar el pandeo del material al tratarse de formas generalmente no desarrollables.

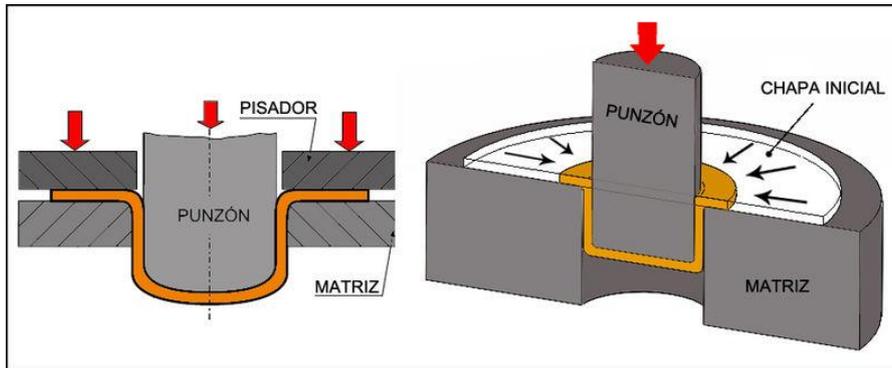


Figura 2.1. Proceso de embutición.

**2. TROQUELADO-PUNZONADO :** operación mecánica que se utiliza para realizar agujeros en chapas de metal, láminas de plástico, papel o cartón. Para realizar esta tarea, se utilizan desde simples mecanismos de accionamiento manual hasta sofisticadas prensas mecánicas de gran potencia. Uno de los mecanismos de troquelado más simples y sencillos que existen puede ser el que utilizan los niños escolares para hacer agujeros en las hojas de papel para insertarlas en las carpetas de anillas. Los parámetros que se tienen en cuenta en el troquelado son la forma y los materiales del punzón y la matriz, la velocidad y la fuerza de punzonado, la lubricación, el espesor del material y la holgura o luz entre el punzón y la matriz. La determinación de la luz influirá en la forma y la calidad del borde cortado. Entre mayor holgura exista, el borde cortado será más burdo y provocará una zona más grande de deformación en la que el endurecimiento será mayor.

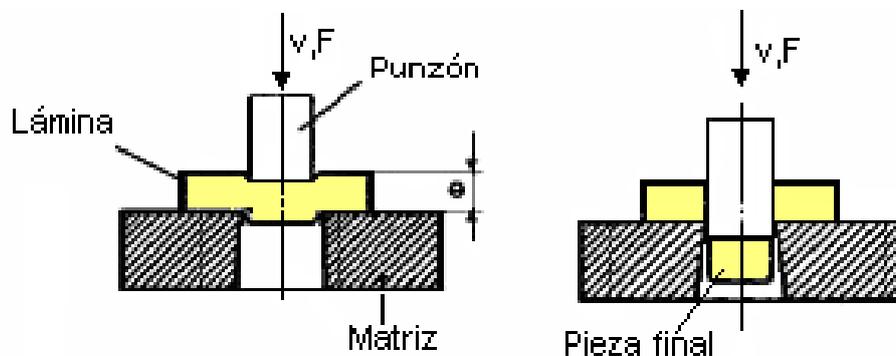


Figura 2.2. Proceso de Troquelado.

## 2.2 DEFINICION UTILLAJE.

Se entiende por utillaje o troquel al conjunto de útiles, herramientas, maquinaria, implementos e instrumental que en asociación con la maquinaria adecuada sea capaz de obtener una pieza concreta, existen muchos tipos y campos de aplicación pero en este caso el proyecto se centra en el de utillaje progresivo para producción con prensas. Este tipo de herramienta se caracteriza por una gran robustez y fiabilidad, siendo muy eficaz para grandes producciones, además asociado a una prensa hidráulica se consigue una gran velocidad de trabajo y un amplio abanico de fuerzas. El correcto funcionamiento del utillaje está ampliamente relacionado con el diseño de sus elementos. En las siguientes figuras se exponen dos ejemplos de utillajes progresivos de conformado de chapa. [4]



Figura 2.3 Ejemplo utillaje.



Figura 2.4. Ejemplo utillaje.

Todos los elementos constructivos que se pueden observar en las figuras 2.3 y 2.4 cumplen una misión concreta y específica dentro del conjunto general destinado únicamente a realizar el trabajo para el que ha sido diseñado.

Las materiales empleados para estos elementos, así como los tratamientos térmicos, construcción y acabados son aspectos muy importantes a tener en cuenta que deben tratarse con atención si de verdad se desea obtener los mejores resultados a lo largo de la vida del útil. También hay que dedicar una atención especial a los distintos elementos normalizados que con más frecuencia se utilizan en la construcción de los utillajes.

A continuación, en los siguientes apartados dentro del capítulo se tratarán aquellos componentes que de una u otra forma están presentes en casi todos los utillajes, independientemente de su tamaño, por ejemplo: Bases inferior y superior, Placa matriz, Placa porta punzones, Macho de corte, Expulsor de

macho y matriz, Punzones, Buterolas, Reglas guía, Sufrideras, Adiprenes, etc. Así mismo, también se analizan los distintos tipos de materiales con que se construyen y los tratamientos térmicos más apropiados.

En cuanto a otros aspectos técnicos más concretos a cada utillaje en particular, como son las tolerancias de ajuste y acabado que deben tener se definirán más adelante en el capítulo de definición del proceso de fabricación.

Todo este conjunto de factores de diseño, aplicado de forma adecuada permitirá construir utillajes de calidad que proporcionen un rendimiento adecuado y acorde a las especificaciones que demanda el cliente. Así pues, los objetivos prioritarios de todos los componentes del utillaje o troquel son tres:

1. Hacer que su funcionamiento sea correcto
2. Que la durabilidad sea adecuada
3. Que las piezas fabricadas sean de calidad

Para que se cumplan hay que tener en cuenta:

1. Buen diseño de los componentes
2. Buena construcción.
3. Buenos materiales de construcción.
4. Buenos tratamientos térmicos (Fundamental).
5. Buen mantenimiento.

A continuación se especifican las características más importantes de los componentes de un utillaje y los diferentes parámetros característicos para su diseño.

## 2.3 COMPONENTES.

Todo utillaje o troquel cuenta con una serie de elementos constructivos que cumplen una misión específica dentro del conjunto general del trabajo para el cual han sido fabricados. Estos componentes, por sus características mecánicas deben estar cuidadosamente diseñados para lograr el objetivo de producir piezas sin ningún defecto. [13]

Desde los troqueles simples, hasta los más complejos (progresivos) todos tienen esencialmente algunos de los siguientes componentes, a continuación se describe las partes que de una u otra forma están presentes en casi todos los troqueles independientemente de su tamaño o complejidad.

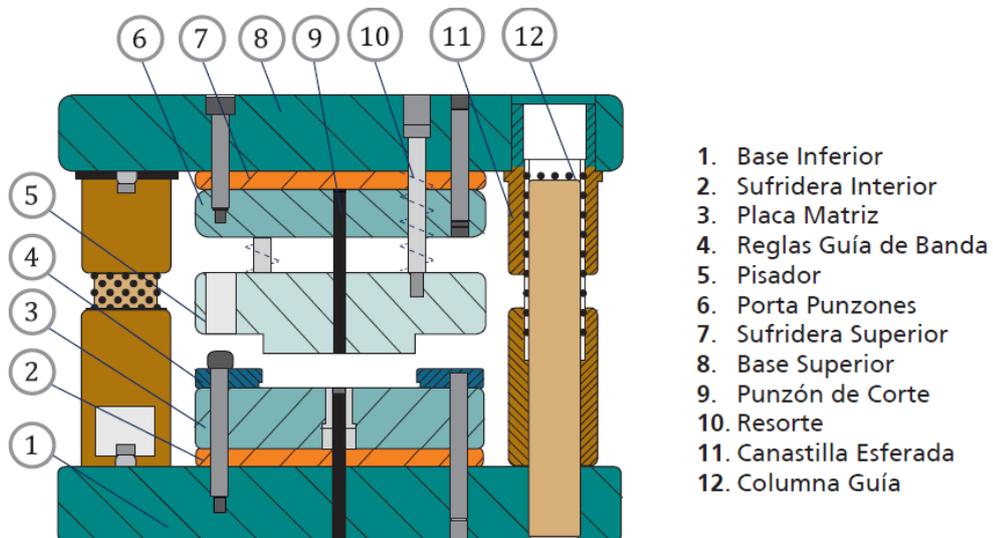


Figura 2.5 Partes básicas de un troquel

### 2.3.1 Armazón o base inferior.

Generalidades: El armazón o base inferior del utillaje es el elemento sobre el cual van montados todos los demás componentes, y a su vez, descansa sobre la bancada de la prensa durante la fase de trabajo. Para el resto del troquel, la base y los elementos que lleva montados hacen las funciones de apoyo, puesto que recibirán toda la fuerza de transformación que la prensa aplique sobre ella. Sobre la base inferior se montan las columnas guía que sirven como referencia de centraje entre la parte superior e inferior, (parte móvil / parte fija). Así mismo, dicha base tiene la misión de absorber y neutralizar todas las fuerzas que inciden sobre su superficie durante la transformación. La base inferior igual

que la superior, han de ir fuertemente fijadas a la prensa utilizando tornillos o bridas, ambas placas han de quedar alineadas y centradas entre sí por medio de dichas columnas de centraje.

Algunos de los elementos que aloja la base inferior son: placa porta matrices o segmentos de cortar, doblar o embutir, reglas guías, sufridera inferior, topes de avances, columnas guía, pernos, etc.

**Mecanizado:** Como en la mayoría de casos, el mecanizado del armazón o base inferior se realiza partiendo de fundición o material en bruto que posteriormente se mecaniza hasta dejarlo a las medidas indicadas en el plano. En otros muchos casos también se puede optar por la compra de armazones normalizados que se adapten a nuestras necesidades.

**Dimensiones:** En general, el dimensionado de la base inferior conviene que sea bastante generoso, puesto que ha de resistir fuertes impactos y estará sometida a esfuerzos de todo tipo.

**Materiales de construcción:** Para la fabricación, tanto de la base superior como la inferior, se usan placas de hierro de fundición o hierro maleable del tipo A.-36, o también placas de acero al carbono de mediana resistencia como el SAE/AISI: 1045, o sus equivalencias en las diferentes marcas. Materiales son tratados térmicamente por temple convencional y tienen una dureza superficial de 55-58 RockwellC (HRC).

### **2.3.2 Base Superior.**

**Generalidades:** El Armazón o base superior tiene la misión de aglutinar en su superficie todas las placas y elementos que sujetan y montan los punzones que lleva el troquel, además la base superior, va sujeta al carro superior de la prensa que la inmoviliza y fija durante todo el proceso de trabajo. La base superior recibe directamente todo el movimiento de la prensa para que esta lo transmita a la matriz, los punzones y estos transformen la chapa.

**Forma y dimensiones:** En general, las medidas exteriores de la base superior acostumbran a ser las mismas de la base inferior. En utillajes de pequeño y mediano tamaño casi siempre se tiende a normalizar sus medidas con la finalidad de facilitar su construcción. A continuación se adjunta una imagen en la que se aprecia tanto la base inferior como la superior, y una ilustración que esquematiza la disposición de ambas en el utillaje.



Figura 2.6

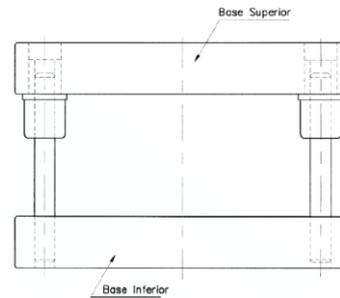


Figura 2.7.

Figura 2.6: Utillaje abierto en el que se pueden distinguir las bases y los elementos de guiado.  
Figura 2.7: Esquema grafico de las base de un utillaje.

**Mecanizado:** Como en la mayoría de casos, el mecanizado del armazón o base superior se realiza partiendo de material en bruto (fundición o acero) con un excedente de 5mm aproximadamente en todas sus caras. En otros muchos casos también se puede recurrir a la compra de armazones normalizados de fundición o acero que se adapten a las medidas de nuestras necesidades. En éste último caso, el suministro se realiza como una sola unidad con las columnas y casquillos guía ya montados.

**Materiales:** Para la fabricación, tanto de la base superior como la inferior, se usan placas de hierro de fundición o hierro maleable del tipo A.-36, o también placas de acero al carbono de mediana resistencia como el SAE/AISI: 1045, o sus equivalencias en las diferentes marcas. Materiales son tratados térmicamente por temple convencional y tienen una dureza superficial de 55-58 Rockwell C (HRc).

### 2.3.3 Sufridera o Placa de Choque.

**Generalidades:** La función básica de la placa de choque o sufridera consiste en absorber sobre su superficie los sucesivos impactos que recibe de los elementos que golpean sobre ella. Estos impactos se producen cada vez que la matriz o los punzones cortan o doblan la chapa. Cuando la matriz o el punzón impactan contra la chapa, la resistencia que opone el material es transmitida a la superficie de la placa sobre la que se apoya. El requisito imprescindible en todas las placas sufrideras es que estas estén construidas con un material lo más tenaz posible o bien que estén templadas para resistir los impactos mencionados., también es muy importante que tengan una superficie generosamente mayor que los punzones o casquillos sobre los que descansan. En el caso de sufrideras de muy pequeño tamaño, los punzones o casquillos se clavan sobre estas y a su vez sobre las bases. Este fenómeno se puede agudizar siempre que se disponga de punzones o casquillos de cabeza

pequeña y estos estén sometidos a fuertes impactos por razones de corte, doblado u otras transformaciones.

Mecanizado: Aparte de las necesarias tolerancias dimensionales, tanto de longitud como de anchura o espesor, se debe poner especial atención en conseguir un máximo paralelismo entre las dos caras de trabajo para evitar que se produzca una falta de asiento de los elementos que se apoyan sobre la sufridera. Como en la mayoría de casos, el mecanizado de las placas sufrideras se realiza partiendo de material en bruto el cual llega con un excedente de unos 5mm aproximadamente.

Forma y dimensiones: Las formas y dimensiones exteriores de las placas sufrideras dependerán del tamaño de los segmentos o casquillos que descansen sobre ella, en casi todos los casos se dimensionan del mismo tamaño que la placa porta matrices. Los espesores por contra, pueden ir de 8 a 18mm dependiendo del tamaño de la matriz y de los esfuerzos que deban soportar.

También se debe tener en cuenta, que la placa sufridera puede y debe ser segmentada en pequeñas partes, siempre que su tamaño pueda representar dificultades de mecanizado o deformaciones elevadas en el tratamiento térmico.

Materiales: Para la construcción de las placas de choque se emplean materiales que admitan el temple y que conserven asimismo tenacidad y cohesión en el núcleo. Un material adecuado y muy empleado es el acero al carbono del tipo F522 y el F114 (equivalencia AISI 1045) debidamente templados a una dureza de HRc. 54-58.

Algunos matriceros optan por la elección de un acero indeformable de 100 a 120 [kg·mm<sup>2</sup>] para evitar el tratamiento térmico y el rectificado posterior de la placa.

Los tratamientos son:

- a. F-114 (Bonificado): Para tamaños grandes.
- b. F-522 (Temp. y Revenido HRc.56- 58): Para tamaños pequeños.
- c. F-524 (Temp. y Revenido HRc.56- 58): Para tamaños medianos.

Considerando que las sufrideras del tipo “a” son de tamaño grande, es aconsejable que el tratamiento térmico a baja dureza, se realice antes del mecanizado para evitar las deformaciones posteriores al temple y el necesario rectificado. En la imagen siguiente se ilustra un utillaje de forma esquemática y se señala la ubicación de la sufridera en el conjunto.

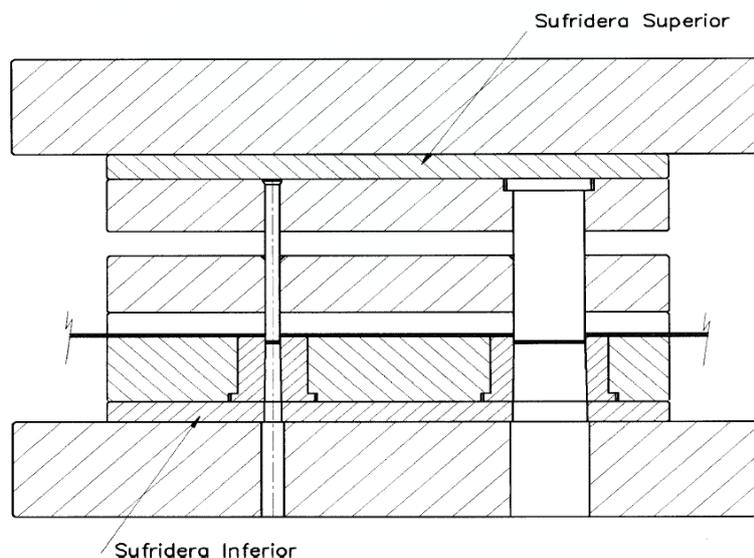


Figura 2.8. Esquema de situación de sufrideras en un utillaje.

### 2.3.4 Reglas Guías de Banda.

**Generalidades:** Las reglas guías de banda son uno de los componentes más característicos de las matrices progresivas. Se construyen con el fin de guiar longitudinal y transversalmente la tira de chapa en su desplazamiento por el interior de la matriz. Sus características de acabado no acostumbra a ser de gran dificultad, si bien la separación entre las dos reglas una vez montadas deberá permitir el avance de la banda, para lo cual, dicha separación siempre será superior a la anchura en  $+0.5\text{mm}$  aproximadamente; esta holgura o tolerancia se deja con el fin de que la banda no quede frenada en su interior debido a posibles curvaturas, rebabas u otras deficiencias que pueda tener. En general la tolerancia a la que se refiere el texto con anterioridad acostumbra a ser de entre  $0.5$  y  $1\text{mm}$  dependiendo de las características de la matriz, del tipo de material, de su anchura, de su espesor, etc. El tratamiento térmico más adecuado (templado y revenido o nitrurado) es aquel que impide un desgaste prematuro de sus paredes que pueda dificultar en buen deslizamiento de la banda por su interior.

En reglas de pequeño y mediano tamaño es suficiente con hacer un tratamiento térmico de Templado y Revenido en toda la pieza, sin embargo, en reglas de mayor tamaño se puede realizar un tratamiento termoquímico (bonificado, sulfinado o nitrurado) que endurece la superficie exterior de la pieza sin perder su ductilidad o tenacidad en el núcleo.

**Forma y dimensiones de las reglas:** En lo que hace referencia a las reglas guía es posible disponer de una gran variedad de formas y dimensiones dependiendo de sus tamaños y de las características de la matriz.

**Materiales:** Los materiales más adecuados para su construcción son:

- a. F- 114 (Nitrurado Templado y Revenido HRc.48-50) para reglas de tamaño grande.
- b. F- 522 (Templado y Revenido HRc.54-56) para reglas de tamaño pequeño.

Considerando que las reglas de guiado del tipo a sean de tamaño grande y espesores pequeños, es aconsejable que el tratamiento termoquímico se realice a baja dureza y antes del mecanizado, de esta forma se podrán evitar las deformaciones y el necesario rectificado posterior. En otros casos, también es aconsejable utilizar otros materiales de nitruración o cementación como por ejemplo el F171 y F174 ó el F151 y F152 respectivamente. Con cualquiera de ellos se obtienen durezas superficiales iguales a las del temple pero permitiendo que el núcleo permanezca a la dureza de recocido, de esta forma se minimizan las posibles deformaciones del tratamiento térmico y no se pierde resistencia superficial al desgaste.

### **2.3.5 Porta-punzones.**

**Generalidades:** La finalidad de la placa porta punzones es la de alojar y fijar en su interior todos los punzones que lleve la matriz. La fijación y posicionamiento del porta-punzones a la base superior se hace por medio de tornillos y pasadores, teniendo especial cuidado en guardar un total paralelismo y perpendicularidad entre los punzones y sus respectivos alojamientos en la placa guía.

La cantidad y diámetro de los tornillos con que se sujeta la placa depende de las dimensiones de la misma y de las fuerzas de extracción a que este sometida durante el conformado. Se puede decir, que el buen sentido común y la experiencia del proyectista es el que determinará la cantidad de tornillos y pasadores a colocar. En el amarre de esta placa es muy utilizada la fijación superior, es decir, cuando los tornillos van de arriba hacia abajo, roscados a la propia placa porta punzones, de esta manera cuando se desee desmontar la placa se tendrá mayor facilidad de maniobra.

Para matrices de gran tamaño, no es aconsejable utilizar un solo porta-punzones de grandes dimensiones sino varios de menor tamaño que facilitarán su construcción y mantenimiento.

**Formas y dimensiones:** En principio, se puede decir que el porta punzones no tiene unas medidas estándar en las que ser construido. Sus medidas dependen de la cantidad y tamaño de punzones que deba alojar y en general sus medidas exteriores acostumbran a ser las mismas de la placa matriz y la placa pisadora. Su espesor puede oscilar entre un 20 y un 30% de la longitud de los punzones aunque se suele utilizar la siguiente formula, también de indican a continuación otros parámetros de interés.

**Materiales:** El material empleado para la construcción de los porta punzones es el acero suave al carbono. Cuando se desee que los punzones vayan ajustados con apriete y en consecuencia con exactitud y rigidez, nos interesa más construirla en acero de más resistencia y tenacidad, tal como el acero semi-duro. Pese a la gran exactitud que han de tener los vaciados donde se han de alojar los punzones, así como un buen control geométrico y dimensional, el porta punzones nunca se somete a tratamiento térmico de temple y revenido, pues, en ningún caso ha de soportar desgaste por rozamiento o fatiga.

Los materiales más adecuados son:

- F- 114 Para placas de tamaño pequeño
- F- 112 Para placas de tamaño mediano
- F- 111 Para placas de tamaño grande.

En la imagen siguiente se puede observar la disposición dentro del conjunto del utillaje de la placa porta-punzones y los punzones que aloja.

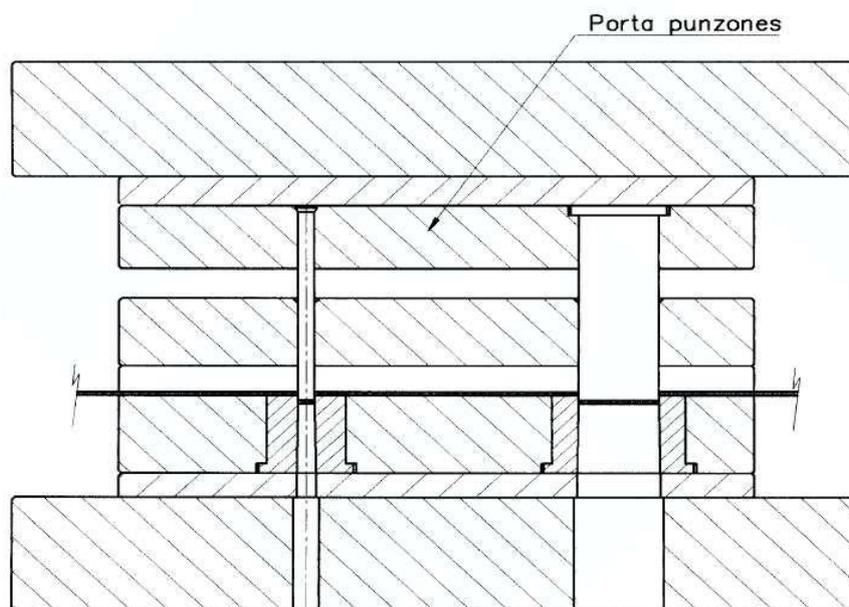


Figura 2.9. Esquema de situación de la placa porta-punzones en el utillaje.

### 2.3.6 Placa Pisador- Expulsor.

**Generalidades:** La placa pisadora ejerce tres funciones muy importantes; La primera, guiar los punzones-macho, la segunda, pisar la banda y la tercera, extraer la los punzones-macho de la banda después de cortar. Con estas tres premisas mencionadas se evita el pandeo de los punzones, las ondulaciones de la banda y la extracción de esta de los punzones y macho. Una vez cortada

la chapa, la misión del pisador-expulsor es mantenerla plana hasta que los punzones hayan salido de ella, de lo contrario, los punzones la arrastrarán hacia arriba y quedará sujeta a ellos, con el riesgo de rotura que ello comporta.

El proceso de funcionamiento de la placa pisador es el siguiente: durante el movimiento descendente de la prensa, la placa presiona sobre la chapa dejándola inmóvil antes de que los punzones lleguen a tocarla. Seguidamente, los muelles que van montados sobre su superficie son comprimidos, mientras los punzones inciden sobre ella y la transforman, a continuación la prensa asciende y los muelles recuperan su longitud. Sólo en casos concretos (con punzones de perfil muy reforzado), el pisador no se hace como elemento de guiado de los punzones y se deja que sea el mismo portapunzones el que lleve ajustado el perfil de los punzones. Para éstos casos, los alojamientos de los punzones en el pisador se dejan con una holgura de entre  $0.2$  y  $0.4\text{mm}$ , con lo cual, los punzones no quedarán guiados por la placa pero sí que ejercerá como extractora de la chapa. Este sistema nunca debe ser utilizado con chapas de espesores menores de  $0.5\text{ mm}$  puesto que existe el riesgo de que la misma se introduzca en la propia holgura y en consecuencia deforme la pieza o llegue a romper los punzones.

En matrices con producciones elevadas, es aconsejable que la zona del pisador en contacto con la chapa se haga con un postizo templado, de manera que no llegue a marcarse.

Esta placa del pisador debe reunir una serie de características importantes tanto en funcionamiento como en construcción:

- Buen guiado de los punzones.
- Correcto pisado de la banda anterior a su transformación.
- Suficiente fuerza de sus muelles (equivale al 5% aprox. de la de corte).

Véase esquema de disposición de la placa guía en la figura 2.10.

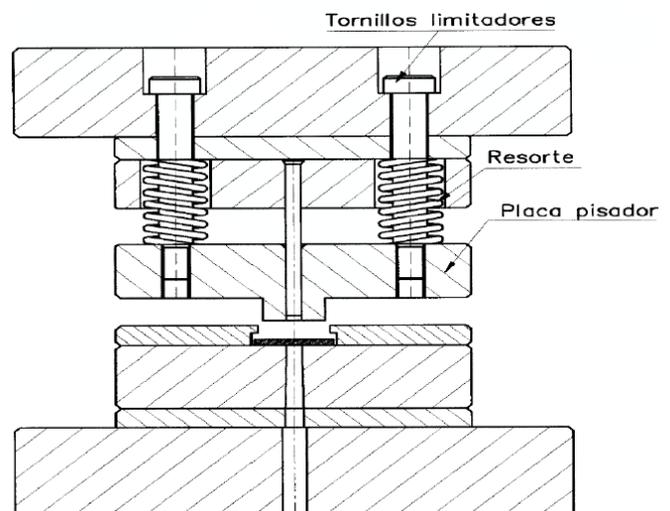


Figura 2.10. Esquema de ubicación de la placa pisa.

**Dimensiones:** Existen variadas formas sobre la construcción de las placas pisadoras, puesto que estos elementos no tienen una normativa de carácter universal capaz de ser válida para todo tipo de matriz. Cada situación requiere su propia valoración y en función de ello se ha de diseñar y dimensionar la placa.

**Materiales:** Materiales más aconsejables para su construcción:

- a. F- 114 o F- 522: Para placas de tamaño pequeño.
- b. F-114 o F-112: Para placas de tamaño mediano.
- c. F-112 o Fundición: Para placas de tamaño grande.

### **2.3.7 Placa Porta-Macho o Cajera.**

**Misión:** La placa porta-macho o cajera tiene por misión alojar y posicionar en su interior todos los postizos o segmentos de pequeñas dimensiones que lleve el propio macho, de esta manera dichos componentes quedarán ajustados en su interior. Con ello se pretende conseguir un macho donde los elementos sujetos a desgaste o roturas sean de un tamaño reducido y fácil de sustituir, al mismo tiempo se pueden construir con un material o tratamiento más adecuado de acuerdo a su aplicación.

Se entiende por tanto, que dicha placa porta-matrices, no necesitará de un tratamiento térmico puesto que no estará sujeta a contacto directo entre los punzones y la chapa.

El proceso de trabajo de la placa porta-macho o cajera se reduce a alojar en su interior todos los segmentos o postizos del macho, todos ellos deberán estar sujetos y posicionados adecuadamente de forma que no puedan moverse o desplazarse en ningún caso.

Sólo en casos muy concretos de poca producción, la placa porta macho se convertirá directamente en macho para que después de un tratamiento térmico adecuado pueda ser utilizada para realizar directamente sobre su superficie las transformaciones que sean necesarias. Para éstos casos, los perfiles de corte deberán llevar las tolerancias adecuadas según la resistencia y el espesor de material. Este sistema es ciertamente arriesgado puesto que en caso de rotura es obligatorio sustituir o cambiar toda la placa.

En machos con elevadas producciones siempre es preferible que sean zonas independientes, evitando de esta forma el riesgo de roturas que afecten a la totalidad del macho.

**Forma y dimensiones de las cajeras:** Las medidas de anchura y longitud de una placa porta-macho van en función de las magnitudes y separaciones de las figuras que lleve. Como norma orientativa se puede decir que la separación mínima desde el rebaje de la cajera hasta cualquiera de sus caras externas será de 2 veces aproximadamente su propio espesor. La medida del espesor también depende del tamaño del macho y de los esfuerzos que deba aguantar. Para placas de machos cortadores es conveniente dimensionarlas ligeramente mayores que las de doblado o embuticiones.

### 2.3.8 Matrices cortantes.

Para el diseño de las matrices se suele elegir la utilización de varias de pequeño tamaño dimensionadas para aguantar las tensiones a las que se someterá, esto facilita el mantenimiento en caso de rotura, además en matrices de corte las paredes verticales de han de llevar unas descargas o ensanchamiento en sus medidas que permitan la caída de los retales una vez que estos hayan descendido unos pocos milímetros. [4]

Estas paredes verticales a las que se hace referencia (vida de matriz) acostumbran a tener unas medidas de entre  $4mm$  y  $8mm$ . La medida menor se utiliza en matrices pequeñas con poca producción y la mayor en matrices grandes con mayor producción.

Existen varias formas de realizar las descargas partiendo de los ejemplos que se ven a continuación: el primer caso se ve en el dibujo de la derecha, figura 2.11, que muestra matriz cortante con unas paredes verticales seguidas de un ensanchamiento de unos  $0.5 mm$  en todo su perímetro de corte. Para el mecanizado de estas formas es necesario el empleo de maquinas de electro-erosión excepto si son cilíndricas que se pueden hacer en el torno.

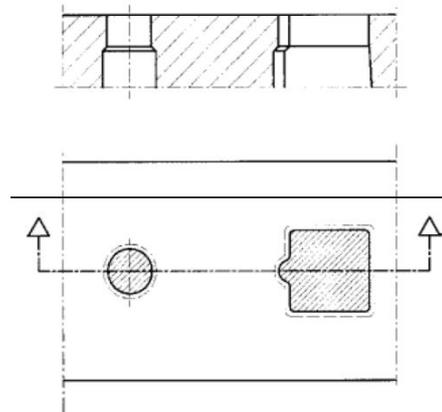


Figura 2.11. Detalle de la zona de descarga en una matriz.

La segunda opción de realizar la descarga o ensanchamiento en la matriz se puede observar en la siguiente imagen, figura 2.12. Para este caso la cota  $H$  o vida de matriz guardará las mismas medidas comentadas anteriormente pero la descarga se mecaniza de forma inclinada ( $0^{\circ}$ - $30^{\circ}$ ) desde el final de la zona vertical hasta la parte inferior de la propia placa matriz.

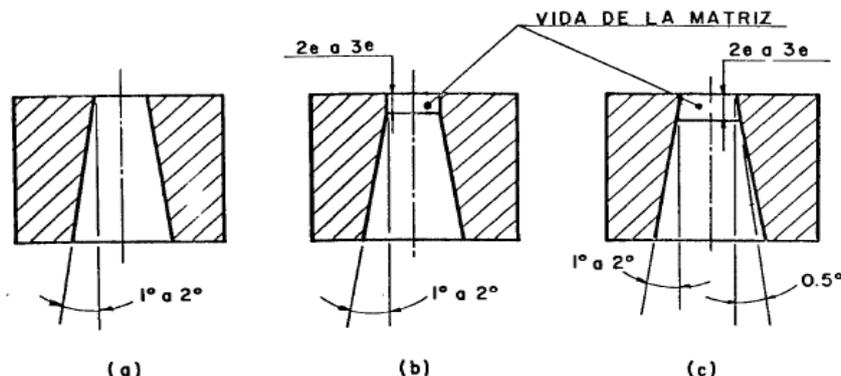


Figura 2.12. Detalle de la sección de la vida de una matriz y ángulos de escape.

En este caso, la mecanización del ensanchamiento o descarga se puede realizar por medio de erosión de hilo o penetración, o bien, al torno si es cilíndrica. Este sistema de descarga presenta la ventaja de que si se hace con erosión de hilo no habrá que hacer electrodos y será más económica que la observada anteriormente.

Materiales: Materiales de construcción:

- a. F-112 Para placas de tamaño grande
- b. F-114 Para placas de tamaño mediano
- c. F-522 Para placas de tamaño pequeño

En cualquiera de los ejemplos anteriores siempre habrá que considerar otros factores, como por ejemplo:

1. Matriz de mucha o poca producción
2. Vida total de la matriz
3. Matriz pequeña o grande
4. Matriz simétrica (ambas caras iguales)

Materiales para matrices o placas matrices hechas para cortar directamente sobre su superficie:

- a. F- 522 Templado y Revenido HRc. 60-62, matrices de poca producción
- b. F- 521 Templado y Revenido HRc. 60-62, matrices de mediana producción
- c. Templado y Revenido HRc. 62-64, matrices de alta producción
- d. Widia Matrices de gran producción

### **2.3.9 Punzones.**

Los punzones tienen por objeto realizar las máximas transformaciones (cortar, doblar, embutir,.....), a fin de obtener piezas con una calidad acorde a las medidas indicadas en el plano. Se habla de punzones y no de punzón, porque en general la mayoría de matrices llevan montados en su interior un gran número de ellos que pueden ser iguales o totalmente diferentes. Por esta razón se hará una pequeña distinción entre cada uno de diferentes tipos que pueden construirse para cada matriz.

En general, hay una serie de especificaciones o características que son comunes para todos los tipos y que deben respetarse escrupulosamente si se quiere obtener el máximo rendimiento de la matriz. Siempre será necesario que estén rectificadas en su totalidad y sin marcas que puedan dificultar su trabajo

(gripajes). También requerirán de un tratamiento térmico adecuado para darle una mayor resistencia al desgaste y durabilidad.

La altura total de los punzones puede variar entre cada tipo según sean las características generales de la matriz y de las transformaciones que realicen, en líneas generales las alturas están comprendidas entre 60 y 100mm. Las características de su construcción siempre deben estar basadas en facilitar el mecanizado y reducir los tiempos de mantenimiento. Uno de los mejores sistemas para lograr estos objetivos, consiste en montar punzones de cambio rápido (véase figura 2.13), que puedan ser sustituidos en un tiempo muy reducido sin necesidad de desmontar la matriz de la máquina. [4]

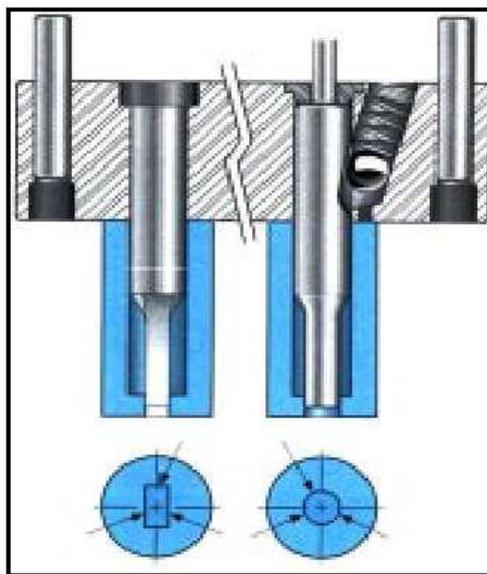


Figura 2.13. Ejemplo de punzones de cambio rápido.

Las principales características que deben reunir todo tipo de punzones son:

- a. Materiales y tratamientos adecuados a cada transformación.
- b. Buena resistencia al desgaste.
- c. Facilidad de construcción y mantenimiento.
- d. Precisión de medidas.
- e. Buenos acabados superficiales.

En general los punzones son pequeñas herramientas de formas sencillas que sirven para agujerear, cizallar, cortar, doblar o embutir las chapas. Por éste motivo su diseño y construcción tendrán que reunir las mejores condiciones de calidad y acabados para facilitar las transformaciones y la propia vida de la matriz.

El punzón o punzones de cualquier matriz son los elementos más característicos de todos los troqueles, otro de los más importantes son la matriz

o matrices de dar forma, todos ellos, son los encargados de las transformaciones y de dar las formas a las piezas que se matrizan.

El perfil de los punzones cortantes que lleva la matriz siempre serán igual a la geometría de las piezas que han de fabricar, pero tanto en estos como en los de doblar o embutir deberán dimensionarse de forma apropiada a las características de su trabajo.

Las características más importantes son:

- a. Buena sujeción y posicionamiento en la matriz
- b. Dimensionado acorde a las fuerzas a que está sometido
- c. Buenos materiales de construcción
- d. Adecuados tratamientos térmicos
- e. Buenos acabados

### **2.3.10 Varios.**

Para la construcción y funcionamiento de los troqueles se requiere de una gran variedad de componentes complementarios como, casquillos, sujetadores, tornillos de fijación, tornillos de apriete, guías, sistemas de amarre y bridas de sujeción, adiprenes, muelles, empujadores, centradores, entre otros. Todos ellos forman el complejo y efectivo sistema del troquelado.

### **3 DISEÑO DEL TROQUEL PARA LA FABRICACIÓN DEL SOPORTE METALICO DE UNA PASTILLA DE FRENO.**

#### **3.1 A TENER EN CUENTA**

El diseño, fabricación y ajuste de un troquel es un trabajo dispendioso y que implica gran desarrollo, son herramientas únicas, compuestas, muchas veces, por más de 200 piezas y cuyo costo puede llegar a los 500.000 €. Las empresas de fabricación en serie que quieran elegir el tipo de matriz más idónea para su producción, deberán hacer una serie de consideraciones y análisis previos, con la finalidad de seguir un orden de prioridades que confluyan en un diseño adecuado y una construcción precisa de la matriz.

Los troqueles deben tener una alta resistencia a la compresión y al desgaste, de modo que se deben utilizar aceros aleados con tratamiento de temple para fabricarlos. Sin embargo, la eficiencia de las herramientas de troquelar depende no solamente del material, sino también de la calidad superficial de éstas, las matrices nuevas tienen una duración notablemente mayor que aquellas re manufacturadas, que han sido pulidas y alisadas de nuevo después de haberse hecho rugosa su superficie. La calidad superficial de la pieza troquelada depende, en gran medida, del estado superficial de la herramienta, por lo tanto, las caras frontales del punzón y la matriz deben estar muy bien mecanizadas y sin rugosidades, de ser posible rectificadas y brillantadas, ya que incluso la menor desigualdad se reproducirá en la forma de la pieza troquelada. Además, las rayas, aunque el proceso de troquelado se realice correctamente, ocasionan un agotamiento prematuro de la capacidad de conformación de la herramienta, debido a que van formando pequeñas grietas superficiales en la matriz que, con el paso del trabajo, la hacen inutilizable.

De otro lado, la base principal para la duración de los troqueles es su adecuado uso y buen mantenimiento. El secreto para eliminar o reducir los posibles problemas a lo largo de la vida útil de las matrices, es tenerlos controlados e identificados. Generalmente los fabricantes de troqueles garantizan las herramientas para la producción de un número de unidades determinado, no obstante, si el usuario respeta los parámetros del proceso y hace un riguroso mantenimiento con periodicidad, las matrices superan millones de veces las unidades garantizadas. Los ‘ajustadores’ entregan los planos de cada parte del troquel, piezas que, en caso de desgaste, deben ser reemplazadas por un técnico autorizado, así mismo, cada matriz cuenta con especificaciones para lubricación y zonas y tiempos de mantenimiento.

Un tema de vital importancia y sumo cuidado es utilizar el troquel para el calibre de lámina que fue diseñado y nunca abusar en ese sentido, utilizándolos para diferentes espesores, pues esto es causa del desgaste prematuro, e incluso la ruptura de la herramienta. A su vez, los troqueles de corte deben ser rectificadas periódicamente, para lo cual es necesario conocer las tolerancias para el afilado, recomendadas por los fabricantes, pues no afilar la herramienta en las décimas o el periodo indicado es una de las causas principales de la disminución de su vida útil.

Teniendo en cuenta todo esto realizaremos las valoraciones previas, estudiaremos y planificaremos el proceso con el fin de obtener unos resultados satisfactorios a nuestra demanda. [4]

## **3.2 VALORACIONES PREVIAS.**

El primer paso en el diseño de un utillaje pasa por realizar una serie de valoraciones previas, y sobre las que se sentarán las bases del mismo. Así pues:

### **3.2.1 Recopilación de la documentación y planos necesarios que aportará el cliente.**

Fase en la que cuanta más información se recopile, mas garantías de éxito se tendrán a la hora de afrontar el proyecto. Se obtendrá importante información, como:

- Tamaño.
- Geometría.
- Material.
- Tolerancias.
- Tratamientos y acabados.
- Transformaciones.
- Tipo de prensa

En el caso práctico que nos ocupa, observando el plano pieza adjunto en el apartado de planos (plano nº 4), se obtienen las siguientes consideraciones y dimensiones:

- Pieza pequeña dimensionalmente.
- Pieza sin doblados, únicamente embutición y troquelado
- Chapa de 5,5mm de espesor del tipo AP-11 según norma NES M 36093-85 (UNE).
- Tolerancias dimensionales según NES D0016 Clase-C. (UNE).
- Pieza principal y simétrica.
- Matar bordes.
- Sin tratamiento superficial

Véase en la siguiente figura, figura 3.1 de la derecha la imagen de la pieza mano derecha en perspectiva.

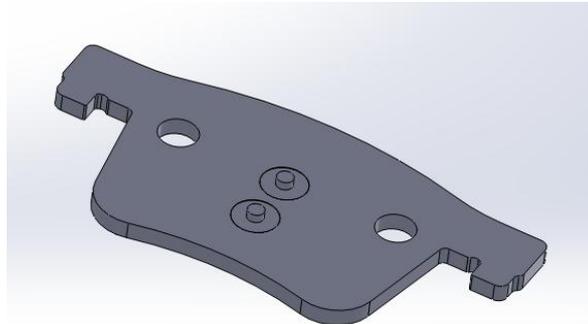


Figura 3.1. Pieza a fabricar.

### 3.2.2 Producción total anual.

Corresponde con la previsión de fabricación anual, es muy importante este dato, ya que en función de él y del tipo de pieza se decide la utilización o no de un utillaje progresivo, además condiciona en la utilización de diferentes soluciones de diseño y fabricación.

La producción que establece el cliente de forma anual es aproximadamente de unas 40.000 a 60.000 piezas dispuestas en pedidos cada tres meses. Esto implica un utillaje para una producción media-alta.

### 3.2.3 Plazo de entrega del Troquel.

Con documentación aportada por el cliente y una primera visualización de la pieza en 3D, utilizamos para ejecutar el proyecto el programa SolidWorks, se realiza un valoración del tiempo completo en el que se terminará el utillaje para poder empezar con las primeras series de piezas. Esto depende de varios factores como son:

- Tamaño del utillaje.
- Volumen de trabajo en taller.
- Complejidad del proyecto y elaboración.
- Factores de empresa ajenos al proyecto.

En este caso, se realizan las siguientes valoraciones:

1. Tiempo necesario de desarrollo del proyecto teórico; dato subjetivo basado en la experiencia y nivel de ocupación del personal de la oficina técnica. Se establece en dos-tres semanas desde la entrega de la información por parte del cliente, por el tipo de utillaje y la carga del departamento.
2. Tiempo de fabricación. Dato basado en la programación de la carga de trabajo de la maquinaria y en la experiencia para el desarrollo de un utillaje de tamaño medio. Se establece en cuatro semanas desde la finalización del proyecto teórico, de las cuales una se emplea en la recepción de materiales. Se podría detallar más este dato realizando un análisis de métodos y tiempos, pero merece la pena recordar que este proyecto se realiza en el marco de una pequeña empresa especialista en este tipo de utillajes, por lo tanto y ciñendo el desarrollo del proyecto lo máximo al desarrollo real del trabajo en la empresa, se dará validez al plazo estimativo de fabricación que en este caso lo marca el responsable de la oficina técnica.
3. Pruebas y puesta a punto. Se establece en 2-3 días. Este tiempo se puede reducir empelando la metodología F.E.M en el diseño.

En total se aprueba un plazo de 6 semanas desde la asignación del trabajo por parte del cliente, pudiéndose incrementar en 5 días más en función de las posibles incidencias que pudieran surgir, muchas veces ajenas a la empresa.

### 3.3 METODO Y PLANIFICACION DEL PROCEDIMIENTO (METODO PLAN)

Con los datos recopilados se podría ir formando una idea de lo necesario para obtener los objetivos previstos, pero sería una forma muy intuitiva y en la que seguramente aparecerían multitud de contratiempos, es por tanto necesario incluir otros aspectos externos a los estrictamente presentados en el pedido, de ahí, la importancia de crear un *método-plan* de organización a la hora de abordar un proyecto como este. El método y planificación del procedimiento sienta las bases de lo que será el proyecto; es pues ahora, cuando empieza el proceso de estructuración del plan de diseño en oficina técnica. Esta fase establece las directrices de organización.

A continuación se enumeran los tres principales grupos de factores a tener en cuenta en el diseño y en la realización del método de planificación del proyecto de definición del utillaje, en la columna de la derecha se define en qué manera en particular afecta para este proyecto.

#### 1. Influencia de las características de la pieza:

- Número de transformaciones:	2, Embutición y recorte
- Tamaño del utillaje:	Tamaño medio
- Material a cortar:	Según plano y norma UNE; AP11
- Tolerancias:	Según plano y norma UNE
- Calidad de la pieza:	Calidad media-baja, Automoción

#### 2. Influencia de las características de producción:

- Calidad del utillaje:	Calidad alta
- Componentes:	Componentes intercambiables
- Utilidad del Utillaje:	Facilidad montaje-desmontaje
- Número de utillajes:	Uno, troquel progresivo

#### 3. Influencia de la maquinaria a utilizar:

- Prensa:	Hidráulica de un solo efecto
- Cálculo de fuerza:	Manual
- Tamaño de la prensa:	Grande
- Cojín neumático:	No necesario
- Tipo de alimentación:	Alimentación automática

En el diagrama de la figura 3.2 se puede observar un grafico con los factores más significativos:

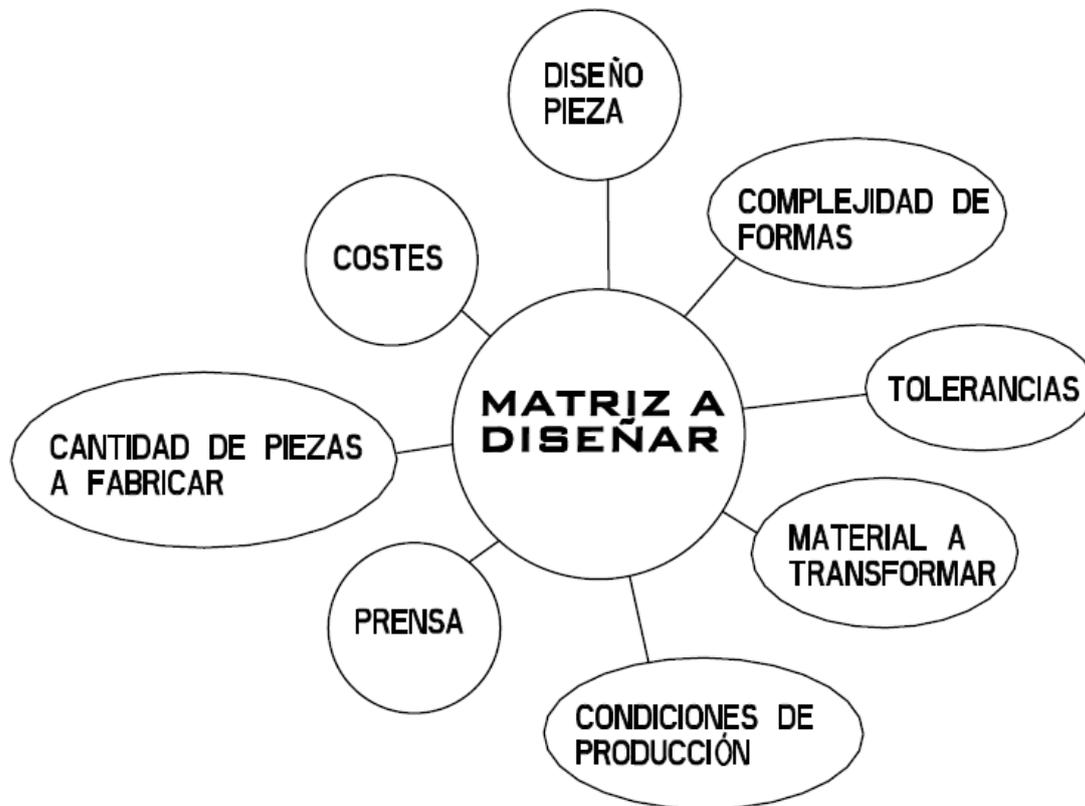


Figura 3.2. Grafico de factores de alteración de diseño.

Así pues con todos estos factores de importancia y con las incidencias que se pueden ir planteando se hace vital desarrollar este plan de organización que se detalla a continuación y que se compone de las siguientes fases:

- a. Disposición del grupo de trabajo. Se asigna la intervención de varias personas en el desarrollo técnico del proyecto, es una medida muy positiva, pudiendo delegarse responsabilidades y compartir esfuerzos.
- b. Diseño técnico, cuyo desarrollo se detalla en los apartados siguientes de anteproyecto, incluye: características generales de tipo de utillaje y disposición de la banda de material; y el apartado de proyecto que incluye un diseño más detallado de componentes y funcionamiento.
- c. Fabricación, aunque el proyectista no interviene directamente en esta fase, es conveniente planificarla o bien estar en contacto total con el departamento responsable de fabricación, es importante poder conocer las posibles incidencias para realizar las modificaciones pertinentes.

- d. Mejoras, son numerosas las veces en las que los proyectos se someten a mejoras con el rediseño que ello implica, por tanto hay que preverlas.
- e. Producción, una buena planificación diseñada para evitar tiempos muertos hace más eficaz la producción de piezas, el proyectista debe estar en contacto con los responsables de producción que desarrollarán los métodos y tiempos.
- f. Control de la calidad. Imprescindible debido a los estándares de calidad para el sector de la automoción.
- g. Cierre del proyecto. Con la aprobación del cliente y la entrega de las primeras unidades.

### **3.4 ANTE-PROYECTO.**

Esta fase que se define como anteproyecto, se centra básicamente en aportar soluciones a los aspectos generales; y servirán como base de todo el desarrollo constructivo posterior que será detallado en el apartado siguiente de proyecto.

El anteproyecto se compone de las siguientes consideraciones:

1. Características constructivas de utillaje.
2. Procesos de alimentación de material.
3. Disposición de la pieza en la alimentación.
4. Márgenes de separación.

#### **3.4.1 Características constructivas del utillaje.**

Se trata de valorar el tipo de utillaje más apropiado de acuerdo con las características que se conocen para este proyecto. [13]

Tipos principales de utillajes:

### ***Simples.***

Se considera utillaje simple aquel diseñado para realizar una única transformación, suelen ser muy básicos y de fácil fabricación, lo que los hace interesantes económicamente; se emplean para piezas con una sola transformación o bien para piezas de producción muy corta pero de alta rentabilidad pese a la necesidad de utilizar varios de estos utillajes.

Como desventajas se podría apuntar, que poseen, normalmente, una velocidad de trabajo reducida, ya que suelen ir combinados con una alimentación manual en la que se requiere la presencia de un operario continuamente, son pocos los casos en los que el utillaje es alimentado automáticamente.

En definitiva; la rentabilidad de estos utillajes se obtiene en piezas con producciones muy bajas o intermitentes, en las que no se llegaría a amortizar la inversión en utillajes más complejos. Aplicando esto a las características de la pieza se puede descartar directamente este tipo; serían necesarios varios utillajes simples para realizar todas las transformaciones, y se requeriría de muchos operarios y puestos de trabajo para obtener la pieza en un tiempo razonable, lo que la encarece en exceso.

### ***Utillajes Combinados.***

Este tipo de utillaje, como su nombre indica, es capaz de combinar varias transformaciones en un único ciclo de trabajo, esto se debe a que se intenta aprovechar las partes móviles y fijas del utillaje como zonas activas en el proceso de transformación. Este tipo de utillajes son muy apropiados para trabajos en prensas de varios efectos. Cabe destacar que la eficacia de los útiles combinados reside en crear un elaborado diseño. Se encuentran muy indicados para pieza de cualquier tamaño que combinen embuticiones con punzonados o doblados.

Como principales desventajas se pueden destacar:

- Como norma genera un sistema de alimentación totalmente manual (muy lento) ya que estos utillajes requieren de un trabajo con chapas de dimensiones definidas (nunca con bobinas). No siendo indicados para producciones largas.
- La pieza no cae al suelo con el riesgo que ello implica para el operario.
- Un diseño bastante elaborado, en función de la prensa y la pieza.
- Imposibilidad de obtener todo tipo de piezas de un solo ciclo.

Este tipo de utillaje no será el apropiado para la pieza que nos ocupa y se puede descartar por ser muy lento para el tipo de producción (Media-Alta)

### **Progresivo.**

Se entiende por transformación progresiva, la serie de operaciones sucesivas que realiza un útil para transformar una chapa plana, una tira, o una cinta, en un objeto o pieza con una forma geométrica propia. Un trabajo o transformación progresivo realizado con un utillaje, comprende un mínimo de dos fases o pasos, en los cuales pueden hacerse todo tipo de deformaciones de la chapa como por ejemplo: cortar, doblar, etc., con la única limitación real del espacio disponible que exista en la matriz de acuerdo a sus medidas.

La capacidad productiva en éste tipo de útiles y en piezas de pequeño tamaño puede llegar a ser de hasta 1600 golpes por minuto. Ello obliga a realizar un diseño muy esmerado y meticuloso, además de una construcción precisa y de calidad, que garantice un buen acabado de las piezas fabricadas y la durabilidad de las mismas.

Los útiles progresivos son construidos básicamente para la producción de piezas de pequeño y mediano tamaño con la finalidad de que sean fabricadas a imagen y semejanza de cómo se harían en dos, tres o más utillajes, pero en este caso agrupadas en un solo bloque, de ahí el interés para este proyecto (pieza pequeña y gran producción).

En el caso de fabricación mediante utillaje progresivo, la pieza siempre deberá permanecer unida a la tira de chapa hasta que ésta llega a la última estación o paso donde necesariamente deberá quedar cortada. Trabajar de ésta forma, permite que cada vez que baje la prensa, la matriz realice una nueva deformación en la pieza y cada vez que sube, la tira avance un nuevo paso a la espera de la siguiente transformación.

Considerando que para fabricar una pieza de chapa de gran consumo como la de este proyecto son necesarias como mínimo de 4 a 5 transformaciones y un número similar de utillajes de tipo manual o simple, es fácilmente comprensible el gran ahorro de tiempo y dinero que puede representar el fabricarlos con un único progresivo de 6 a 8 pasos aunque la inversión a realizar sea ligeramente mayor.

El procedimiento de trabajo con este tipo de herramientas progresivas puede parecer complicado si se lo compara con otros sistemas de producción menos automáticos, como por ejemplo los manuales. Todo ello viene derivado de la complejidad que implica llevar a cabo la transformación de las piezas mientras que éstas permanecen unidas a la banda durante su camino por el interior de la matriz. Esta complicación se suple con eficiencia y rapidez.

Los costes de fabricación y los plazos de entrega pueden llegar a quedar reducidos hasta en un 50% de los valores estimados, si las matrices han sido diseñadas y construidas adecuadamente.

Algunas de las valoraciones previas hechas sobre la pieza, nos indicarán que construir una matriz progresiva es la mejor solución para:

- Obtener la producción horaria necesaria.
- Cubrir las entregas solicitadas por el cliente.
- Amortizar el precio de la matriz en un plazo adecuado.
- Realizar un ahorro contrastado respecto a otro sistema de producción.
- Cubrir el coste de la pieza mediante el sistema de producción decidido.
- Dar la calidad de pieza solicitada en el plano.

Definitivamente en según qué tipo de piezas metálicas los utillajes progresivos son todas ventajas, teniendo que ser una opción muy seria a la hora de plantear un sistema productivo en una fabricación.



Figura 3.3. Ejemplo de utillaje progresivo y el progreso de la banda de chapa.

### **Conclusión, elección.**

Claramente, por todo lo expuesto anteriormente, teniendo en cuenta sobretodo el tipo de pieza y el consumo anual, el diseño más apropiado y por el que se optará, será un diseño progresivo con todas las ventajas que ello representa, como: ahorro de material y tiempo, mayor productividad, seguridad, etc.

### 3.4.2 Procesos de alimentación de material.

Una vez definida el tipo de matriz a utilizar, se estudiará la forma de alimentación que mejor se adapte a la producción. Tres son los tipos:

- Alimentación manual.
- Alimentación semiautomática.
- Alimentación automática.

Haciendo una comparación entre los tres tipos de alimentación anteriores, se verá que las mayores diferencias existentes están relacionadas con la cantidad de piezas a fabricar pero muy poco con el proyecto o construcción de útil. Así, a continuación se analizan con más detalle cada una de las ventajas e inconvenientes que presentan los tres casos mencionados anteriormente. [12]

#### ***Progresivas con alimentación manual.***

Pese a que el utillaje a diseñar muestra un proceso de transformación de la pieza totalmente progresiva, podría combinarse con un aporte del material en el que el avance de la tira de chapa es realizado de forma manual por un operario. Dicho operario, se encarga de hacer avanzar la tira de chapa entre uno o más topes prefijados cada vez que la prensa realiza un ciclo de trabajo. La reflexión a que nos conduce éste sistema, nos indica que se trata de un ciclo de trabajo con una cadencia poco elevada, dado que la producción alcanzada dependerá únicamente de la rapidez con la que el operario haga avanzar la banda sobre la matriz y no de la capacidad mecánica del conjunto prensa-utillaje. Este sistema, únicamente es aconsejable cuando no se disponen de otros medios de alimentación más automáticos o cuando las producciones sean medias-bajas, también cabe la posibilidad de que el material provisto venga en bandas de medida definidas y cuyo manejo solo lo pueda realizar un operario.

Son varios los problemas o inconvenientes que presenta este tipo de alimentación y que harán que sea descartado. En ocasiones hacen que sea directamente imposible optar por él, por ejemplo:

- La imposibilidad de estirar de la tira de chapa cuando esta, una vez cortada la pieza, no tenga salida por la parte final de la prensa.
- La dificultad del operario para hacer avanzar el material a lo largo de la prensa desde una posición frontal a la misma.
- Los riesgos de seguridad que comporta el hecho de que el operario tenga acceso a la matriz durante el ciclo de trabajo, esta ultima la más importante.
- La escasa capacidad productiva que se presenta en un sistema como éste.

### ***Alimentación semiautomática.***

Se define como semiautomática aquella en la que aun realizando la transformación de la chapa de manera progresiva, el avance de la misma se realiza con un alimentador que hace avanzar unas tiras definidas de entre 3 y 6 metros aproximadamente, si bien éste último dato depende más del peso y no tanto de las medidas del material. Éste proceso de producción aun siendo más rápido que en los útiles progresivos manuales, también presenta algunos problemas como los que se enumeran a continuación:

- Paros de producción a cada cambio de tira de chapa.
- Pérdidas de piezas fabricadas por metro lineal de chapa, al no aprovechar en su totalidad las últimas piezas de cada tira, puesto que ya se ha perdido la referencia de la cuchilla de paso que se encuentra a la entrada.
- Los riesgos de seguridad que comporta el hecho de que el operario tenga acceso al interior de la prensa durante el ciclo de trabajo.



Figura 3.4 Ejemplo de banda de troquel en alimentación semiautomática. Obsérvese el principio y fin de la banda de chapa.

### ***Progresivas automáticas.***

Dentro de los tres tipos de producciones empleados en utillaje progresivo, es evidente que éste último, es el que reúne las mayores ventajas a la hora de conseguir la máxima producción en el mínimo tiempo posible.

En éste caso, el avance de la chapa en la matriz, se realiza de manera totalmente automática por medio de un alimentador y partiendo de rollos o bobinas de gran longitud y cuyo diámetro interior o exterior deben estar de acuerdo a las medidas que tenga la devanadora encargada de desenrollar el material.

Es evidente que, siempre que se pueda trabajar con un sistema de alimentación automático, las ventajas serán mucho mayores que con cualquier otro.

Véanse algunas de las ventajas que se obtienen con éste sistema:

- Mínimos paros de producción por cambios de bobina.
- Aprovechamiento del material en toda su longitud.
- Ausencia de riesgos laborales para el operario al no tener necesidad de acceder a la matriz durante el ciclo de trabajo.
- Mayor tiempo productivo de la máquina.
- Mayor disponibilidad del operario para trabajar con dos o más máquinas.



Figura 3.5. Línea automática de producción equipada con: Devanadora, Enderezador de banda, Alimentador y Prensa.

### **Conclusión.**

Teniendo en cuenta que el cliente dispone de la maquinaria necesaria para completar una línea de alimentación, se ha optado por una producción totalmente automatizada. Las ventajas que se obtienen son todas las expuestas anteriormente.

### 3.4.3 Disposición de la pieza en la banda.

El objetivo principal de este punto y del siguiente, es conocer los factores más importantes que pueden influir en el tamaño de la tira de chapa a utilizar, en función de la disposición con que se coloquen las piezas y de la cantidad que se quieran cortar por golpe. Todo ello evidentemente, está relacionado con el consumo de materia prima por pieza y con su coste final. Además y más importante, será posible definir la estructura de la banda, base principal de todo el diseño constructivo posterior que se desglosa en el apartado de proyecto.

Frecuentemente, las piezas se presentan con una forma muy irregular, de manera que, si se disponen de una forma totalmente aleatoria a lo largo o ancho de la banda, pueden ocasionar un notable problema de espacio en la matriz y un desperdicio excesivo de material.

En casos como éste, es conveniente estudiar la mejor disposición posible, de modo que permita el matizado de las piezas de una forma racional, al mismo tiempo que se reduce el consumo de materia prima, sin por ello dificultar el normal avance de la tira ni verse afectado el precio de la matriz. Todo ello deberá estar previsto y analizado en el estudio que se lleva a cabo para la realización de la oferta del útil.

Al diseñar las piezas a fabricar siempre deben evitarse perfiles exteriores muy irregulares o con formas perimetrales que comporten dificultad de diseño o construcción. Siempre que sea posible se buscarán perfiles sin cambios bruscos de geometría y con zonas redondeadas allí donde esté permitido.

En resumen, la disposición de las piezas sobre la banda, deberá permitir mantener una tira de chapa lo más rígida posible a lo largo de toda la transformación, para que no se produzcan interrupciones durante la producción por causas como por ejemplo, la rotura de la tira o las dificultades de movimiento en la matriz. [13]

A continuación en la siguiente figura 3.6 se adjunta un ejemplo de las variaciones en las transformaciones de dos piezas realizadas mediante útiles progresivos, con un buen aprovechamiento del material.



Figura 3.6. Ejemplo de transformaciones hechas en matriz progresiva.

Estos son algunos de los factores más importantes relacionados con el ancho de material y que afectan a la funcionalidad de la matriz o al precio de la pieza:

- Conseguir el máximo ahorro de materia prima con relación a la pieza fabricada.
- Facilitar un buen desplazamiento de la banda en la matriz.
- Diseñar un matrizado progresivo y racional de las piezas.
- Facilitar la construcción de la matriz.
- Facilitar el mantenimiento posterior.
- Obtener un coste de piezas y matriz más económico.

En base a esto anterior se pasa a analizar y a decidir uno de los tres sistemas de disposición de las piezas sobre la banda que son empleados con más asiduidad, y que se denominan:

- Disposición “normal”
- Disposición “oblicua”
- Disposición “múltiple”

### ***Disposición normal.***

Se entiende por “disposición normal”, aquella en que los ejes de la pieza van orientados en el mismo sentido que los de la matriz, es decir, longitudinalmente o transversalmente al sentido de avance de la chapa.

En un primer momento, no existe una disposición de piezas que sea mejor que otra, hasta que no se haya hecho un estudio de las distintas posibilidades existentes y se haya visto cuál de ellas es la más racional y económica.

Factores de valoración:

- La separación entre las piezas debe ser la mínima necesaria
- Los recortes hechos a la pieza no deben dejar aristas vivas
- Los doblados han de ser favorables al sentido de las fibras
- La matriz debe tener el mínimo número de pasos posibles
- El ahorro de material es importante, pero no siempre decisivo
- La facilidad de construcción y mantenimiento también es importante
- Las posibilidades de errores en el avance debe ser mínima.

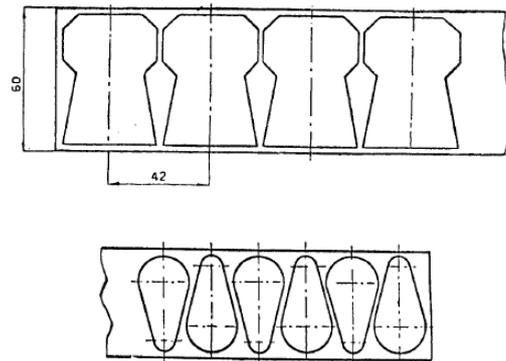


Figura 3.7. Ejemplo de disposición normal.

### ***Disposición de piezas oblicua.***

Se entiende por disposición oblicua o inclinada, aquella en que los ejes de la pieza dibujan un ángulo con respecto a los de la matriz. Esta disposición tiene como finalidad conseguir un mayor ahorro de material en base al aprovechamiento que pueda significar la inclinación de las piezas sobre la banda. Generalmente, esta disposición se seleccionada en pieza arqueadas o con grandes ángulos en las que el matrizado de la pieza en estas condiciones presenta muchas ventajas de ahorro de materia prima, respecto a la disposición normal.



Figura 3.8. Ejemplo de disposición oblicua.

### ***Disposición múltiple.***

Se entiende por “disposición múltiple” aquella en que sobre la superficie de la banda se han dispuesto más de una pieza, sin tener en cuenta su orientación respecto a los ejes de la matriz. Generalmente, esta disposición se hace con la finalidad de obtener un mayor ahorro de material o un aumento considerable en la producción. Sin embargo, el hecho de doblar el número de piezas por golpe nunca será proporcional al ahorro de material obtenido.

Este sistema en general, es el más utilizado para obtener producciones muy elevadas, además de proporcionar un gran equilibrado de fuerzas dentro de la matriz.

Siempre es aconsejable, que este sistema de disposición múltiple, sea estudiado con mucho detalle y comparado con distintas alternativas, hasta encontrar la disposición más equilibrada que además de un buen ahorro y permita una construcción equilibrada de la matriz.

En la mayoría de casos, de las tres opciones descritas, normal, oblicua y múltiple, ésta última es la que reúne mayores ventajas en cuanto a rapidez de producción, ahorro de material y equilibrio de fuerzas en el interior de la matriz.



Figura 3.9. Ejemplo de disposición múltiple.

### ***Elección.***

Por todo lo anteriormente expuesto se ha creído conveniente optar por una disposición normal por dos razones fundamentales:

- La banda de 155 mm de ancho no permite otras configuraciones
- El diseño y cálculo del troquel se simplifica mucho

Véase en la siguiente imagen 3.10 un ejemplo de cómo quedaría la banda con este tipo de distribución.

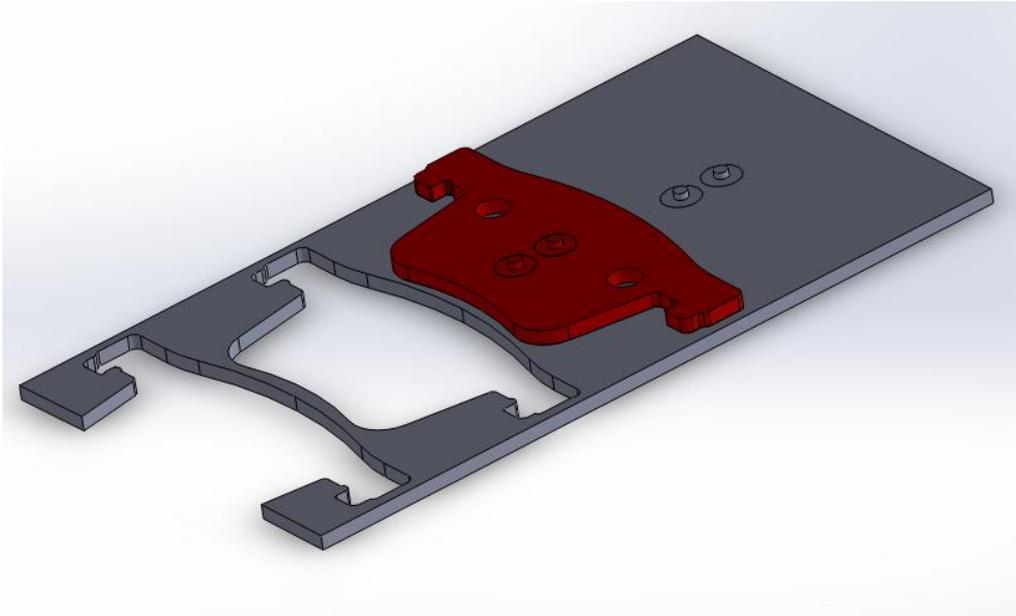


Figura 3.10. Ejemplo de disposición normal de la pieza a producir en la banda.

### 3.4.4 Márgenes de Separación entre Piezas.

Conocer y definir los valores mínimos de separación que deben dejarse entre las piezas o bien desde su contorno exterior hasta el exterior de la chapa es un aspecto de gran importancia a la hora de dimensionar la estructura de la banda.

En las matrices progresivas, es aconsejable, que los márgenes de material que mantienen las piezas unidas a la chapa, sean lo suficientemente grandes como para que el avance de la tira no se vea dificultado por poca resistencia que pudiera tener, además de lo suficientemente estrechos como para no desperdiciar material innecesariamente ni para sobredimensionar el útil.

Esto puede parecer contradictorio, de ahí que se haya establecido unas normas que pueden servir como base, aún así, es prácticamente imposible establecer de forma general los márgenes estándar de separación entre los cortes realizados de las piezas y los lados exteriores de la banda. Habrá siempre que realizar un pequeño análisis de cada caso en cuestión. Esto es fácilmente comprensible si se tiene en cuenta que todo ello depende en gran parte del tipo de material, de su espesor, del peso de la pieza, del ancho inicial y final de la tira, del paso de la matriz, del número de ciclos por minuto, de las inercias que se produzcan en los avances de la chapa, etc.

Por todo ello, como se ha comentado, cada matriz a construir y cada pieza a fabricar, necesitarán ser estudiadas por separado y adecuar los márgenes de separación a las características de cada caso.

Existen ciertas tablas orientativas donde se indican las medidas mínimas que se consideran admisibles para dejar entre los cortes de piezas y los márgenes exteriores de la tira de chapa o bien entre cada pieza.

A consecuencia de los progresivos recortes que se realizan en una tira de chapa durante su troquelado, se observa que ésta va quedando progresivamente vacía de material y en consecuencia carente de consistencia. Esto hace, que si no se dejan unos adecuados márgenes de unión entre la pieza y la tira, el avance de ésta en la matriz se verá dificultado al doblarse y en consecuencia ocasionar pérdidas de paso y paros de máquina.

Al fabricar una pieza, el ancho de material de partida, no siempre es tan constante como sería de desear. Las posibles tolerancias en anchura, y las rebabas de corte que trae el material, hacen que éste pueda rozar con las regletas de guiado durante su desplazamiento, para evitarlo, siempre es muy aconsejable dejar una prudente tolerancia entre las dos partes ( $0.3-0.8mm$ ) con el fin de evitarlo y realizar el centraje de la pieza (en caso de ser necesario) por medio de punzones centradores dispuestos en la matriz. [4]

Así pues los márgenes de separación deberán dejarse según la siguiente ecuación:

$$S_{\min} = \frac{5 \cdot e + 9}{12}$$

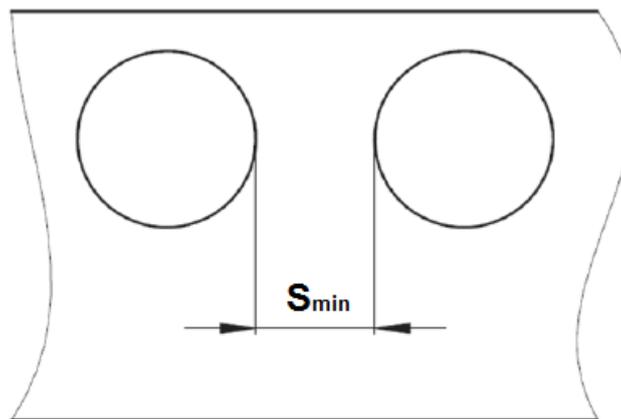


Figura 3.11. Representación de la separación mínima entre pieza y pieza.

Para este diseño, siguiendo lo anterior, la separación mínima entre pieza y pieza deberá ser como mínimo  $S_{\min} = 3,04 \text{ mm}$ , por lo optamos por dejar  $3,1 \text{ mm}$ .

## 3.5 PROYECTO.

Ante la labor de diseñar el utillaje es necesario realizar una distinción entre el diseño de los **procesos** y el diseño de los **componentes**, de esta manera se generan dos fases que aun siendo bien distintas están directamente relacionadas.

### 3.5.1 Diseño de procesos.

Atendiendo a la definición, se sabe que todo utillaje progresivo dispone de un número de pasos en los que el objetivo es conseguir poco a poco el modelado de la banda para en último lugar, desprender la pieza buscada, o dicho de otra manera, el material sufrirá una serie de procesos de transformación que culminará en la obtención de la pieza.

La distribución y el tipo de procesos, es lo que se trata de diseñar en primer lugar; y para lo que es vital prestar atención a las diferentes transformaciones que posee la pieza. En la figura 3.12 se muestra la pieza a conseguir en perspectiva isométrica y donde podemos observar perfectamente las diferentes transformaciones:

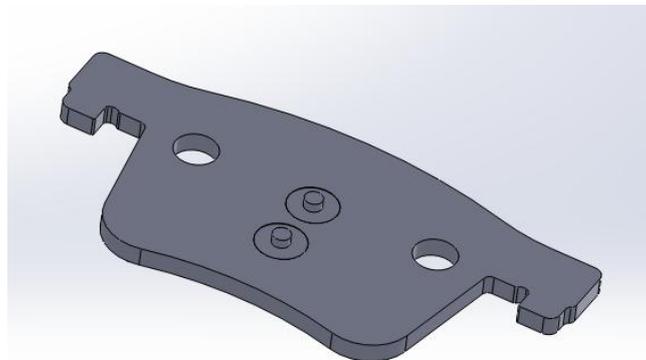


Figura 3.12. Pieza a conseguir.

Podemos distinguir las siguientes transformaciones:

- Embutición de los tetones para lamina anti-ruído.
- Punzonado agujeros.
- Recorte de la silueta o figura.
- Expulsado de pieza acabada del troquel.

A fin de reducir tiempos y simplificar pasos del troquel, y puesto que el punzonado no es otra operación más que un recorte, he optado por ejecutar las dos transformaciones, punzonado y recorte en el segundo paso del troquel, quedando así pues 2 pasos de troquel para fabricar la pieza en cuestión.

### ***Embutición de los tetones para lamina anti-ruído.***

En los primeros pasos, como norma general, son dos, los objetivos que se buscan:

Definición del paso. Para obtener el paso en un utillaje, existen infinidad de métodos, pudiendo ser puramente mecánicos, con componentes neumáticos e incluso con sistemas electro-mecánicos de alimentación. En este caso se empleará un sistema alimentador electro-mecánico.

Mediante dicho sistema se evita dotar al troquel de un sistema de topes de banda, q marcan el paso deseado de alimentación y simplifica el mecanismo. Con este sistema se persigue una mayor eficacia a la hora del avance del material.

Embutición. La razón principal por la que se realizan la mayoría de las embuticiones en los primeros pasos, responde a la dificultad de efectuarlos una vez recortada la geometría de la pieza. También es importante buscar en la propia geometría de la pieza los orificios que servirán para el centrado de la banda; si esto no fuera viable habría que incorporar punzones que realizaran agujeros para tal fin.

### Atendiendo al caso práctico:

Para conseguir el paso se recurrirá, como ya se ha explicado, a un sistema electro mecánico. Este diseño resulta muy eficaz, se consigue por una parte simplificar el utillaje, por otra economizar en el número de componentes y automatizar mas el proceso con el fin de obtener un rendimiento mas alto.

La embutición de los tetones se ha distribuido en el primer paso con el fin de poder centrar la banda en todo el proceso y por la facilidad de ejecutar este proceso en los primeros pasos y no en los posteriores.

A continuación se explican las razones por las que se ha adoptado este diseño.

La primera consideración que hay que tener a la hora de diseñar matrices de corte es la de procurar que no queden zona débiles, susceptibles de rotura o mella. Estas zonas se identifican, bien por tener un grosor insuficiente o bien por crear prominencias vulnerables al momento que genera el impacto. [1]

Vemos un ejemplo en la figura 3.13.

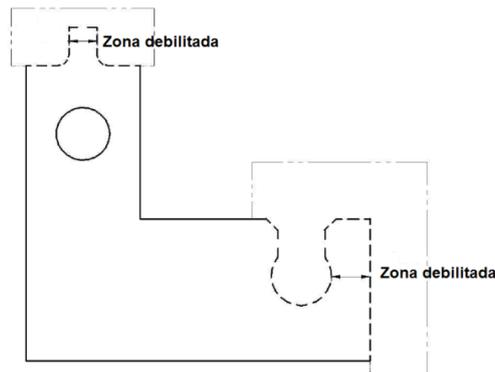


Figura 3.13. Representación de zonas debilitadas de una pieza

En esta pieza a realizar no encontramos ninguna zona que pueda ser débil, ya que la relación anchura-espesor es buena en toda la geometría pieza.

La Segunda consideración que hay que tener a la hora de diseñar matrices de corte es la de procurar realizar en la primeras transformaciones acciones que sirvan para el centrado de banda a lo largo del todo el proceso de conformado. Así pues optamos por realizar la embutición de los tetones en la primera acción para que nos sirvan de guiado de banda. En la siguiente figura podemos observar la primera transformación que realizara nuestro troquel.



Figura 3.14. Representación de la primera transformación de la banda.

Embutición de los tetones que servirán de guiado de banda. Color rojo. En azul se representa el paso del siguiente golpe.

### Cálculos:

**Fuerza:** Es necesario conocer la fuerza para realizar la embutición en esta primera fase, vendrá definida por la siguiente fórmula:

$$F_e = d \times \pi \times s \times R_c \times f$$

- D** = Diámetro del disco a embutir.
- d** = Diámetro interior de la embutición.
- S** = Espesor de la chapa.
- R<sub>c</sub>**= Resistencia mecánica a la cortadura para este material = 44 [Kg/mm<sup>2</sup>]. Véase datos del material en las tablas adjuntas en el apartado 5 para el material especificado según norma UNE 36-093 como AP-11.
- F**= Factor de embutición d/D

Para el cálculo de la fuerza en esta fase de trabajo tendremos en cuenta que se embutirán dos tetones al mismo tiempo. La Fuerza de embutición será:

$$F_e = 2 \times (5 \times \pi \times 5,5 \times 44 \times 6/5) = 9123,2 \text{ Kg}$$

Hay que destacar que este cálculo es un cálculo teórico para hacernos una idea bastante aproximada de la fuerza que la matriz debe realizar para ejecutar esta transformación y que en ningún caso es la fuerza real, para ello en el apartado 5 de cálculo y resultados veremos de forma más real este cálculo mediante el desarrollo del modelo y su posterior análisis mediante F.E.M (elementos finitos).

### ***Punzonado-recorte de la geometría pieza.***

Una vez realizado la embutición de los tetones, se puede proceder con el recorte de su geometría exterior y de los dos punzonados interiores. Las dos acciones se ejecutan a la vez en el segundo y último paso del troquel.

Para realizar este paso se procede de la siguiente manera: la matriz de corte está provista de unos punzones guiados por el expulsor de matriz, al mismo tiempo que el macho entra en la matriz cortando la geometría, los punzones perforan la pieza creando los dos punzonados interiores. Con esto se ahorra en número de componentes, pasos del troquel y se dota de mayor resistencia y facilidad de construcción al utillaje. Es necesario por tanto diseñar un expulsor de matriz que a su vez hará veces de porta punzones.

Para diseñarlo se debe tener en cuenta la ultima forma que ha adquirido la banda, también es muy importante prever la caída de las piezas, intentando que no queden enganchadas pudiendo bloquear el avance o la propia prensa.

Necesitamos por tanto dotar a nuestro expulsor de dos libranzas para los tetones que a su vez hará de guía para el centrado de la banda durante el proceso de troquelado. Estas libranzas tendrán un diámetro ligeramente mayor al de los tetones con el fin de evitar posibles aprietes, su función no es otra más que la de alojar los tetones que sobresalen y hacer de guía para centrar la banda. En la figura 3.15 podemos observar su disposición.

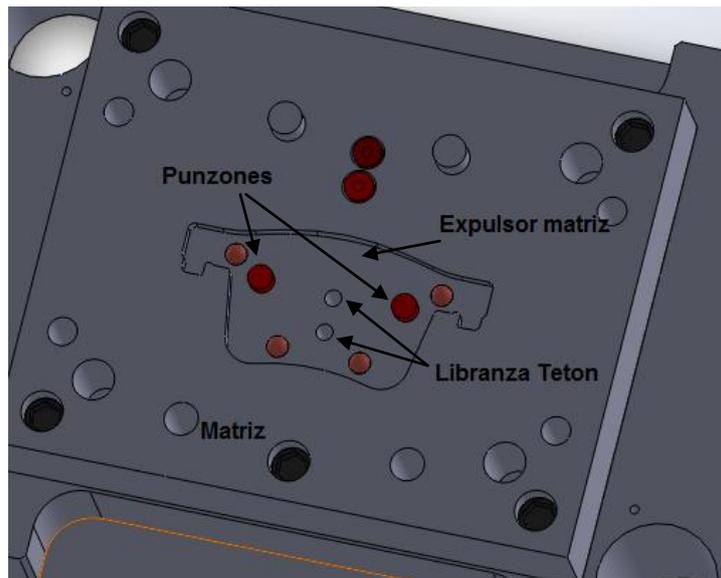


Figura 3.15 disposición punzones-matriz

#### Cálculos:

**Fuerza:** Se necesita conocer la fuerza necesaria para realizar el recorte en esta segunda y última fase, vendrá definida por la siguiente fórmula:

$$F_c = R_c \times P \times S$$

**S=** Espesor de la chapa

**R<sub>c</sub>=** Resistencia mecánica a la cortadura para este material = 44 [Kg/mm<sup>2</sup>]. Véase datos del material en las tablas adjuntas en el apartado 5 para el material especificado según norma UNE 36-093 como AP-11.

**P =** Perímetro a recortar [mm].

Para el cálculo de la fuerza en esta fase de trabajo se debe tener en cuenta el perímetro exterior de la pieza así como el perímetro de los dos punzonados interiores. En la siguiente figura 3.16 se observan las dimensiones de la pieza donde podemos calcular el perímetro total a recortar.

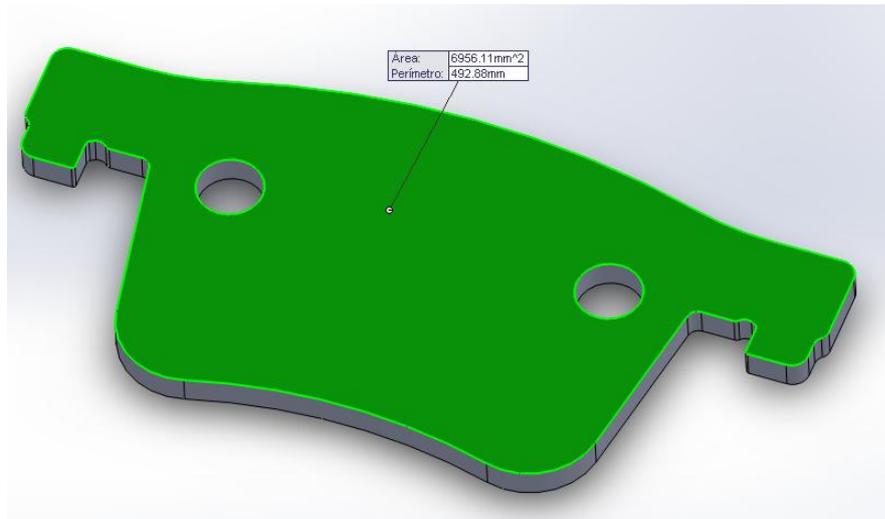


Figura 3.16 Perímetro de corte

Mediante la herramienta de medición de SolidWorks obtenemos el perímetro total a cortar y el área, el perímetro total es la suma del perímetro exterior y de los punzonados interiores de 6mm.

El perímetro total será:  $P_t = 492,88 \text{ mm}$ .

La Fuerza de corte será:

$$F_c = 44 \times 492,88 \times 5,5 = 119.275,5258 \text{ Kg}$$

La fuerza total necesaria a realizar por la prensa:

$\begin{aligned} \text{Fuerza Total} &= 128.398,725 \text{ [kg].} \\ \text{Fuerza Total} &= 1.258.307,513 \text{ [N].} \end{aligned}$
---

Este cálculo, al igual que el realizado para embutir los tetones, es un primer calculo teórico para tener una idea aproximada de la fuerza a realizar por la matriz y que en ningún caso es la real, en el apartado 5 de cálculo y resultados veremos de forma más real este cálculo mediante el desarrollo del modelo y su posterior análisis mediante F.E.M (elementos finitos).

### **Expulsado de la pieza acabada del troquel.**

El sistema de expulsado es el proceso final y uno de los más importantes. Hay que diseñar correctamente el modo de expulsar la pieza acabada al exterior, una mala salida puede provocar grandes daños al utillaje, hay que intentar que no queden enganchadas pudiendo bloquear el avance o el propio troquel y bloqueando el proceso productivo. Para ello se debe estudiar la disposición de la prensa con la que se va a trabajar, la alimentación y las posibilidades de colocación de las cajas para recoger las piezas acabadas así como de la chatarra originada. La mayoría de los troqueles tienen salida frontal o inferior, y dependiendo del tipo de utillaje, simple, compuesto o progresivo el sistema de expulsado puede ser automático o manual. Por lo general todo troquel progresivo tiene un sistema de expulsado automático y no es necesaria la intervención del operario.

El cliente nos ha especificado las características de su prensa a si como su alimentación. En la siguiente figura 3.17 podemos ver la disposición del grupo de prensas usadas por nuestro cliente y su alimentación.

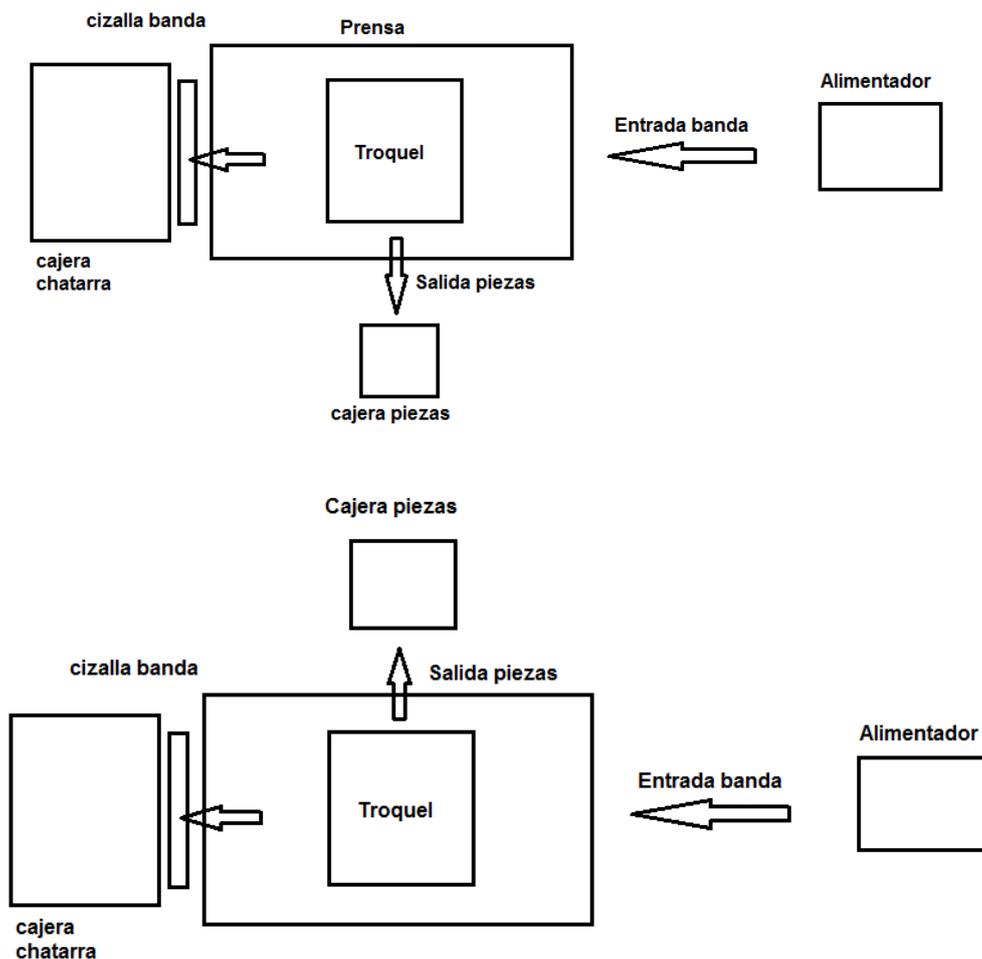


Figura 3.17 Disposición prensas

Se tiene que optar así, por una salida lateral, por disposiciones de la prensa se tendrá que elegir este tipo. La alternativa más efectiva y simple que hemos encontrado ha sido la extracción mediante un soplo de aire comprimido que lance la pieza hacia un lateral.

Una vez cortada la pieza, esta queda incrustada en la matriz de donde es necesario extraer, para ello se dota al troquel de un expulsor de matriz. Este es empujado por el verdugo que posee la prensa al abrir el troquel y deja caer la pieza. Durante la caída de la pieza, se le suministra un chorro de aire comprimido desde un lateral del troquel para hacer salir la pieza por el lado lateral contrario. En la figura 3.18 podemos observar cómo queda encajada la pieza en la matriz de corte.

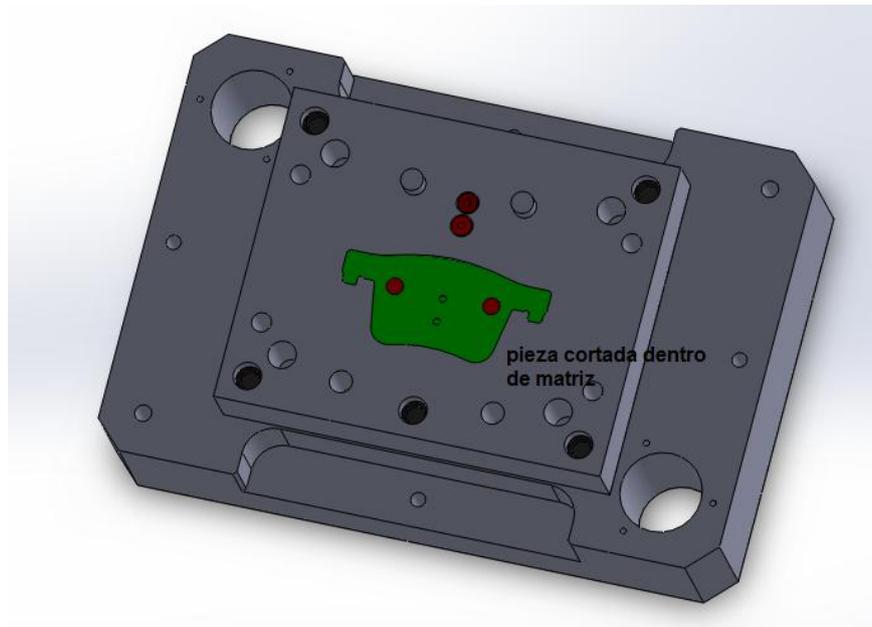


Figura 3.18 Pieza cortada dentro de matriz

Las figuras 3.19 y 3.20 detallan como al abrir el troquel, el expulsor de matriz es empujado por el verdugo de la prensa extrayendo la pieza de la matriz y dejándola caer para que el impulso de aire la lance por el otro lateral al exterior.

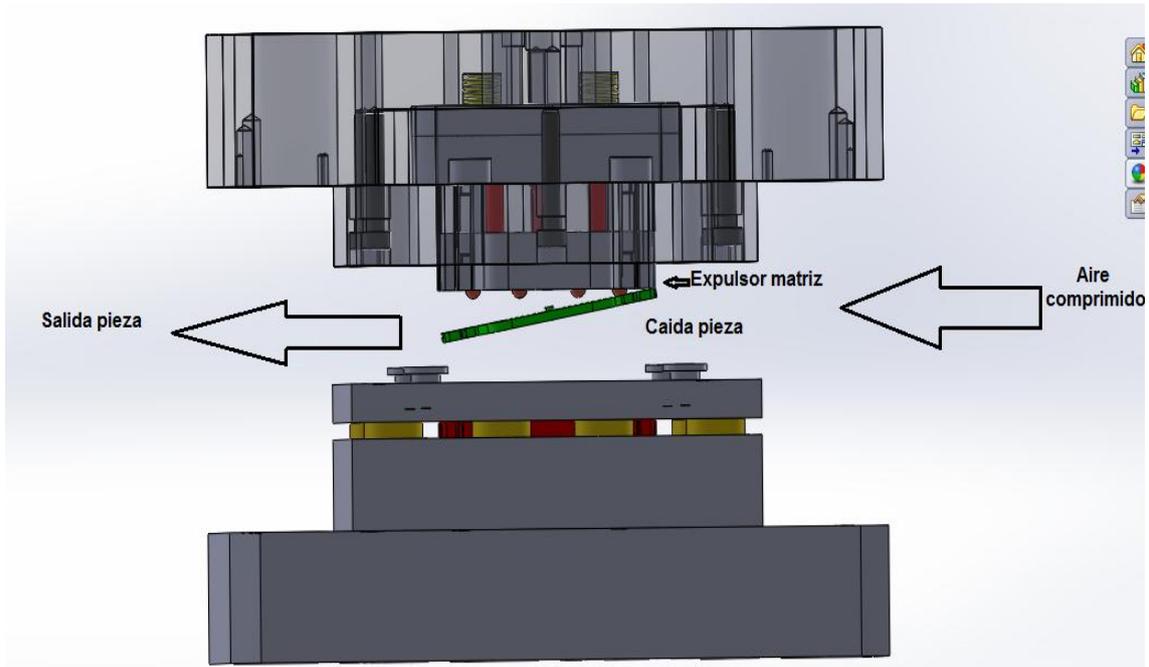


Figura 3.19 Proceso salida pieza

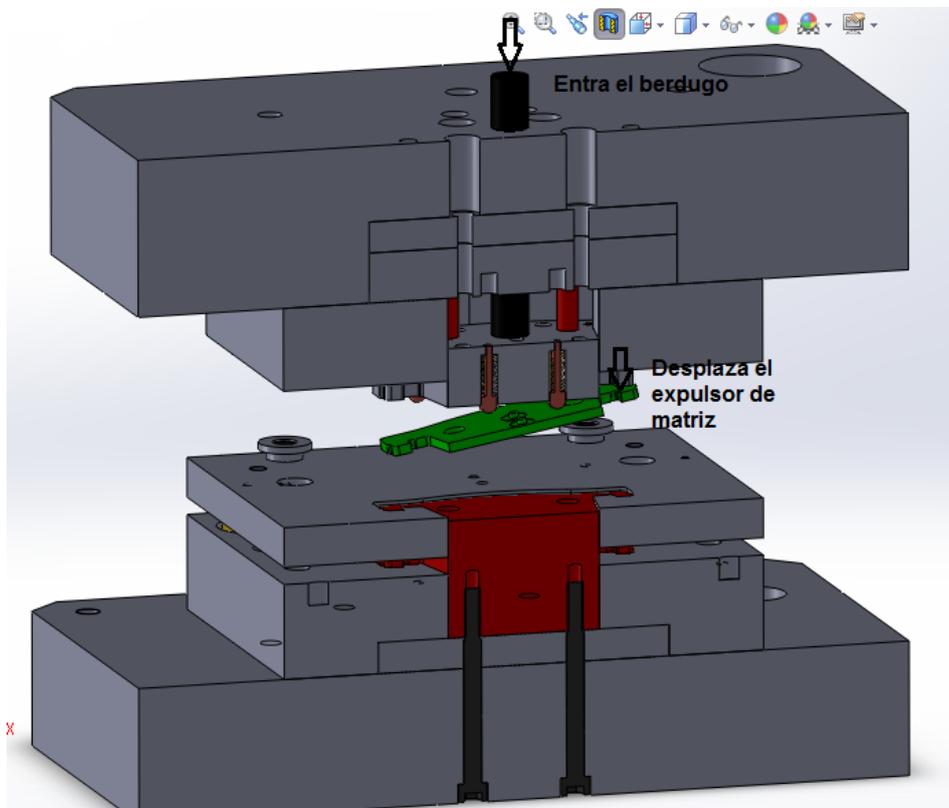


Figura 3.20 Corte transversal del troquel abierto

Hay que tener en cuenta que todo material suministrado viene con una fina película de aceite para evitar su corrosión. Durante el proceso de corte, se somete a la banda a una presión muy grande, esta presión junto con la fina capa de aceite hace que la pieza quede completamente pegada al expulsor de macho y no caiga cuando este sale de la matriz, por ello hemos de dotar al expulsor de matriz de un mecanismo que desprenda la pieza y la deje caer para ser expulsada por el chorro de aire. Este dispositivo hace además que la pieza caiga con cierta inclinación aumentando así la superficie de contacto de aire expulsando mejor la pieza. Mírese figura 3.20.

El mecanismo en cuestión consta de cuatro bulones con cabeza semiesférica accionados por muelles. La presión ejercida por el muelle comprimido hace desprender la pieza del expulsor. Dependiendo de la disposición de la prensa y el lado de salida de la pieza del troquel se dispondrán los dos del lado derecho o los dos del lado izquierdo, provocando que la pieza caiga de lado y tenga mas superficie de contacto con el chorro de aire. A continuación en la figura 3.21 se observa el mecanismo de despegue.

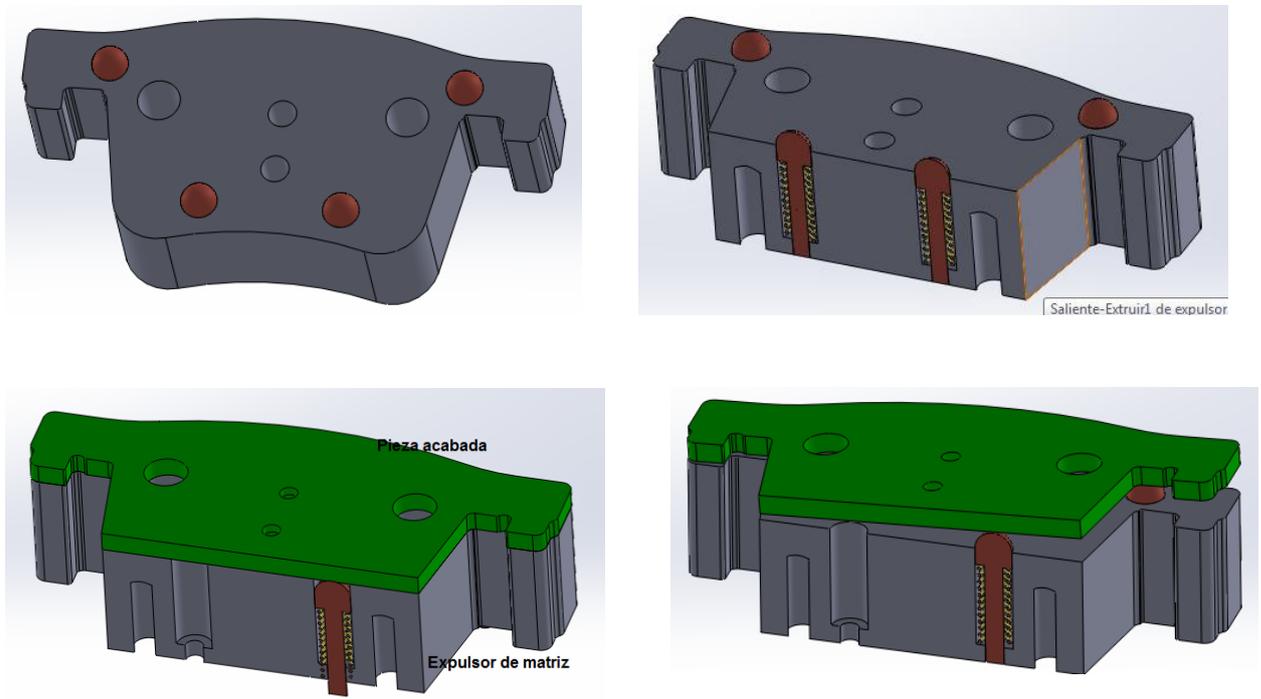


Figura 3.21 Mecanismo aceite.

### 3.5.2 Diseño de componentes.

La estructura de un utillaje se debe diseñar tomando como punto de partida la distribución de procesos que previamente se ha proyectado, por esto es tan importante realizar una buena planificación de los mismos en la que se tenga muy en cuenta todas las posibles incidencias que puedan surgir. El éxito en la obtención de la pieza dependerá en gran medida de una buena o mala planificación de los pasos. [2]

Tomando como base los procesos diseñados en el apartado anterior se irá desglosando una lista de componentes necesarios. La primera distribución general se hará en base a su funcionalidad:

- Elementos de acción directa.
- Elementos de soporte.
- Elementos de auxiliares.
- Factores de diseño.

#### ***Elementos de acción directa.***

Hace referencia a todos aquellos componentes que actúan directamente en el conformado del material, como son matrices, punzones, machos, etc. Se irá analizando uno por uno, según el proceso en el que intervengan:

#### **Matriz de corte.**

Existe una única matriz que se encarga de realizar el corte de la silueta exterior. La matriz tiene dos funciones bien diferenciadas, una es realizar el corte exterior de la figura, y otra alojar el expulsor de matriz que hace función de pisador y portapunzones, en la figura 3.22 podemos observar su disposición.

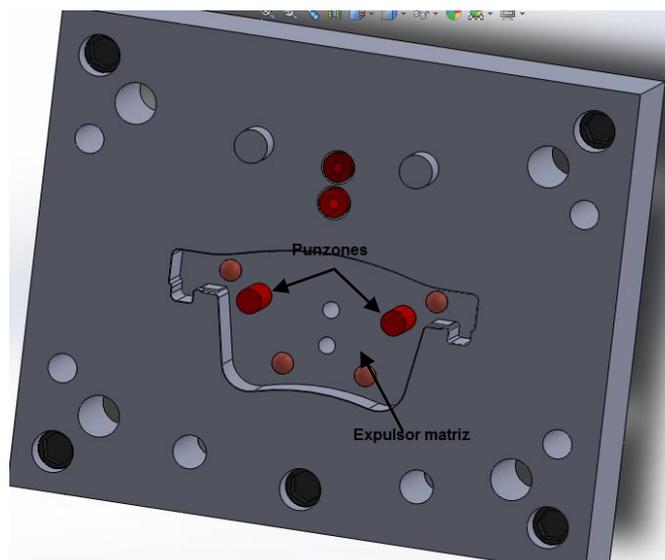


Figura 3.22 Matriz.

El valor de la tolerancia de corte, no sólo afecta directamente a la calidad de las piezas cortadas sino también a la vida de los utillajes. Es de suma importancia definir perfectamente esta tolerancia. En la práctica, la tolerancia de corte siempre se debe aplicar tomando como referencia dos valores fundamentales:

- El espesor del material
- Su resistencia al corte en MPa.

En este caso se tiene un espesor de **5,5 mm** y una resistencia mecánica de **440 MPa**.

En la figura 3.23 se observa la tabla con la relación entre ambos.

Resistencia al corte (MPa)	Factor de tolerancia
<100	0,01 · e
110-250	0,03 · e
260-390	0,05 · e
400-590	0,07 · e
600-990	0,09 · e
>100	0,10 · e

Figura 3.23. Tabla de factor de tolerancia.

Tomando como punto de partida el valor de la Resistencia al corte del material (columna izquierda de la tabla), se multiplica su correspondiente “Factor de tolerancia” (columna de la derecha), por el espesor “e” de la chapa.

El valor resultante de dicha operación, será la tolerancia total de corte que se aplicará entre la medida del macho y la matriz. Como se puede observar en la tabla, los valores indicados en la columna de la derecha “Factor de Tolerancia”, aumentan progresivamente al mismo tiempo que lo hacen los de la izquierda correspondientes a la Resistencia del material. Esto quiere decir que, cuanto mayor sea la resistencia del material tanto mayor será la tolerancia de corte, independientemente de que el espesor siga siendo el mismo. [13]

Una tolerancia de corte correcta comporta un acabado superficial de la chapa, en el que sus caras cortadas aparecen con un 1/3 de su espesor ligeramente brillante (zona de entrada del punzón), mientras que las 2/3 partes restantes tienen una superficie rugosa y paredes ligeramente cónicas (zona de salida del punzón). Véase imagen 3.24.

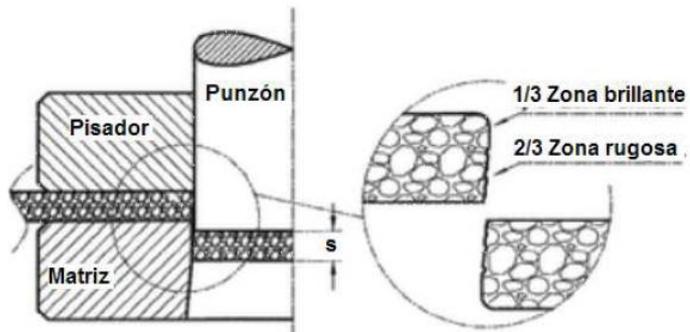


Figura 3.24. Tolerancia de corte correcta.

Una tolerancia excesiva provoca un desgarrado exagerado en las caras cortadas y un mayor desgaste de los elementos cortantes del utillaje. Al mismo tiempo, dichas caras quedan más cónicas y la fuerza de corte aumenta ligeramente.

En esas condiciones, el utillaje no trabaja adecuadamente y las piezas quedan con rebabas. Véase figura 3.25.

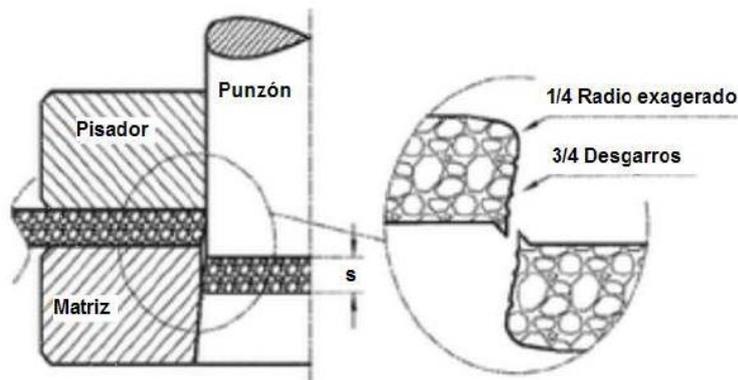


Figura 3.25. Tolerancia excesiva.

Y por ultimo una tolerancia insuficiente -figura 3.26 provoca una pared brillante en casi todo el espesor de la chapa, pero al mismo tiempo ocasiona un mayor e innecesario desgaste del utillaje. Aumentando notablemente la fuerza necesaria para producir el corte.

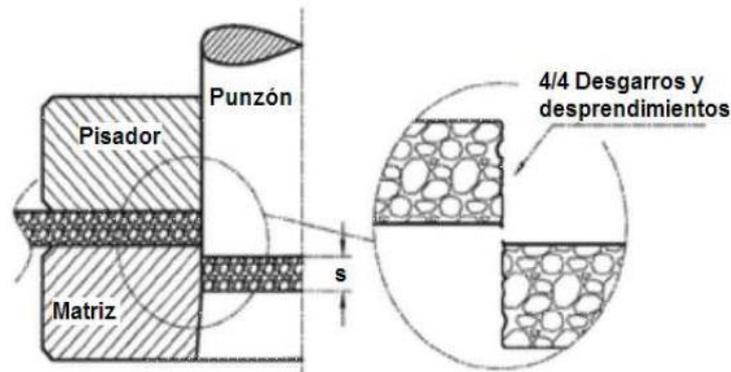
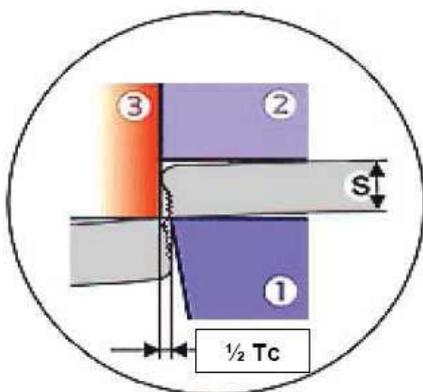


Figura 3.26. Tolerancia insuficiente.

Las paredes cortadas con una tolerancia insuficiente quedan más verticales que si aplicamos correctamente dicha tolerancia, pero se producen pequeños desgarros y desprendimientos del material que ocasionan “gripados” en los elementos deslizantes del utillaje.

Aplicando toda esta información a los datos del proyecto según la tabla de la figura 3.23 se obtiene:



$$S = 5,5\text{mm.}$$

$$R_m = 44 \text{ [Kg./mm}^2\text{].}$$

$$T_c = 0,07 \times 5,5 = 0,39 \text{ mm}$$

$$T_f = 0,19 \text{ mm}$$

Entre el punzón y la matriz como se ha calculado anteriormente, se deja un juego de 0,19-0,2 mm. Pero, ¿Donde se aplica la tolerancia de corte? ¿En el punzón o en la matriz?

La tolerancia de corte se aplica en el punzón o en la matriz según sea agujero o un perfil exterior lo que se desee cortar. [4]

- Agujeros: En los agujeros la medida nominal se aplica en el punzón y en la matriz se aplica la tolerancia de corte.
- Perfil exterior: En el perfil exterior la medida nominal se aplica en la matriz y la tolerancia en el punzón de corte.

En la figura 3.24 se muestra un ejemplo aclaratorio.

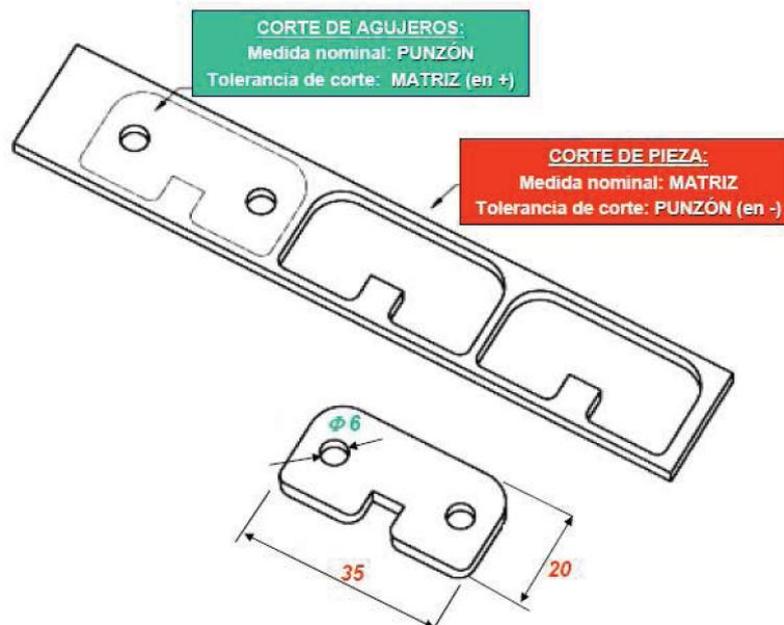


Figura 3.24 Ejemplo ¿Dónde aplicar la tolerancia de corte?

Una vez conocida la tolerancia, se procederá con los vaciados, estos se mecanizarán con las consiguientes descargas o ensanchamiento en sus medidas que permitan la caída de los retales una vez que hayan descendido unos pocos milímetros.

Las descargas a las que se hacen referencia (vida de matriz) acostumbran a tener unas medidas de entre 4 y 8mm, en el caso de nuestra matriz no será necesario ya que en la matriz no es necesario desalojar material cortado.

Se definen a continuación parámetros básicos de diseño así como se ilustra en la figura 3.27 las medidas generales de diseño del elemento:

- Matriz fijada mediante 5 tornillos de M12 a la base superior.
- Material de fabricación, acero F-521 templado y revenido. Hrc. 60
- Matriz simétrica por ambas caras para aumentar la vida del utillaje.

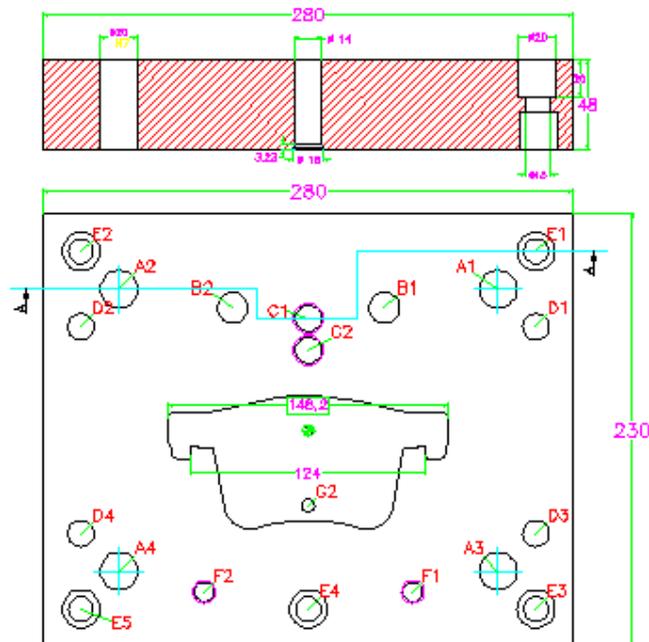


Figura 3.27. Medidas generales de matriz de corte.

Se puede observar en la imagen 3.27 y acotado en su vista de perfil que es una matriz simétrica, aumentando así su vida útil, ya que con solo darle la vuelta tenemos una matriz nueva. También se puede observar los orificios donde van alojadas las buterolas para embutir los tetones, se ha optado por este método ya que tienen muy fácil recambio en caso de rotura o desgaste sin afectar a la matriz.

A continuación en la figura 3.28 se adjunta una imagen más grafica en perspectiva de la pieza en la que se observan las características antes reseñadas y los tornillos de sujeción a la base.

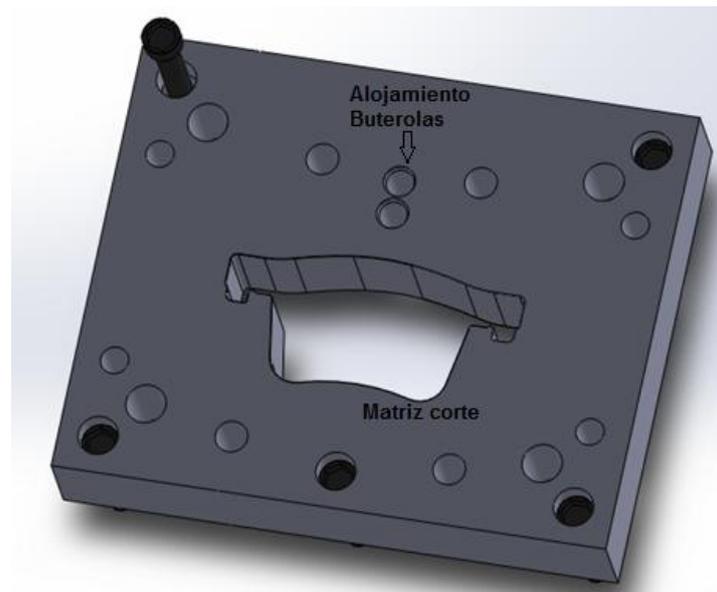


Figura 3.28. Matriz de corte.

### **Macho de corte**

El macho de corte no es más que un punzón con la forma que se requiere troquelar o cortar. Como se dispone de libertad para su diseño, se debe intentar dotarlos de formas redondeadas preferiblemente (que debilitan menos el material y la matriz) y de una construcción lo mas robustas posible, salvo que sea difícil porque la pieza lo requiera así.

Necesitamos realizar dos procesos en el segundo paso del troquel, tenemos que cortar la pieza exterior y punzonar los dos orificios interiores, es por ello que nuestro macho de corte hace función de macho y de matriz. En base a lo dicho anteriormente, se puede definir las siguientes características el macho de corte:

- Altura de 68mm.
- Sujeción mediante 5 tornillos de M10 x 1.5
- Material de fabricación, acero F-521 templado y revenido, 60Hrc

En la figura 3.28 se puede observar el diseño en perspectiva del macho de corte. Se observa también la sujeción del mismo en el útil que se realiza mediante tornillos de M10, hay que fijarlo bien ya que la relación superficie-espesor es grande, hay que tener en cuenta también que va enzunchado en la placa porta-machos aportándole mucha rigidez. También se observas los orificios que hacen de matriz para el punzonado.

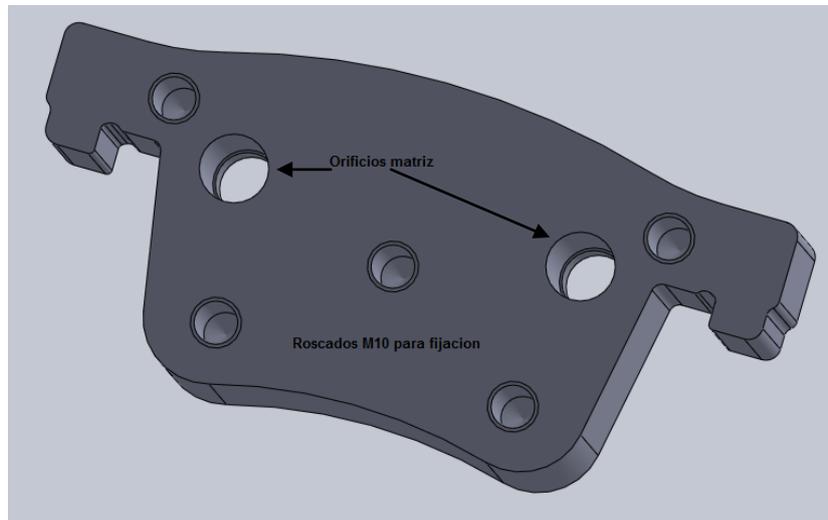


Figura 3.28. Macho corte.

En la figura 3.29 se puede observar un corte del macho para apreciar claramente los orificios que hacen función de matriz para el punzonado y la vida que tienen, también se observa el taladrado de mayor diámetro realizado para expulsar la chatarra originada y que no quede atascada.

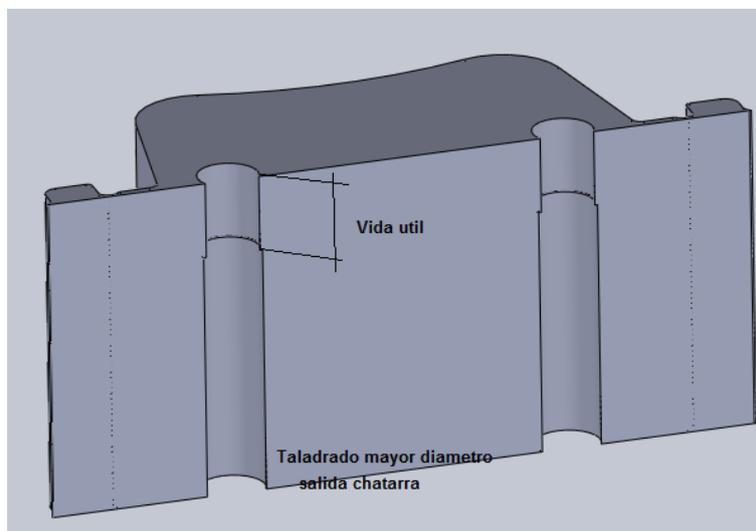


Figura 3.28. Corte transversal macho.

Es importante observar la distribución del macho en el utillaje buscando en todo momento los valores máximos de seguridad como se indicó en el apartado 3.3.4. Siempre que la pieza y el útil lo permitan hay que proceder de esta manera, ya que un buen diseño marca la diferencia entre un utillaje duradero y otro frágil.

## Punzones

Se recurre a los punzones para obtener la embutición de los tetones y el troquelado de los orificios de fijación interiores.

Como se dispone de libertad para su diseño, se debe intentar dotarlos de formas redondeadas en las aristas (matar arista) que debilitan menos el material y la matriz y de una construcción lo mas robustas posible, salvo que sea difícil porque la pieza lo requiera así.

Se distribuirán los punzones de corte en dos pasos consecutivos para mayor seguridad de la matriz, utilizando dos punzones normalizados según DIN 9861 en material HWS (12%Cr) para realizar los tetones en el primer paso ya que serán los que sirvan de referencia para los pilotos de centrado de la banda en pasos posteriores; dos punzones más liberarán las agujeros en el segundo paso al mismo tiempo que se corta la figura exterior

En la siguiente figura 3.29 se puede observar la distribución de los punzones.

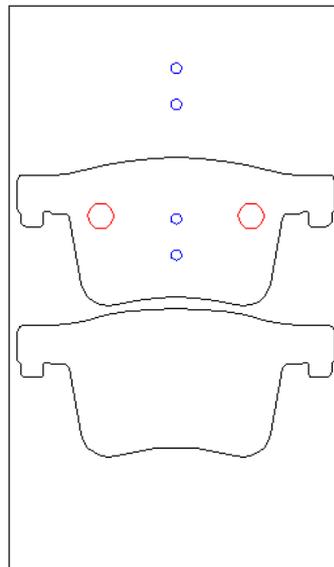


Figura 3.29. Disposición de los punzones en banda.

En base a lo calculado anteriormente para el caso de los punzones, se puede definir las siguientes características:

#### Punzón tetón:

- Altura de *64,2mm*.
- Ø: 6mm, arista redondeada,  $R=0,2mm$
- Sujeción mediante ajuste cabeza avellanada en porta punzones.
- Material de fabricación, acero F-521 templado y revenido.

#### Punzón interior:

- Altura de *77 mm*.
- Ø: 12mm, arista redondeada,  $R=0,2mm$
- Sujeción mediante ajuste cabeza avellanada en porta punzones.
- Material de fabricación, acero F-521 templado y revenido.

En la figura 3.30 se puede observar el diseño en perspectiva de los punzones con su distribución sobre la banda.

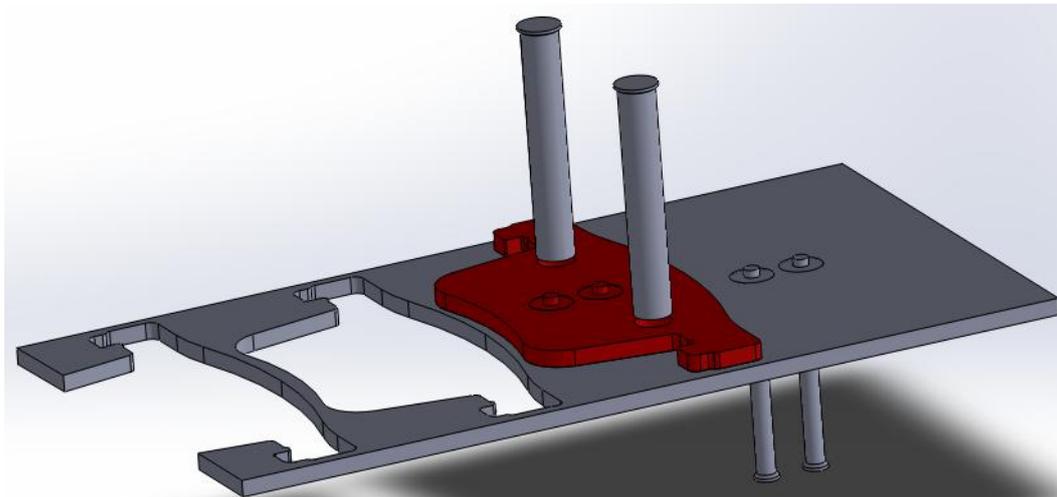


Figura 3.30. Punzones

Se observa también la sujeción de los mismos en el útil, esta se realiza mediante el alojamiento de la cabeza en el avellanado efectuado para tal caso, es más que suficiente teniendo en cuenta que van enzunchados en la placa porta-punzones. Es importante observar la distribución de los punzones de los que se ha dotado al utillaje buscando en todo momento los valores máximos de seguridad como se indicó en el apartado 3.3.4. Siempre que la pieza y el útil lo permitan hay que proceder de esta manera, ya que un buen diseño marca la diferencia entre un utillaje duradero y otro frágil.

Como se ha indicado en el apartado anterior dedicado a los machos, en el capítulo 4 de definición del proceso de fabricación y en el apartado de planos se amplía la información dada aquí para definir estos elementos. En el primero se detalla todo el proceso constructivo junto con las consideraciones oportunas a la hora de fabricar, en el segundo se adjunta un plano detallado con todas las medidas.

## Buterolas

Las buterolas no son más que pequeñas matrices independientes con la forma que se requiere embutir. Se recurre a este sistema con el fin de simplificar la matriz principal y dotarla de un mejor mantenimiento en caso de rotura.

Se distribuirán las buterolas de forma consecutiva para realizar los tetones en el primer paso, alojándolas en la matriz de la parte superior del utillaje y con las siguientes características:

- Altura de *48,8mm*.
- $\varnothing$  exterior: 14mm.
- $\varnothing$  interior: 4,9mm, arista redondeada,  $R=0,2mm$ .
- Sujeción mediante ajuste cabeza avellanada en matriz.
- Material de fabricación, acero F-521 templado y revenido.

El diseño de estos elementos es muy básico y de fácil construcción con el fin de crear una pieza simple y de rápida reparación ante posibles problemas. En la figura 3.31 se puede observar el diseño en perspectiva de las buterolas y la distribución y alojamiento en la matriz.

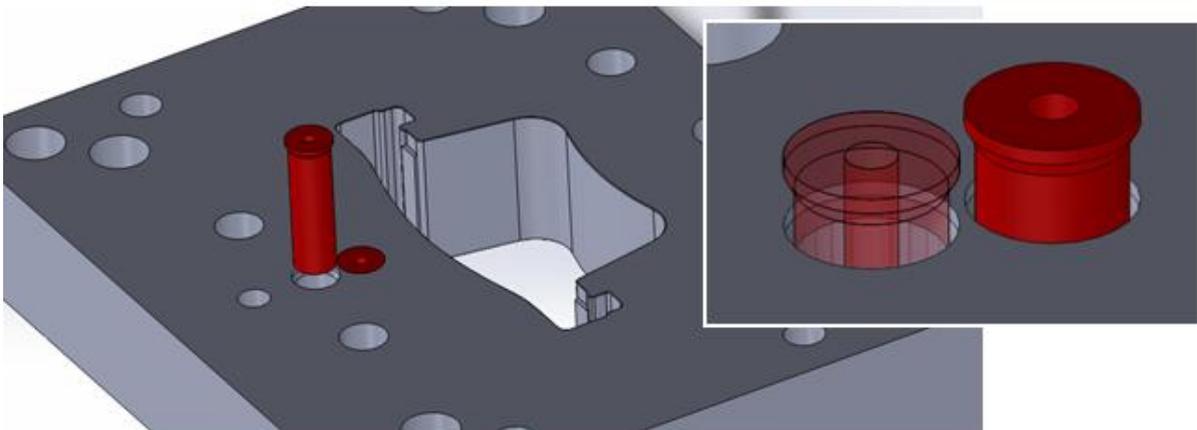


Figura 3.31. Buterolas

Las buterolas van enzunchadas en la matriz y asientan sobre la sufridera de buterolas a la que transmiten el golpe, está fijada a la matriz por medio de un tornillo M10 que fija base superior, sufridera de buterolas y matriz. Se le ha dotado de un radio de 0,2 mm en la arista interior para que el material fluya mejor y no se produzcan imperfecciones o grietas durante la embutición.

En la figura 3.32 se puede observar este detalle.

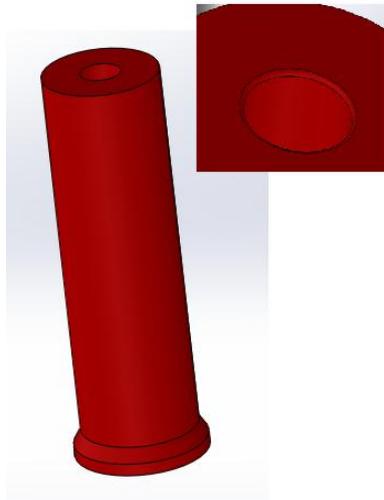


Figura 3.32. Buterolas

### ***Elementos de soporte.***

#### **Parte Inferior.**

- Base inferior.

Será el elemento encargado de acoger el macho, sufridera del macho, adiprenes, porta machos y punzones buterolas, su disposición y dimensiones se deben diseñar teniendo en cuenta la posibilidad de que puedan formar un grupo independiente del resto de componentes para facilitar su montaje y ajustes. Este componente es de vital importancia para asegurar una buena fijación de los elementos que intervienen en el corte. Es el encargado de fijar el troquel a la base de la prensa mediante mordazas hidráulicas.

Las características principales de este elemento serán:

- Material utilizado para su fabricación, acero F-114. Como no sufre ningún rozamiento no es necesario hacerle tratamientos térmicos.
- Deberá llevar dos mandrinados para montaje de las columnas guía así como todos los taladros y pasantes para fijar todos los elementos que porta.
- Las dimensiones generales serán  $450 \times 390 \times 78$  [mm].

En la siguiente imagen 3.33 se pueden observar algunas de estas características en vista isométrica.

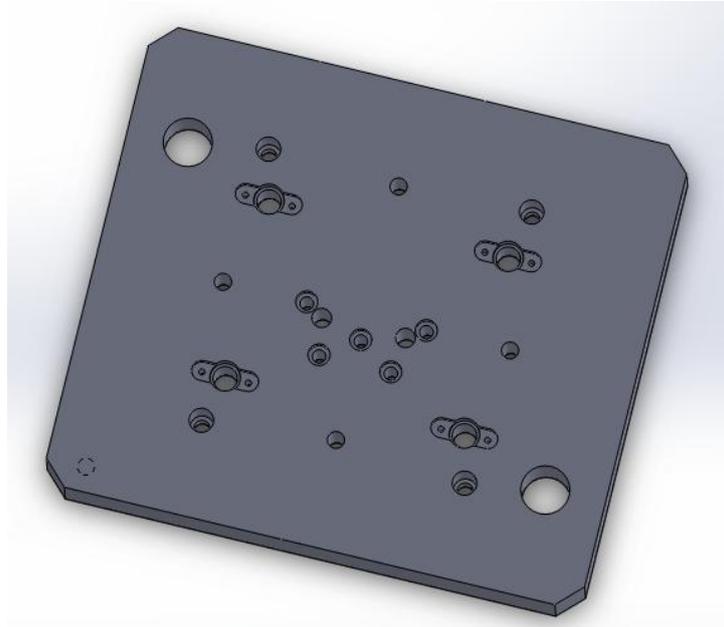


Figura 3.32. Base inferior

Se observa claramente los dos mandrinados para las guías, los taladros para fijar el macho en la parte central y las 4 guías del expulsor, aparte de los demás mecanizados necesarios para alojar los demás elementos que soporta. También la base inferior deberá disponer de los vaciados para la salida del desperdicio del material (chatarra).

Para consulta de todas las características de construcción, ajustes y montaje relacionadas con este elemento acúdase al apartado 4.1.

- Sufridera.

La misión de esta placa es únicamente absorber los impactos de los machos y punzones. Su fabricación es muy simple y solamente habrá que mecanizar los taladros para los elementos de sujeción del macho y salida de chatarra del mismo. Se situara en el cajeadado realizado en el porta machos para tal fin.

Sus características principales serán:

- Fabricación en acero F-522 templado y revenido.
- Altura de 18[mm].

Obsérvese la siguiente imagen 3.33 con las medidas generales en perspectiva. También se puede recurrir al plano 12 en el apartado de planos con el resto de medidas y especificaciones técnicas. Para consulta de todas las características de construcción, ajustes y montaje relacionadas con este elemento acúdase al apartado 4.4.

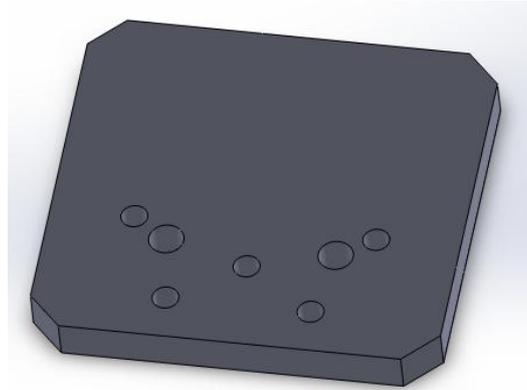


Figura 3.33. Sufridera

- Porta-machos.

La misión principal de este componente es la de alojar tanto el macho y punzones como los adiprenes encargados del retorno de la banda a su posición inicial. También aloja a la sufridera macho en el cajeadado realizado con tal fin.

Las características principales de este elemento serán:

- Material utilizado para su fabricación, acero F-114.
- Necesita tratamiento Hrc 54 tal y como ha sido indicado en los apartados teóricos que hacen referencia a estos dos elementos, si los machos van guiado en la placa pisa, no se requerirá un gran ajuste y precisión en los alojamientos del porta-machos.
- Fijación a la base inferior mediante 8 tornillos de M12 y 4 pasadores calibrados  $\text{Ø}14\text{ H7}$ .
- Altura de 55 [mm].

A continuación se adjuntan la imagen número 3.34 con vista en perspectiva.

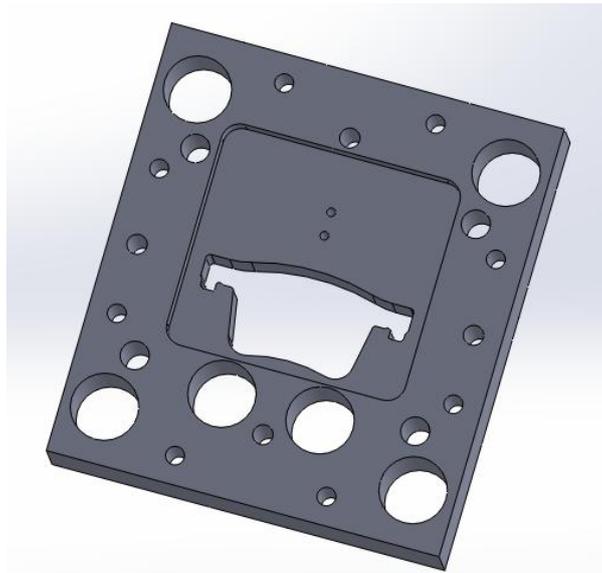


Figura 3.34. Porta machos

Se puede consultar resto de dimensiones y tolerancias sobre este elemento en el plano número 9 del apartado de planos. Véase también el apartado 4.3 para consultar todas las características de fabricación y ajustes para este elemento.

### Parte Superior.

- Base Superior.

La base superior tiene la misión de soportar elementos tales como matriz, buterolas, sufrideras, placa porta punzones y casquillos. Además es el elemento que se encarga de transmitir el movimiento desde la maquina a las partes del utillaje.

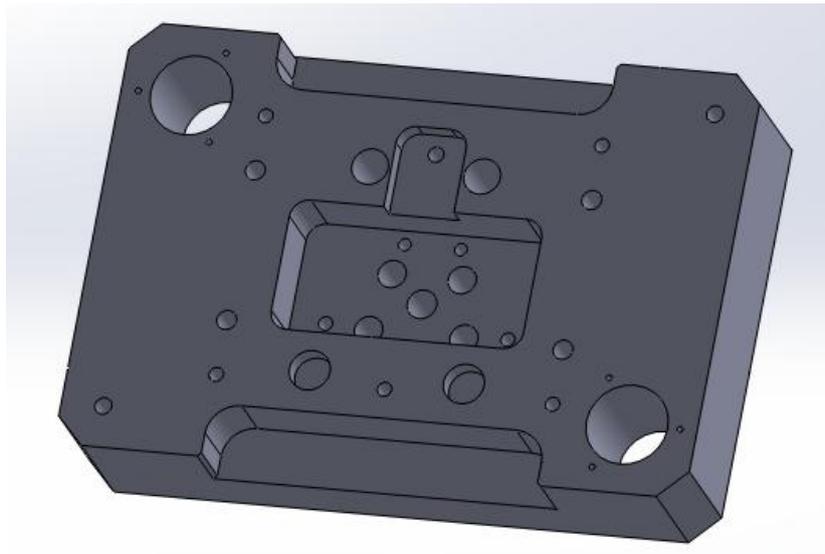
Al igual que para la base inferior, por comodidad de diseño se recurre a un armazón mecanizado sin tratamiento, pudiendo así diseñar los elementos que soporta con mayor libertad. Como ya se definió la base inferior y ambos elementos deben ir en consonancia al igual que el expulsor de macho, las medidas generales serán las marcadas por ella.

Así pues se tienen unas características generales para este elemento:

- Construcción en acero F-114 sin tratamientos.
- Medidas según fabricante de 450x310x91 [mm].
- Alojamiento mandrinados para elementos de guiado en las esquinas.

- Fresado en caras laterales para agarrar las mordazas hidráulicas de la presa y fijarla.
- Cajeadado interior para sufrideras y porta punzones.
- Taladros y pasantes para fijación de elementos.

A continuación se adjuntan la imagen número 3.35 con vista en perspectiva.



. Figura 3.35. Base superior

Véase plano adjunto número 6 en el apartado de planos para resto de medidas. Consúltense características de fabricación en el apartado 4.2.

- Sufridera.

La misión de esta placa es únicamente absorber los impactos de los punzones y buterolas. Su fabricación es muy simple y solamente habrá que mecanizar los taladros para los elementos de sujeción del expulsor matriz y punzones. Se situara en el cajeadado realizado en la ase superior para tal fin.

Tenemos también que tener en cuenta la entrada del verdugo de la prensa en la abertura del troquel, por lo que será necesario de dotar a la sufridera de un pasante de diámetro 21 *mm*.

Sus características principales serán:

- Fabricación en acero F-522 templado y revenido.
- Altura de 15[mm] para sufridera buterolas.
- Altura de 18[mm] para sufridera matriz

Obsérvese la siguiente imagen 3.36 en perspectiva ambas sufrideras.

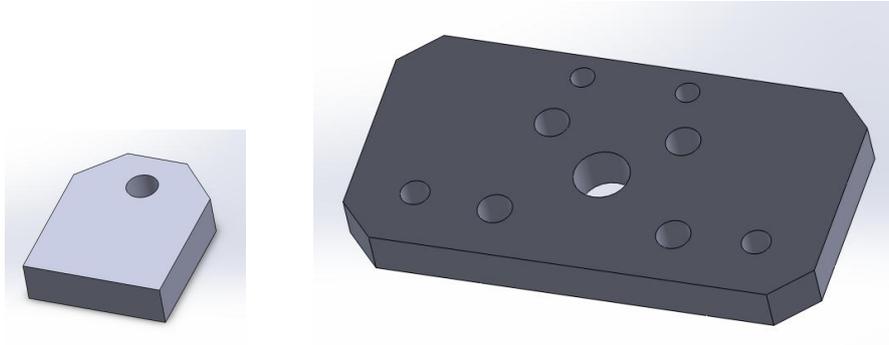


Figura 3.36. Sufridera buterolas y sufridera matriz.

También se puede recurrir a los planos 16 y 13 respectivamente en el apartado de planos con el resto de medidas y especificaciones técnicas. Para consulta de todas las características de construcción, ajustes y montaje relacionadas con este elemento acúdase al apartado 4.4.

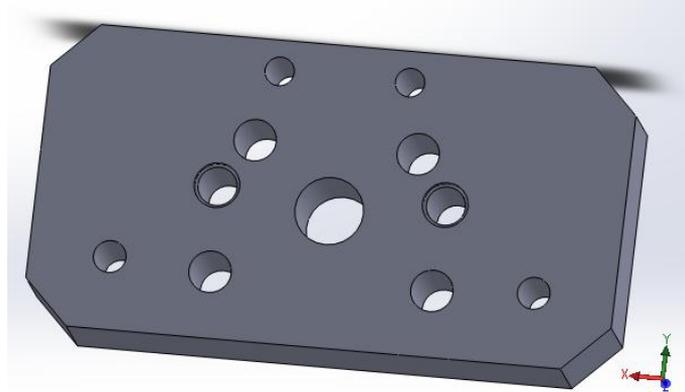
- Porta-Punzones

La misión principal de este componente es la de alojar los punzones, además del expulsor de macho. Fabricación muy simple, mecanizar y taladrar pasantes punzones y verdugo, tornillos expulsor de macho y libranzas expulsor aceite. Avellanar los pasantes punzones para albergar la cabeza de estos.

Las características principales de este elemento serán:

- Material utilizado para su fabricación, acero F-114.
- Necesita tratamiento Hrc 54
- Fijación a la base superior mediante 2 pasadores calibrados  $\varnothing 10$  H7.
- Altura de 29 [mm].

A continuación se adjuntan la imagen número 3.37 con vista en perspectiva. También se puede recurrir al plano 14 en el apartado de planos con el resto de medidas y especificaciones técnicas



. Figura 3.36. Porta punzones.

### ***Elementos de conexión.***

- Expulsor de macho-Placa Pisador.

Esta placa será la encargada directa de oprimir la banda de chapa contra las matrices durante la fase de trabajo del utillaje, evitando que los machos arrastren la chapa. Además, en este caso, servirá como expulsor de macho para retornar la banda a la posición de trabajo una vez troquelada la pieza. Como debe ir guiada para evitar desplazamientos transversales, se dotará a la placa pisa de 4 pasantes además de los taladros roscados para los adiprenes y de la cavidad del macho.

Para que el pisado de la banda sea efectivo, la chapa se centrará mediante la utilización de los pilotos, estos irán ubicados en esta placa, se debe por tanto mecanizar la forma de las cabezas para su perfecto ajuste.

Se mecanizará también dos pequeños taladros para albergar los punzones de los tetones.

Todas estas consideraciones de diseño se pueden observar en la siguiente imagen 3.37 con una vista isométrica de la pieza.

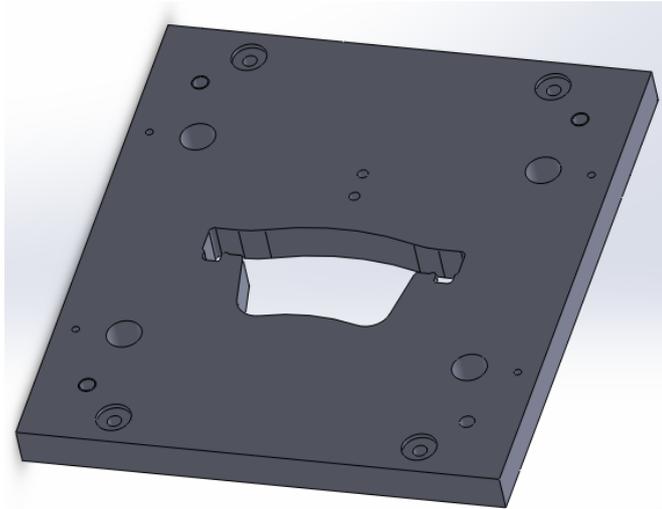


Figura 3.36. Expulsor de macho

Como se ha comentado anteriormente se pueden consultar todas las características de diseño en el capítulo 4, definición del proceso de fabricación, consultando el apartado 4.5 respectivamente. También se puede recurrir al plano 10 en el apartado de planos con el resto de medidas y especificaciones técnicas.

- Adiprenes

Se utilizan adiprenes para complementar las aplicaciones de muelles de acero donde la corrosión, vibración y magnetismo previenen el uso de muelles convencionales. Por esto, será necesario dotar a nuestro utillaje de adiprenes que realicen la función de resorte. Se utilizan adiprenes del proveedor Bru y Rubio, extra fuertes, de dureza 95 shore, con las siguientes características:

- Longitud: 65
- Diámetro exterior: Ø40mm.
- Diámetro interior: Ø13mm.

En la referencia bibliográfica [6] se puede ver los gráficos de flexión del adiprene elegido. Para una flecha máxima de 6mm realiza una fuerza de 250 kg con un diámetro max. de 49mm, por tanto los 6 resortes cumplen con creces la fuerza necesaria de pisado y elevación de banda.

Habrá que tener en cuenta el diámetro max del los alojamientos de los adiprenes en la placa porta machos. Puesto que para una flecha max de 24mm, tendrá un diámetro de 49.

La flecha de la matriz diselada es de 6,5mm, por lo que realizaremos los alojamientos con un diámetro de 47 mm, que es suficiente ya que nunca se llegara a esas cotas.

### **Factores de diseño.**

El funcionamiento de un utillaje progresivo de conformado en frío se basa en un movimiento vertical deslizante producido por una maquina especializada, en este caso una prensa hidráulica. Como se ha explicado en las fases iniciales del proyecto, mediante este movimiento se consigue que el utillaje provoque una transformación en el material.

Para conseguir una transformación lo más efectiva posible es necesario definir los parámetros de trabajo del utillaje para diseñar en función de ellos los distintos componentes.

Se procede a continuación a definir los parámetros para la elección de estos componentes, dos son los factores principales que intervienen:

- *Recorrido efectivo del utillaje.* Viene definido por el espacio que recorre la matriz para transformar la banda, equivale a la distancia que se debe comprimir los adiprenes. Hay que distinguir este recorrido del recorrido que realiza la prensa para que el utillaje realice su trabajo.

- *Fuerza de pisado.* Fuerza necesaria que han de ejercer los sistemas de pisado para evitar que la banda de material quede enganchada en los machos de corte, provocando su movimiento. Un apunte importante es que para este útil hay que definir estos dos parámetros tanto para los sistemas de pisado como para el sistema de elevación de la banda posterior, con la salvedad de que la fuerza de pisado será mayor en este caso fuerza de elevación de banda.

Así pues se tiene:

- *Recorrido efectivo del utillaje:* Viene definido por el espacio que debe elevarse la banda para recuperar su posición inicial una vez realizada la transformación.

- *Fuerza de elevación.* Fuerza necesaria para elevar la banda una vez realizado el corte y que será realizada por el expulsor de macho.

- *Recorrido efectivo pisado:* Como se ha expuesto en el apartado anterior de definición del expulsor que será el encargado de transmitir la fuerza de pisado, el recorrido efectivo lo marca la matriz que es la que se introduce en el macho. En este caso el recorrido efectivo es de *6mm*.

- *Fuerza de pisado*: Este valor se calcula de la siguiente forma:

5% de la fuerza de corte multiplicado por un coeficiente de seguridad de un 10% nos queda:

$$(1.258.307,513) * 1.1(FS) = 1.384.138,2643 \text{ [N]}$$

De los que el 5%;

$$F_{pisado} = 69206,913215 \text{ [N]}.$$

Entre 6 *adiprenes*, nos da una fuerza por adiprene de:

$$F_{pisado \text{ unitaria}} = 11534,486 \text{ [N]}.$$

- *Recorrido elevación de banda*: Recorrido necesario para elevar la banda y sacar la banda del macho: Equivale a 6mm, el mismo recorrido de pisado.

- *Fuerza de elevación*: La suficiente para elevar la banda tras la realización del corte final. Este valor es muy relativo y difícil de calcular, para este proyecto se calculará como la misma necesaria para realizar el pisado teniendo en cuenta que la fuerza para desenganchar la banda se la misma.

Así pues:

$$F_{elevación} = 11534,486 \text{ [N]}.$$

## 4 DEFINICIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL UTILLAJE.

En este capítulo se detallan las características y procesos de fabricación de cada uno de los elementos del útil, lo que sería el trabajo propio en el taller de fabricación, también en el último apartado se esquematiza el proceso de montaje, incluyendo todas las consideraciones constructivas.

### 4.1 BASE INFERIOR.

- Material: Cuando se trata de utillajes de pequeñas y medianas dimensiones es posible emplear acero suave de construcción o armazones normalizados de fundición. Para matrices de tamaño grande siempre es más barato y práctico utilizar fundición. En este caso se mecanizara en acero F-114 de resistencia aproximada de  $640[N/mm^2]$  tanto para la base inferior como para la superior. Véase apartado de planos.

- Dimensiones base inferior:

Planta,  $450mm \times 390mm$ .

Espesor,  $78mm$ .

Distancia entre columnas,  $350mm \times 210mm$ .

- Mecanizados: Se realizarán siguiendo la siguiente secuencia:

1. Corte de material con excedente de aproximadamente  $5mm$ .  
(Pelar material)
2. Mecanizado y limpieza de caras.
3. Mecanizado y taladrado de agujeros.
4. Roscado y mandrinado de agujeros. Los agujeros donde irán las columnas son mandrinados y perfectamente ajustados, el montaje de estos elementos es necesario un ajuste  $[H7/h7]$ .

- Tolerancias: Normalmente las tolerancias son las siguientes:

1. Paralelismo de  $0.005mm$  entre sus dos caras
2. Planitud de  $0.005mm \times 100mm$  en toda la superficie de trabajo
3. Perpendicularidad de  $0.003mm$  entre las columnas y la base.

- Tratamientos térmicos: Las bases no requieren de ningún tratamiento.

- Rectificado y pulido: Se realiza un rectificado y pulido en toda las caras exteriores para obtener un buen acabado.

- Ajustes y montaje de componentes: Con la pieza ya terminada se procederá con los ajustes y montaje de los componentes, para la base inferior son los siguientes:

1. Base inferior-macho: Montaje mediante 5 tornillos Allen DIN 912 (resistencia a la tracción de  $130/140$  [Kg./mm<sup>2</sup>]) de M10 y longitud  $113$ mm.
2. Base inferior-placa porta macho: la base va fijada al porta machos mediante 4 pasadores cilíndricos de  $\varnothing 14$ mm y longitud  $112$  mm, según DIN 6325, de acero U-13. Y mediante 8 tornillos M12 Allen DIN 912 (resistencia a la tracción de  $130/140$  [Kg./mm<sup>2</sup>]) y longitud  $80$  mm,
3. Base inferior-expulsor de macho: Montaje mediante 4 tornillos Allen DIN 912 (resistencia a la tracción de  $130/140$  [Kg./mm<sup>2</sup>]) de M10 y longitud  $105$ mm, sirven también de guía-fijadores adiprenes.
4. Base-Columnas: Como se explico con anterioridad estos elementos llevan un ajuste [H7/n7].

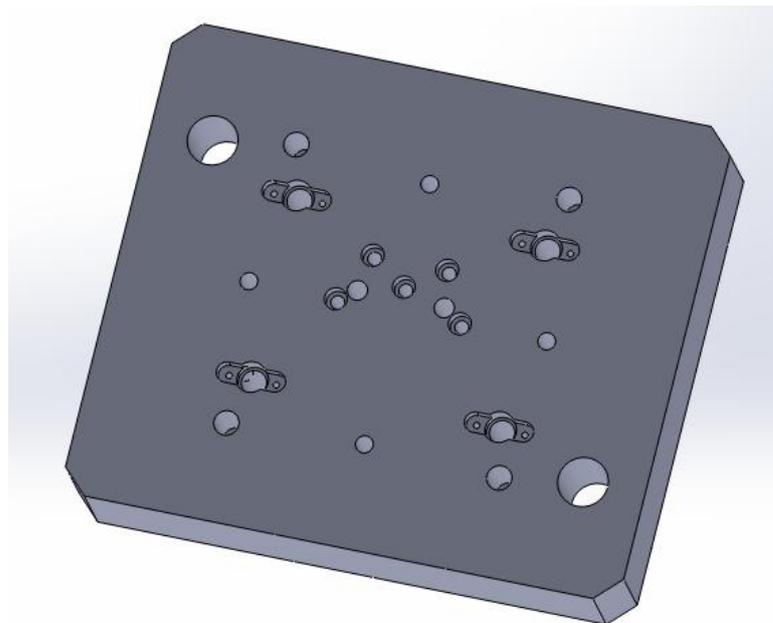


Figura 4.1. Base inferior.



3. Base superior-expulsor de matriz: Montaje mediante 4 tornillos Allen DIN 912 (resistencia a la tracción de 130/140 [Kg./mm<sup>2</sup>]) de M10 y longitud 85mm.
4. Base superior-sufridera: Montaje mediante 3 tornillos Allen DIN 912 (resistencia a la tracción de 130/140 Kg./mm<sup>2</sup>) de M8 y longitud 65mm.
5. Base-casquillos columnas: mediante 6 tornillos Allen DIN 912 (resistencia a la tracción de 130/140 Kg./mm<sup>2</sup>) de M5 y longitud 20mm.

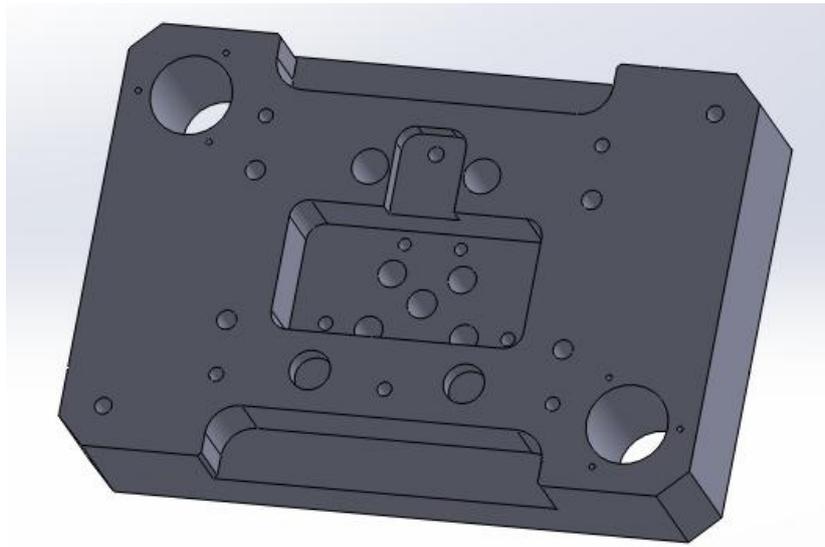


Figura 4.1. Base superior.

### 4.3 PORTA MACHOS

- Material: El porta machos es una parte del utillaje sometida a muy pocas solicitaciones, solo en los casos en los que es utilizado para portar machos múltiples requiere mayor resistencia a fuerzas laterales, en nuestro caso el macho será la que absorba la mayor parte del impacto pero siempre es importante dotarla de rigidez extra por medio del porta machos. En función del tipo, se suele utilizar para su construcción los siguientes materiales:

- a) F- 112 Para placas de tamaño grande
- b) F- 114 Para placas de tamaño mediano
- c) F-522 Para placas de tamaño pequeño

Para este proyecto, por todo lo explicado anteriormente, se utilizará un acero F-114 con un tratamiento térmico Hrc 54-56, aunque no posee las

mismas características mecánicas del F-522 resulta más económico y cumple con la labor.

- Dimensiones: Planta, 280mm x 310mm  
Alto, 55mm.

- Mecanizados: Se realizarán siguiendo la siguiente secuencia:

1. Corte de material con excedente de aproximadamente 5mm.
2. Limpieza y escuadrado de caras.
3. Mecanizado de agujeros y figuras. Para esta placa se observan diferentes transformaciones a realizar:

- En primer lugar se mecanizara la cavidad que aloja la sufridera del macho y de los punzones de los tetones.

- Posteriormente se realizaran todos los taladros y pasantes.

- Mandrinado de alojamientos adriprenes,

- Y por último se realizara mediante el hilo de corte de la máquina de electro-erosión la cavidad del macho de corte.

1. Roscado y mandrinado de agujeros.

- Tolerancias: Para este tipo de placa se respetan las siguientes tolerancias:

1. Paralelismo entre caras de apoyo  $\leq 0.005\text{mm}$ .
2. Planitud de  $\leq 0,005\text{mm}$  x 100mm en toda la superficie de trabajo
3. Perpendicularidad de  $\leq 0.005\text{mm}$ .

- Tratamientos térmicos: se aplica un tratamiento térmico 54-56 Hrc, debido a que no sufre grandes sollicitaciones por rozamiento, compresión o fatiga.

-Erosión, rectificado y pulido: Todas las siluetas de alojamiento de los macho y de los cilindros de fijación se realizarán mediante electro-erosión de corte por hilo con un excedente de 0.5mm respecto a las figuras de corte de a matriz. Posteriormente es muy importante realizar un rectificado de las caras de apoyo.

- Ajustes y montaje de componentes: Los ajustes serán los siguientes:

1. Porta machos – Base inferior: El porta machos junto con los elementos que lleva acoplados (macho, sufrideras, adiprenes) descansa sobre la base inferior a la que va sujeto mediante 4 pasadores cilíndricos de  $\varnothing 14\text{mm}$  y longitud 112 mm, según DIN 6325, de acero U-13. Y mediante

- 8 tornillos M12 Allen DIN 912 (resistencia a la tracción de 130/140 [Kg./mm<sup>2</sup>]) y longitud 80 mm.
2. Porta machos-adiprenes, montaje 6 tornillos M10 Allen DIN 912 (resistencia a la tracción de 130/140 [Kg./mm<sup>2</sup>]) y longitud 104 mm.

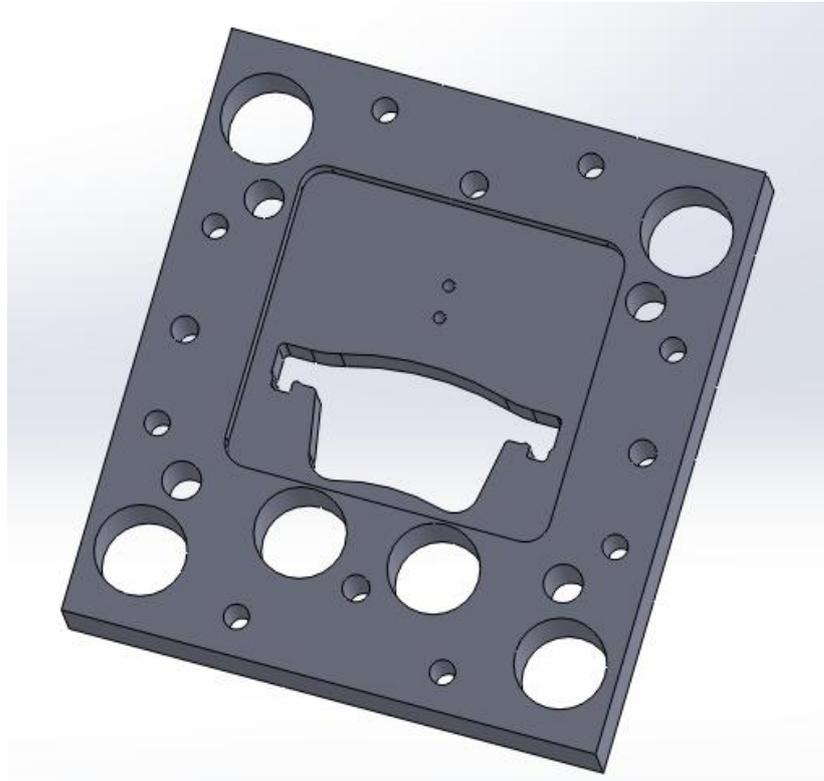


Figura 4.2.Placa portamachos

#### 4. 4 SUFRIDERA.

- Material: Para la construcción de las placas de choque se emplean materiales que admitan el temple y que conserven asimismo tenacidad y cohesión en el núcleo. Un material adecuado y muy empleado es el acero al carbono del tipo F522 y el F114 debidamente templados a una dureza de HRc. 56 (además se suele hacer un templeado de baja dureza antes del mecanizado para evitar deformaciones). Algunos matriceros optan por la elección de un acero indeformable de 100-120 [Kg./mm<sup>2</sup>] para evitar el tratamiento térmico y el rectificado posterior de la placa.

El material usado para la sufridera será el acero al carbono F-522 (Temp. y Revenido a una dureza de HRc.56)

- Dimensiones sufridera:

Sufridera macho:	Planta, 169,5mm x 160,5mm Espesor, 18mm
Sufridera matriz:	Planta, 179,5 x 94,5mm Espesor, 18mm
Sufridera buterolas:	Planta, 49,5 x 59,75mm Espesor, 15mm

- Mecanizados: Se realizarán siguiendo la siguiente secuencia:

1. Corte de material con excedente de aproximadamente 5mm, aparte de las necesarias tolerancias dimensionales, tanto de longitud como de anchura o espesor, se debe poner especial atención en conseguir un máximo paralelismo entre las dos caras de trabajo para evitar que se produzca una falta de asiento de los elementos.

2. Mecanizado y limpieza de caras.
3. Fresado de agujeros y chaflanes.
4. Mecanizado de figuras: No requiere ningún mecanizado d figuras.

- Tolerancias: Normalmente las tolerancias son las siguientes;

1. Paralelismo entre caras de apoyo  $\leq 0.005mm$ .
2. Planitud de  $\leq 0,005mm \times 100mm$  en toda la superficie de trabajo
3. Perpendicularidad de  $\leq 0.005mm$ .

- Tratamientos térmicos: Para esta placa será necesario templado y revenido. Dependiendo de las deformaciones que se pudieran sufrir cabe la posibilidad de realizar un templado de baja dureza antes de mecanizar, en nuestro caso no es necesario.

-Erosión, rectificado y pulido: Es muy importante realizar un rectificado de las caras de apoyo teniendo muy en cuenta el paralelismo entre ellas, que será de vital importancia para asegurar un perfecto apoyo de los punzones, del macho y de las buterolas.

- Ajustes y montaje de componentes:

La sufridera macho va montada en el interior de la placa portamachos, para su montaje y perfecto ajuste se han 5 tornillos M10 x 1.5 Allen DIN 912 (resistencia a la tracción de 130/140 [Kg./mm<sup>2</sup>]) y longitud 112 mm que son a su vez los encargados de fijar el macho de corte a la base inferior.

La sufridera matriz (punzones) va montada en el interior de la base superior, en el cajeadado fresado para tal fin mediante 2 tornillos Allen DIN 912 (resistencia a la tracción de 130/140 Kg./mm<sup>2</sup>) de M8 y longitud 65mm.

La sufridera buterolas va montada en el interior de la base superior, en el cajeadado fresado para tal fin, no se encuentra fijada a ningún elemento, queda encajada entre la base superior y la matriz de corte.

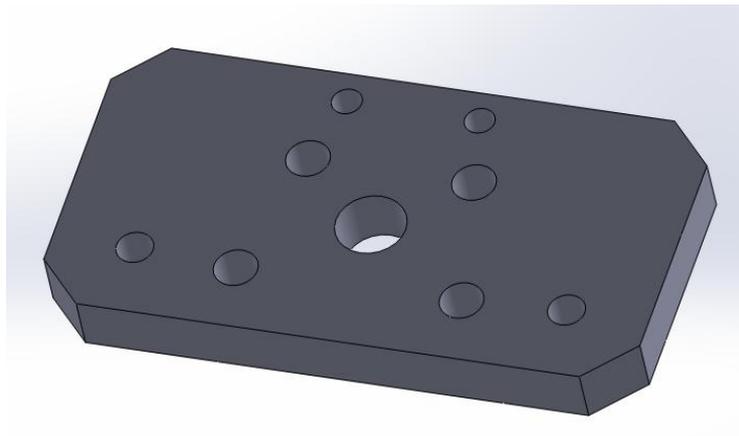


Figura 4.3. Sufridera matriz

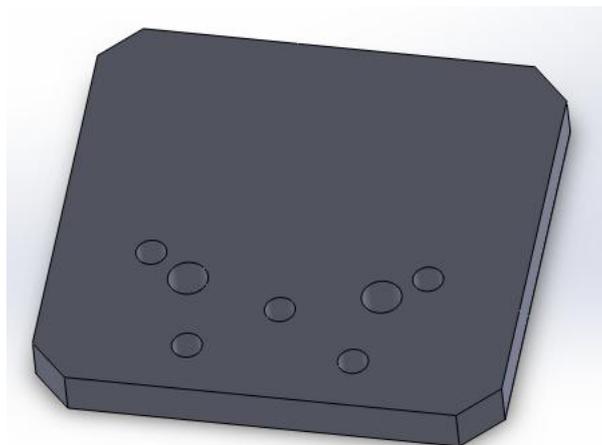


Figura 4.4. Sufridera macho

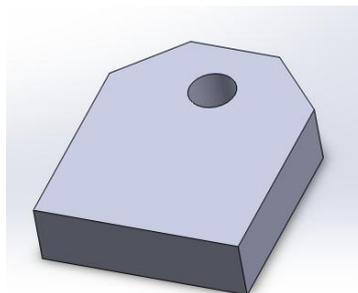


Figura 4.5. Sufridera buterola.



- Ajustes y montaje de componentes: Los ajustes serán los siguientes:

1. Matriz de corte – Base superior: se realiza mediante 5 tornillos Allen DIN 912 (resistencia a la tracción de 130/140 Kg./mm<sup>2</sup>) M12 de 70mm de longitud, queda suficientemente fijada, impidiendo posibles alteraciones en la dirección de la banda.
2. Matriz de corte – Base superior, montaje 4 guías diámetro 14 mm y longitud 140mm, ajuste H7/m6.

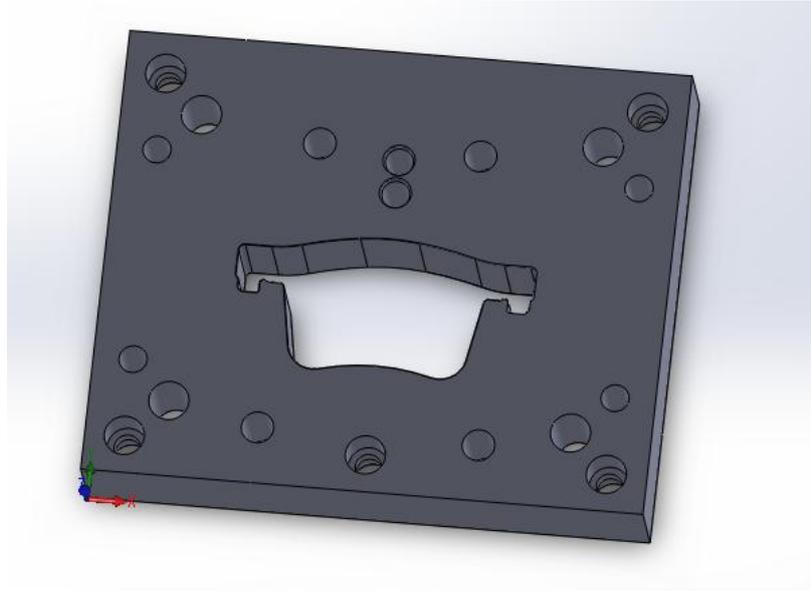


Figura 4.5. Matriz corte

#### 4.6 PORTA-PUNZONES.

- Material: El material empleado para la construcción de los porta punzones normalmente es el acero suave al carbono. Cuando se desee que los punzones vaya ajustados con apriete y en consecuencia con exactitud y rigidez, nos interesa más construirla en uno de mayor resistencia y tenacidad, tal como el acero semi-duro F- 522. Pese a la gran exactitud que han de tener los vaciados donde se han de alojar los punzones, así como un buen control geométrico y dimensional, el porta punzones también se somete a tratamiento térmico de temple y revenido.

En este caso se ha utilizado el acero F-114 al que se le someterá a un tratamiento, HRc 56, aunque no posee las mismas propiedades del F-522 resulta más económico y cumple de sobra las sollicitaciones de este proyecto, por otra parte resulta de mejor calidad que los F-111 y F-112 que también se utilizan.

- Dimensiones: Planta, 179,5mm x 94,5mm  
Espesor, 29mm.

- Mecanizados: Se realizarán siguiendo la siguiente secuencia:

1. Corte de material con excedente de aproximadamente de  $3\text{mm}$  a  $5\text{mm}$ , se poner especial atención en conseguir un máximo paralelismo entre las dos caras de trabajo para evitar que se produzca una falta de asiento de los elementos.
2. Limpieza y escuadrado de caras.
3. Punteado y taladrado de agujeros.
4. Mandrinado pasante verdugo.

- Tolerancias: Para este tipo de placa se respetan las siguientes tolerancias;

1. Paralelismo entre caras de apoyo  $\leq 0.005\text{mm}$ .
2. Planitud de  $\leq 0,005\text{mm}$  x  $100\text{mm}$  en toda la superficie de trabajo
3. Perpendicularidad de  $\leq 0.005\text{mm}$  entre los punzones y la cara de apoyo.

- Tratamientos térmicos: tratamiento de temple y revenido HRc 56.

- Erosión, rectificado y pulido: no se realiza ninguno de estos procesos.

- Ajustes y montaje de componentes: Los ajustes serán los siguientes:

1. Porta-punzones- Sufridera: Ambas placas van montadas en la base superior mediante una sujeción por 2 tornillos Allen DIN 912 (resistencia a la tracción de  $130/140\text{ Kg. /mm}^2$ ) de M8 y longitud  $65\text{mm}$ .
2. Porta-punzones- Sufridera: Ambas placas van montadas en la base superior mediante dos guías diámetro  $10\text{ mm}$  y longitud  $90\text{ mm}$ , ajuste H7.
3. Porta-punzones-Punzones: los punzones van fijados al porta-punzones mediante un chaflán realizado para alojar la cabeza del punzón, el mecanizado y acabado del porta no requerirá de ningún tipo de acabado especial. No se exige ningún tipo de ajuste ya que será el expulsor de macho el que se utilizará para guiar los punzones.

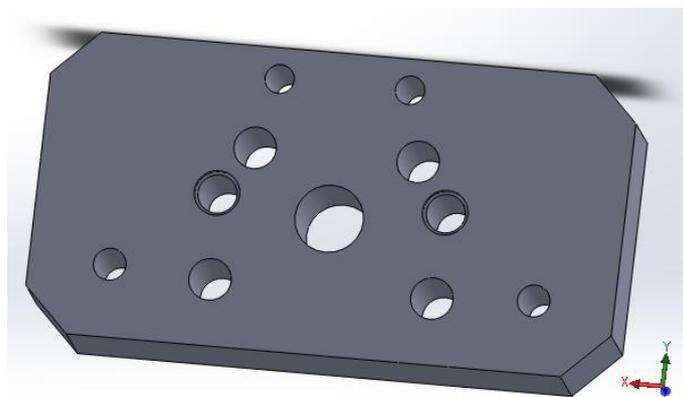


Figura 4.6. Placa porta-punzones

## 4.7 MACHO DE CORTE.

-Materiales: Para machos destinados al corte se utilizarán materiales destinados para tal fin, que son los siguientes:

- a) F- 522 Templado y Revenido HRc. 60-62, matrices de poca producción
- b) F- 521 Templado y Revenido HRc. 60-62, matrices de media producción.
- c) 1.3344 Templado y Revenido HRc. 62-64, matrices de alta producción.
- d) Widia Matrices de gran producción.

En este caso se utilizará un acero F-521 templado y revenido con una dureza HRc 60.

- Dimensiones Macho:

Planta: Varias, véanse planos anexos.  
Altura: 68mm.

- Mecanizados: Se realizarán siguiendo la siguiente secuencia:

1. Corte del material con un excedente de 5mm aproximadamente.
2. Limpieza y escuadrado de caras.
3. Mecanizado, desbaste y taladrado de agujeros, se procederá mediante fresa o taladro a realizar tanto los alojamientos para los tornillos como el taladro de 6,5 mm de inicio para el posterior proceso de electro-erosión.
4. Mandrinado y roscado de agujeros.
5. Corte final del contorno mediante hilo.

- Tolerancias: Para este tipo de placa se respetan las siguientes tolerancias:

1. Paralelismo entre caras de apoyo  $\leq 0.005\text{mm}$ .
2. Planitud de  $\leq 0,005\text{mm}$  x 100mm en toda la superficie de trabajo.
3. Perpendicularidad de  $\leq 0.005\text{mm}$ .

- Tratamientos térmicos: Según las características de este tipo de elementos se utilizará acero F- 521 que permite que se le pueda aplicar un tratamiento de templado y revenido HRc. 60. Dicho tratamiento se efectuará tras realizar los mecanizados hechos por fresa o taladro pero antes de efectuar el corte por hilo de la figura final, ya que durante el temple las tolerancias varían y obtendríamos un macho defectuoso.

- Ajustes y montaje de componentes; Los ajustes serán los siguientes:

1. Macho – Base inferior: Irán sujetos directamente a la base superior mediante 5 tornillos Allen DIN 912 (resistencia a la tracción de 130/140 Kg./mm<sup>2</sup>) M10 x 1,5 de 114mm.
2. Macho– Sufridera: Este elemento descansa en la sufridera que es la encargada de absorber el impacto, sujetos por los mismos tornillos de amarre a la base inferior.

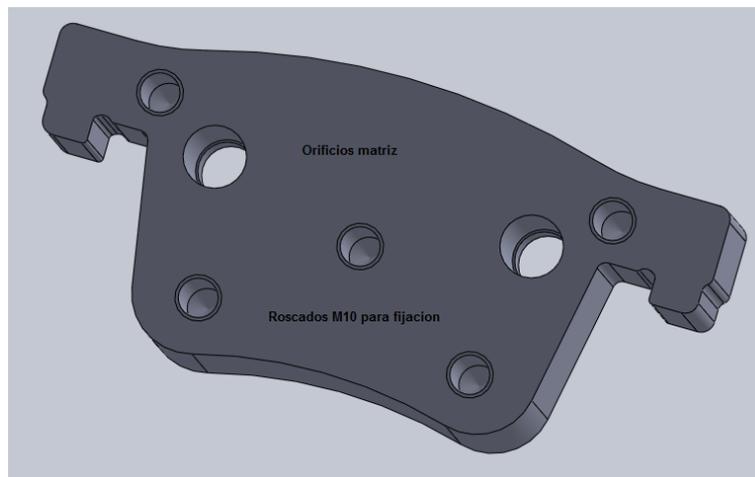


Figura 4.7 Macho de corte.

## 4.8 EXPULSOR DE MACHO

- Material: En matrices con producciones elevadas, es aconsejable que la zona del expulsor en contacto con la chapa se haga con un postizo templado, de manera que no llegue a marcarse y sea de fácil mantenimiento; esta placa será la que transmite el movimiento y hace las veces de pisador.

Materiales más aconsejables para su construcción:

- a) F- 114 o F- 522: Para placas de tamaño pequeño
- b) F-114 o F-112: Para placas de tamaño mediano
- c) F-112 o Fundición: Para placas de tamaño grande

El material empleado para la construcción del expulsor como se ve, varía normalmente en función de las dimensiones del utillaje, en este caso y tratándose de una matriz pequeña-media se utilizará el material caracterizado

por una mayor resistencia y tenacidad que cumple mejor con las exigencias de utilización y tratamientos requeridos. Así pues debido al constante deslizamiento se opta por un acero F- 522 Templado y Revenido de dureza HRc. 56.

- Dimensiones expulsor macho:

Planta, 280mm x 310mm

Espesor, 24mm. Normalmente para la placa pisa y expulsor de macho suele calcularse un espesor total de aproximadamente un 30% a 40% de la longitud de los punzones.

- Mecanizados: Se realizarán siguiendo la siguiente secuencia:

1. Corte del material con un excedente de 5mm aproximadamente. Este excedente ha de servir para su posterior limpieza y escuadrado de sus caras.
2. Limpieza y escuadrado de caras
3. Mecanizados, se realizarán los alojamientos para los punzones de los tetones y los taladros de iniciación para la fase de electro-erosión (taladros de 5mm de diámetro).
4. Mandrinado y roscado de agujeros
5. Corte mediante electro-erosión de la cavidad donde se aloja el macho de corte, se realiza después del temple.

- Tolerancias: Para este tipo de placa se respetan las siguientes tolerancias;

1. Paralelismo entre caras de apoyo  $\leq 0.005\text{mm}$ .
2. Planitud de  $\leq 0,005\text{mm}$  x 100mm en toda la superficie de trabajo
3. Perpendicularidad de  $\leq 0.005\text{mm}$  entre el macho y la cara de apoyo.

- Tratamientos térmicos: Debido al constante deslizamiento con el desgaste que ello supone, se necesitan materiales duros y resistentes, para este proyecto se utilizará acero F- 522 Templado y Revenido HRc. 56. Dicho tratamiento se efectuará tras realizar los mecanizados hechos por fresa o taladro pero antes de efectuar el corte por hilo del alojamiento del macho de corte, ya que durante el temple las tolerancias varían y podríamos tener problemas por fricción con el macho.

-Erosión, rectificado y pulido: la siluetas de alojamiento del macho se realiza mediante electro-erosión de corte por hilo, que proporciona mayor precisión y calidad. Posteriormente es muy importante realizar un rectificado de las caras de apoyo teniendo muy en cuenta el paralelismo entre ellas que garantice un correcto apoyo de los componentes.

- Ajustes y montaje de componentes: Los ajustes serán los siguientes:

1. Expulso macho – base inferior: se sujetara mediante 4 tornillos Allen DIN 912 (resistencia a la tracción de 130/140 Kg./mm<sup>2</sup>) de M10 y longitud 105mm y 4 guías cilíndricas  $\varnothing 20$ mm y de longitud 1660mm, según norma DIN 6325, de acero U-13, dureza Rc 60/62 en un ajuste [H7/m6].

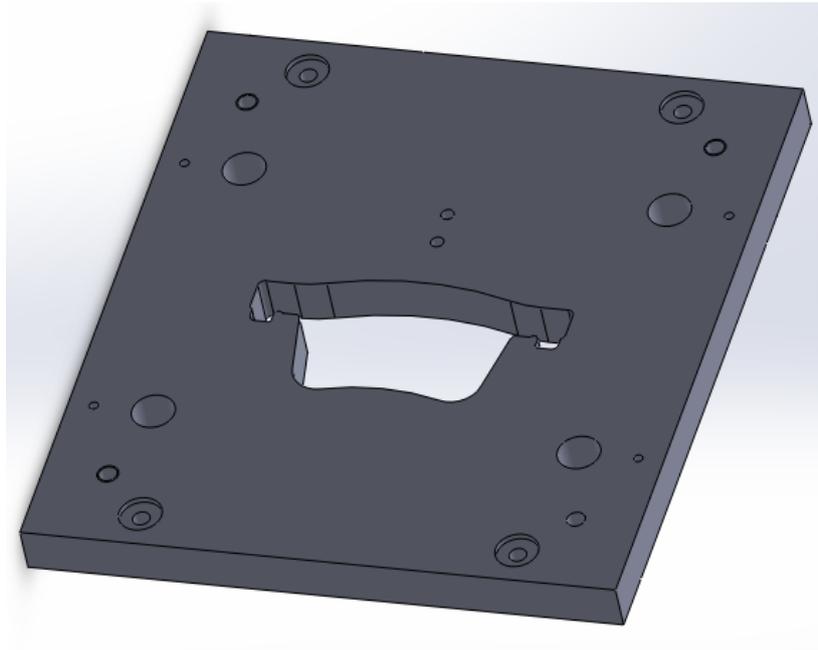


Figura 4.8 Expulsor de macho.

## 4.9 EXPULSOR DE MATRIZ

- Material: En matrices con producciones elevadas, es aconsejable realizar un templado del expulsor para endurecerlo de manera que no llegue a marcarse y sea de fácil mantenimiento, hace las veces de pisador.

Materiales más aconsejables para su construcción:

- a) F- 114 o F- 522: Para placas de tamaño pequeño
- b) F-114 o F-112: Para placas de tamaño mediano
- c) F-112 o Fundición: Para placas de tamaño grande

El material empleado para la construcción del expulsor como se ve, varía normalmente en función de las dimensiones del utillaje, en este caso y

tratándose de una matriz pequeña-media se utilizará el material caracterizado por una mayor resistencia y tenacidad que cumple mejor con las exigencias de utilización y tratamientos requeridos. Así pues debido al constante deslizamiento se opta por un acero F- 522 Templado y Revenido de dureza HRc. 56.

- Dimensiones expulsor matriz:

Planta, 185mm x 105mm  
Espesor, 34mm.

- Mecanizados: Se realizarán siguiendo la siguiente secuencia:

1. Corte del material con un excedente de 5mm aproximadamente. Este excedente ha de servir para su posterior limpieza y escuadrado de sus caras.
2. Limpieza y escuadrado de caras
3. Mecanizados, se realizarán los alojamientos para los expulsores de aceite, punzones y libranzas tetón, acabado H7, el taladro de iniciación para la fase de electro-erosión (taladro de 6mm de diámetro).
4. Roscado de agujeros fijación base superior.
5. Corte mediante electro-erosión de la figura del expulsor, se realizara después del temple.

- Tolerancias: Para este tipo de placa se respetan las siguientes tolerancias;

1. Paralelismo entre caras de apoyo  $\leq 0.005\text{mm}$ .
2. Planitud de  $\leq 0,005\text{mm}$  x 100mm en toda la superficie de trabajo
3. Perpendicularidad de  $\leq 0.005\text{mm}$ .

- Tratamientos térmicos: Debido al constante deslizamiento con el desgaste que ello supone, se necesitan materiales duros y resistentes, para este proyecto se utilizará acero F- 522 Templado y Revenido HRc. 56. Dicho tratamiento se efectuará tras realizar los mecanizados hechos por fresa o taladro pero antes de efectuar el corte por hilo del alojamiento del macho de corte, ya que durante el temple las tolerancias varían y podríamos tener problemas por fricción con la matriz.

-Erosión, rectificado y pulido: la silueta del expulsor dematriz se realiza mediante electro-erosión de corte por hilo, que proporciona mayor precisión y calidad. Posteriormente es muy importante realizar un rectificado de las caras de apoyo teniendo muy en cuenta el paralelismo entre ellas que garantice un correcto apoyo de los componentes.

- Ajustes y montaje de componentes: Los ajustes serán los siguientes:

1. Expulsor matriz – base superior: se sujetara mediante 4 tornillos Allen DIN 912 (resistencia a la tracción de 130/140 Kg./mm<sup>2</sup>) de M10 y longitud 82mm. No necesita guías ya que desliza sobre la matriz.
2. Expulsor de aceite – expulsor de macho: van remachados por la cabeza del expulsor para que no salten, se remachan a mano mediante con un martillo de bola.

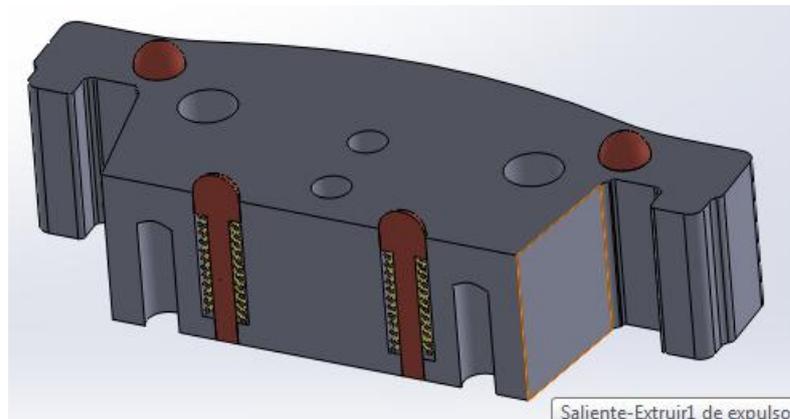


Figura 4.9 Expulsor de matriz con corte

## 4.10 PUNZONES

### Punzones tentones:

Se utilizarán punzones según DIN 9861 en material HWS (12%Cr) de dureza 64 HRC en Ø6mm y 64,2mm de longitud. Cabeza avellanada para fijarlos en el porta punzones y aumentar la superficie de contacto con la sufridera. [6]

### Punzones interiores:

Se utilizarán punzones según DIN 9861 en material HWS (12%Cr) de dureza 64 HRC en Ø12mm y 77mm de longitud. Cabeza avellanada para fijarlos en el porta punzones y aumentar la superficie de contacto con la sufridera. [6]

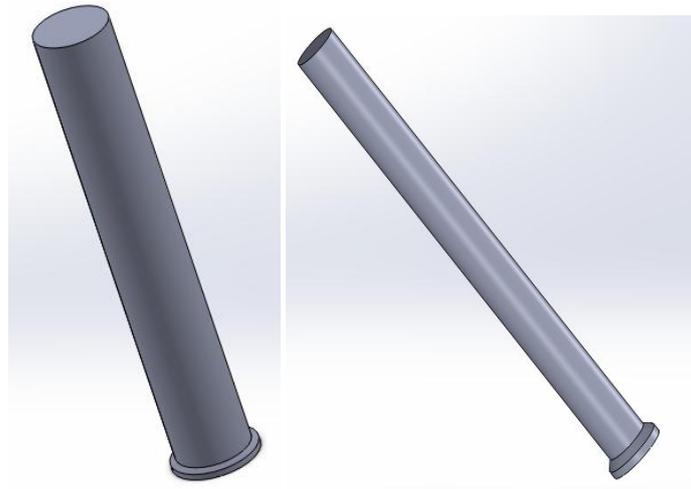


Figura 4.10 Punzones.

## 4.11 BUTEROLAS

- Material: El material utilizado para la fabricación de la buterola es un acero F-521.

- Dimensiones buterola:

Ø interior: 4,9mm

Ø exterior: 14mm

Cabeza avellanada: ángulo 60°; altura 3,25 mm

- Tratamientos térmicos: templado y revenido con una dureza HRc 59. Dicho tratamiento se efectuará tras realizar los mecanizados pero antes de efectuar el taladrado interior, ya que durante el temple las tolerancias varían y obtendríamos una buterola defectuosa.

- Tolerancias: Para este tipo de placa se respetan las siguientes tolerancias:

1. Paralelismo entre caras de apoyo  $\leq 0.005$ mm.
2. Planitud de  $\leq 0,005$ mm x 100mm en toda la superficie de trabajo.
3. Perpendicularidad de  $\leq 0.005$ mm.

- Ajustes y montaje de componentes: Los ajustes serán los siguientes.

1. Buterola – matriz: las dos buterolas irán alojadas en la matriz, ajustes H7/m6, fijadas mediante el avellanado de la matriz para alojar la cabeza de la buterolas.

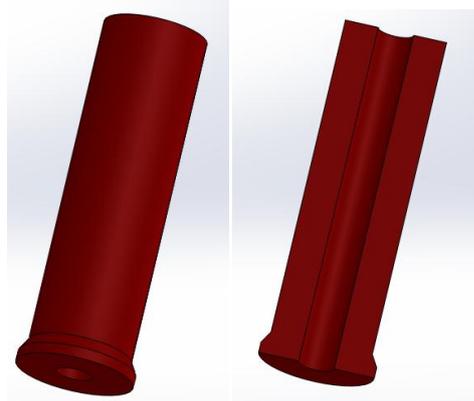


Figura 4.11 Buterolas

## 4.12 ADIPRENES

- Tubo de Adiprenes de Bru y Rubio. [6]
- Dureza: 95 Shore
- Cantidad: 6 Uds.
- Longitud: 65
- Diámetro exterior: Ø40mm.
- Diámetro interior: Ø13mm.

## 4.13 CASQUILLOS Y COLUMNAS

### Casquillos:

- Casquillos con valonas de Bru y Rubio con Ref.: R-317 B [6]
- Material: Bronce al aluminio.
- Dureza: HB > 180
- Cantidad: 2 Uds.
- Longitud: 130 mm
- Diámetro exterior: Ø58mm.
- Diámetro interior: Ø40mm.

### Columnas:

- Columnas con retención inferior Bru y Rubio con Ref.: R-301 [6]
- Material: Acero cementación
- Dureza: 60-62 HRC
- Cantidad: 2 Uds.
- Longitud: 280
- Diámetro: Ø40mm

## 4.14 MUELLES

Muelles expulsor de banda:

- Muelles cargas extra fuertes (amarillos) según ISO 10243  
Bru y Rubio con Ref.: A/30x58. [6]
- Dimensiones:      Ø Ext. 27mm  
                            Ø Int. 23 mm  
                            Longitud 58mm

Muelles expulsor de aceite:

- Muelles cargas fuertes (rojos) según ISO 10243  
Bru y Rubio con Ref.: R/12x24. [6]
- Dimensiones:      Ø Ext. 10mm  
                            Ø Int. 7 mm  
                            Longitud 24mm

## 5 RESULTADOS ESTUDIO F.E.M

### 5.1 INTRODUCCIÓN.

El MEF o (METODO DE ELEMENTOS FINITOS) es un método numérico de resolución de ecuaciones diferenciales. La solución obtenida por MEF es sólo aproximada, coincidiendo con la solución exacta sólo en un número finito de puntos llamados puntos de integración. En el resto de puntos que no son puntos de integración, la solución aproximada se obtiene interpolando a partir de los resultados obtenidos para los puntos de integración, lo cual hace que la solución sea sólo aproximada debido a ese último paso.

El MEF convierte un problema definido en términos de ecuaciones diferenciales en un problema en forma matricial. Dicho conjunto de nodos forma una red, denominada malla formada por retículos. Cada uno de los retículos contenidos en dicha malla es un "elemento finito". El conjunto de nodos se obtiene dividiendo o discretizando la estructura en elementos de forma variada (pueden ser superficies, volúmenes y líneas).

Desde el punto de vista de la programación algorítmica modular las tareas necesarias para llevar a cabo un cálculo mediante un programa MEF se dividen en:

- **Pre proceso**, que consiste en la definición de geometría, generación de la malla, las condiciones de contorno y asignación de propiedades a los materiales y otras propiedades. En ocasiones existen operaciones de regularización de la malla y preconditionamiento para garantizar una mejor aproximación o una mejor convergencia del cálculo.
- **Cálculo**, el resultado del preproceso, en un problema simple no-dependiente del tiempo, permite generar un conjunto de  $N$  ecuaciones y  $M$  incógnitas, que puede ser resuelto con cualquier algoritmo para la resolución de sistemas de ecuaciones lineales. Cuando el problema a tratar es un problema no-lineal o un problema dependiente del tiempo a veces el cálculo consiste en una sucesión finita de sistemas de  $N$  ecuaciones y  $M$  incógnitas que deben resolverse uno a continuación de otro, y cuya entrada depende del resultado del paso anterior.

- **Postproceso**, el cálculo proporciona valores de cierto conjunto de funciones en los nodos de la malla que define la discretización, en el postproceso se calculan magnitudes derivadas de los valores obtenidos para los puntos de integración, y en ocasiones se aplican operaciones de suavizado, interpolación e incluso determinación de errores de aproximación.

## Preproceso y generación de la malla

La malla se genera y ésta en general consta de miles (e incluso centenares de miles) de puntos. La información sobre las propiedades del material y otras características del problema se almacena junto con la información que describe la malla. Por otro lado las fuerzas, los flujos térmicos o las temperaturas se reasignan a los puntos de la malla. A los nodos de la malla se les asigna una densidad por todo el material dependiendo del nivel de la tensión mecánica u otra propiedad. Las regiones que recibirán gran cantidad de tensión tienen normalmente una mayor densidad de nodos (densidad de malla) que aquellos que experimentan poco o ninguno. Estas zonas suelen ser puntos de fractura previamente probados del material, entrantes, esquinas, detalles complejos, y áreas de elevada tensión. La malla actúa como la red de una araña en la que desde cada nodo se extiende un elemento de malla a cada nodo adyacente. Este tipo de red vectorial es la que lleva las propiedades del material al objeto, creando varios elementos.

Las tareas asignadas al preproceso son:

1. El continuo se divide, mediante líneas o superficies imaginarias en un número de elementos finitos. Esta parte del proceso se desarrolla habitualmente mediante algoritmos incorporados a programas informáticos de mallado durante la etapa de preproceso.
2. Se supone que los elementos están conectados entre sí mediante un número discreto de puntos o “nodos”, situados en sus contornos. Los desplazamientos de estos nodos serán las incógnitas fundamentales del problema, tal y como ocurre en el análisis simple de estructuras por el método matricial.
3. Se toma un conjunto de funciones que definan de manera única el campo de desplazamientos dentro de cada “elemento finito” en función de los desplazamientos nodales de dicho elemento.
4. Estas funciones de desplazamientos definirán entonces de manera única el estado de deformación del elemento en función de los desplazamientos nodales. Estas deformaciones, junto con las

- propiedades constitutivas del material, definirán a su vez el estado de tensiones en todo el elemento, y por consiguiente en sus contornos.
5. Se determina un sistema de fuerzas concentradas en los nodos, tal que equilibre las tensiones en el contorno y cualesquiera cargas repartidas, resultando así una relación entre fuerzas y desplazamientos de la forma  $F = K \cdot u$ , que como vemos es similar a la del cálculo matricial.

## Cálculo y resolución de sistemas de ecuaciones

En un problema mecánico lineal no-dependientes del tiempo, como un problema de análisis estructural estático o un problema elástico, el cálculo generalmente se reduce a obtener los desplazamientos en los nodos y con ellos definir de manera aproximada el campo de desplazamientos en el elemento finito.

Cuando el problema es no-lineal en general la aplicación de las fuerzas requiere la aplicación incremental de las fuerzas y considerar incrementos numéricos, y calcular en cada incremento algunas magnitudes referidas a los nodos. Algo similar sucede con los problemas dependientes del tiempo, para los que se considera una sucesión de instantes, en general bastante cercanos en el tiempo, y se considera el equilibrio instantáneo en cada instante. En general estos dos últimos tipos de problemas requieren un tiempo de cálculo más elevado que en un problema estacionario y lineal.

## Postproceso

Actualmente, el MEF es usado para calcular problemas tan complejos, que los ficheros que se generan como resultado del MEF tienen tal cantidad de datos que resulta conveniente procesarlos de alguna manera adicional para hacerlos más comprensible e ilustrar diferentes aspectos del problema. En la etapa de post-proceso los resultados obtenidos de la resolución del sistema son tratados, para obtener representación gráfica y obtener magnitudes derivadas, que permitan extraer conclusiones del problema.

El post-proceso del MEF generalmente requiere software adicional para organizar los datos de salida, de tal manera que sea más fácilmente comprensible el resultado y permita decidir si ciertas consecuencias del problema son o no aceptables. [5]

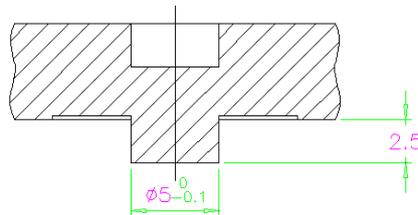
## 5.2 DESARROLLO Y RESULTADOS DEL MODELO 2D.

Se ha realizado el estudio y diseño de procesos y componentes de la matriz de manera teórica, en los siguientes apartados se dan a conocer los pasos necesarios a la hora de calcular nuestro diseño mediante elementos finitos, y que sirve para realizar estimaciones sobre el comportamiento que ofrecerá el utillaje en condiciones reales de funcionamiento.

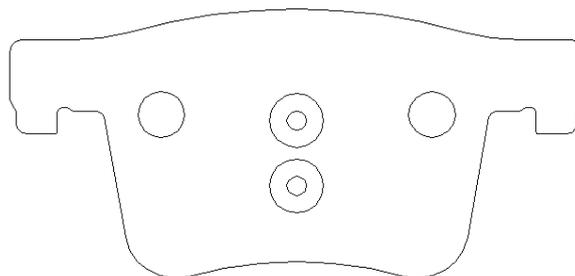
Para la realización del cálculo, simulación y obtención de los resultados se empleara el programa de elementos finitos de MSC, MARC-MENTAT 2010. Se crea para ello en 2D un sistema con las mismas características que la matriz diseñada y lanzaremos la simulación a calcular (deformación plana).

Para la realización de los análisis se van a tener en cuenta las dos transformaciones necesarias e independientes del proceso:

1. Embutición de los tetones: se embutirá el material una profundidad de 2,5 mm con un diámetro de 5mm



2. Corte: se realizara un corte exterior de la geometría de la pieza y uno interior con dos punzonados.



El material con el que se va a trabajar, proporcionado por el cliente, y con el que se realiza los análisis, es un acero AP11 (UNE 91) = DD11 (EN10111) con las siguientes características mecánicas: [7]

	<b>AP11 ( DD11)</b>
<b>Modulo elasticidad</b>	210.000 MPa
<b>Coef. Poisson</b>	0,3
<b>Densidad</b>	7850 kg/m <sup>3</sup>
<b>Espesor banda</b>	5,5 mm
<b>Resistencia mecánica</b>	<=440 MPa

Figura 5.1 Características del material AP11

Contamos tambien con el ensayo de tracción del material proporcionado por el suministrador que nos va a ser muy útil para realizar una simulación que se asemeje lo más posible a la realidad. [7]

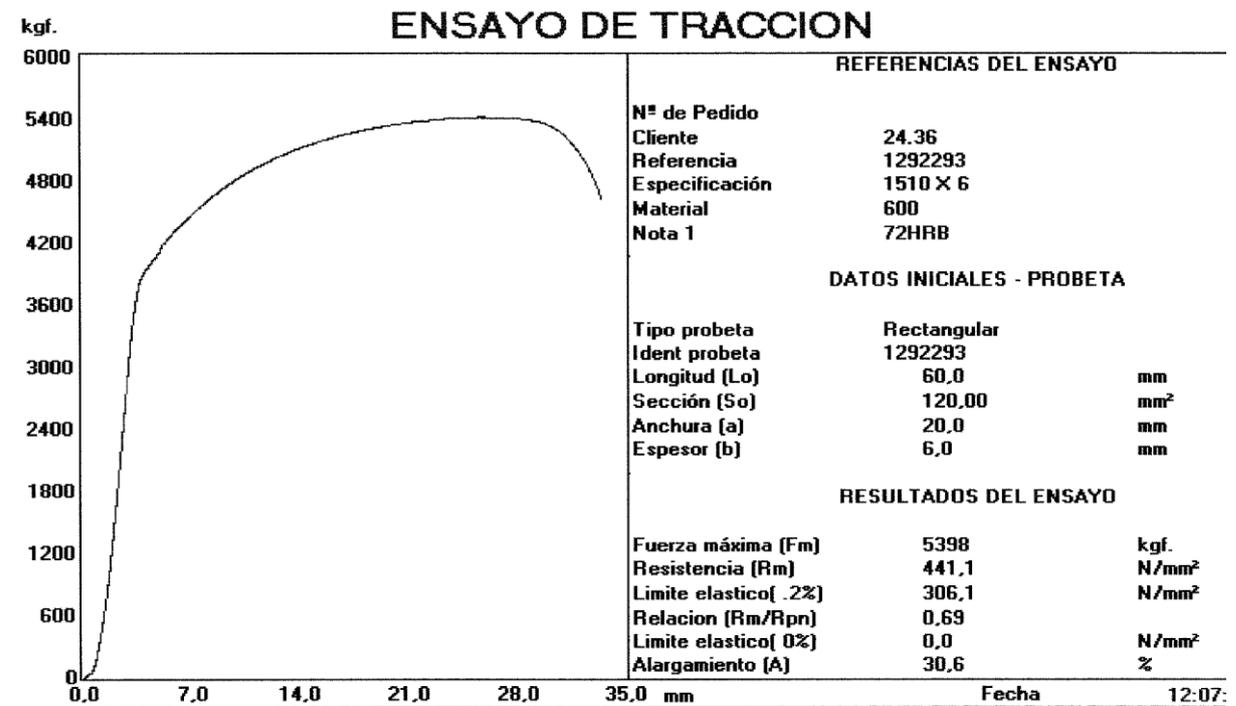


Figura 5.2 Ensayo de tracción acero AP11 Rm=440 MPa

## 5.2.1 EMBUTICION TETONES

### 5.2.1.1 DESARROLLO DEL MODELO

Gracias a la sencillez del diseño (2D) se opto por crearlo directamente en el programa en lugar de de importar los archivos desde el formato .DWG, ya que pueden dar problemas. A continuación se describe el proceso de generación de la matriz (PREPROCESO).

Lo primero es crear el croquis para la simulación con las dimensiones de la matriz y sus características técnicas mediante mesh generation. .

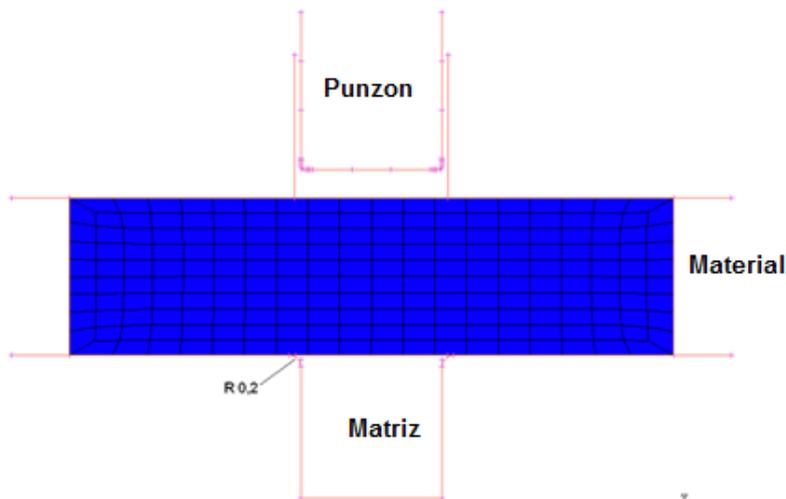


Figura 5.3 Modelo en Marc&Mentat de la embutición.

Se ha optado por un radio de acuerdo a la matriz y al punzón de 0,2 mm para que el material fluya y no se produzcan desgarros e imperfecciones que hagan defectuosa la pieza, se procederá a realizar el análisis con estos parámetros, pudiendo modificarlos en el caso de obtener unos resultados desfavorables en esa zona.

Se realiza un mallado automático “overlay” de cuadriláteros con las siguientes divisiones, 10-10-1 para crear la malla del material con la cual trabajaremos.

Una vez realizado y mallado el croquis se definen las propiedades geométricas de la matriz, se considera un espesor de 1mm de la chapa, lo que

posteriormente permitirá el cálculo de la fuerza del proceso por cada mm de espesor.

Respecto a las propiedades del material con el que vamos a trabajar y comentadas en el apartado anterior, se crea un material nuevo con un modulo de elasticidad de 210000 MPa y un coeficiente de poisson de 0,3.

Se crea una tabla con las propiedades mecánicas del material (Stell), esta tabla es una “equivalent plastic strain” y determina la fluencia y comportamiento plástico del material como se observa en la figura 5.4

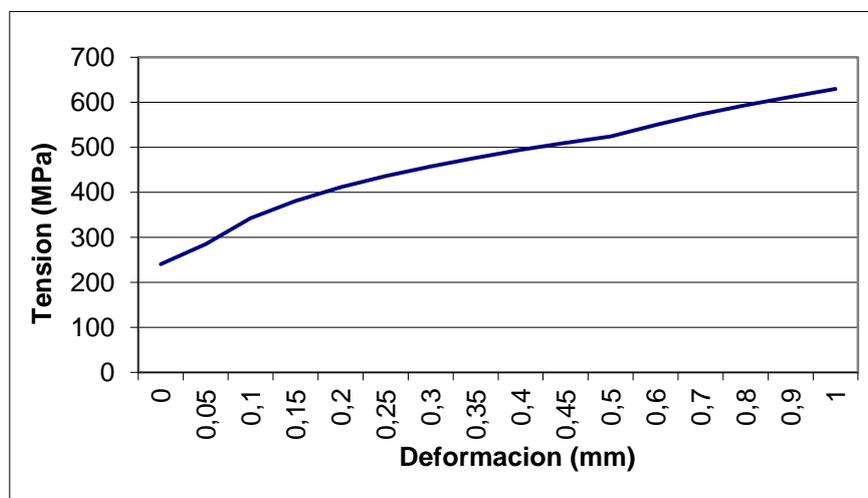


Figura 5.4 curva plástica del material AP11

En la presente simulación, aparecen diferentes cuerpos de contacto:

1. Matriz
2. Punzón
3. Pisador
4. Material

La matriz y el pisador son cuerpos no deformables y fijos. El punzón es rígido y por ello se simula mediante una curva no deformable. Tiene movimiento vertical, tiene que bajar 1 mm hasta tocar el material y penetrar 2,5mm., en total baja 3,5 mm para realizar la embutición del tetón de 2,5 mm de profundidad.

Finalmente se define el material, que va a ser deformable, con un coeficiente de fricción de 0,3 (coeficientes entre las matrices y el material cuando se deforma).

Definidos todos los cuerpos de contacto el resultado es el siguiente:

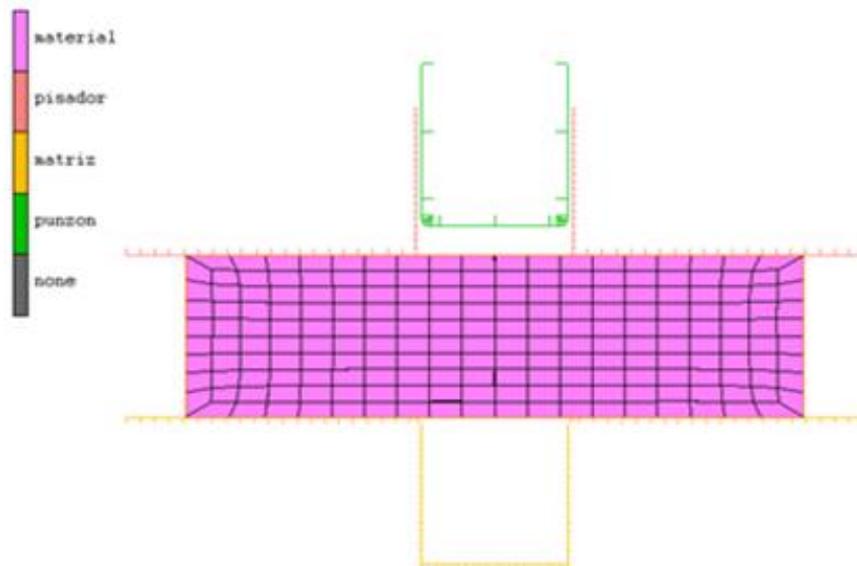


Figura 5.5 Modelo con los cuerpos de contacto definidos.

Una vez definido nuestro sistema, por el tipo de malla y el tamaño de los elementos es aconsejable realizar un remallado en las zonas críticas para favorecer el cálculo y obtener mejores resultados. Para remallar la zona que queremos se utiliza un remallado plano denominado “ADVANCING FRONT QUAD” con los siguientes parámetros:

- Frecuencia: 25
- Longitud de elemento: 0,2

## LOADCASE

En este caso tenemos un único caso de carga. Es un caso de carga de tipo estructural estático, en el que se modeliza la deformación plástica del material durante la embutición del tetón. Hay 200 pasos de cálculo en 30 segundos que dura la embutición, tiempo para el cual no hemos realizado ningún tipo de ensayo experimental. En este caso esta activado el remallado.

## JOBS

Para la resolución de las ecuaciones de cada paso de las simulaciones se usa el algoritmo “Multifrontal Sparse”. La convergencia de cada iteración se consigue con residuales o desplazamientos cuando se consigue una tolerancia de 0,1% en las fuerzas o desplazamientos relativos. Se considera la simulación para grandes deformaciones, con el método de Lagrange y utilizando la opción de “additive decomposition” para la zona plástica.

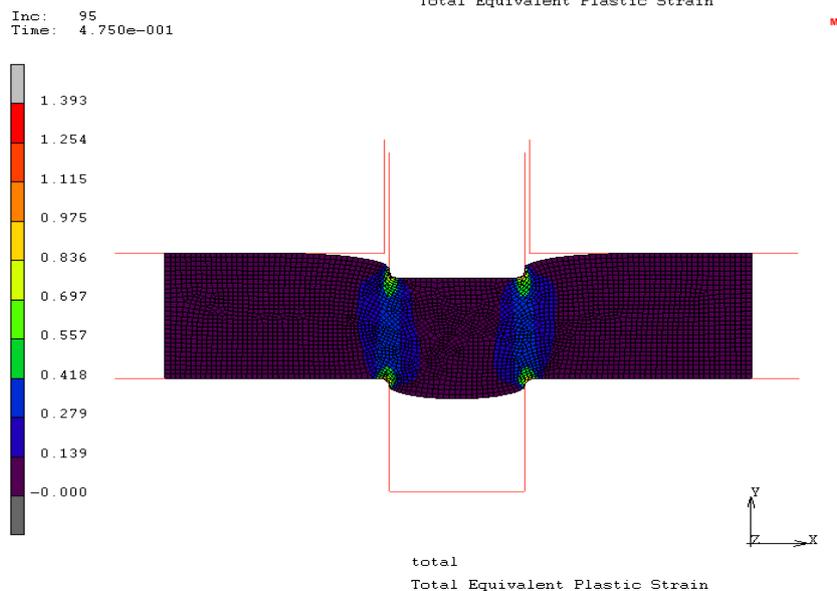
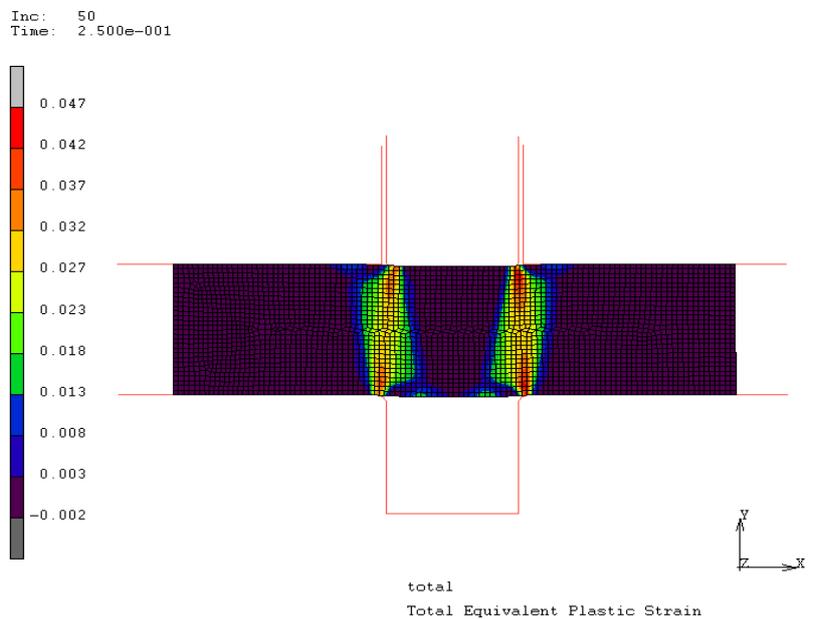
El elemento empleado es un cuadrilátero con 4 nodos de integración. Tras los remallados el número de elementos varia a lo largo de la simulación debido a los remallados.

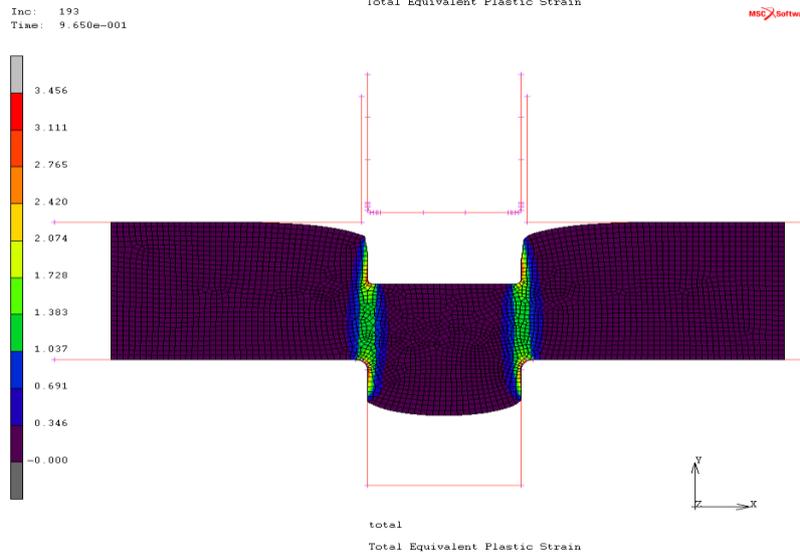
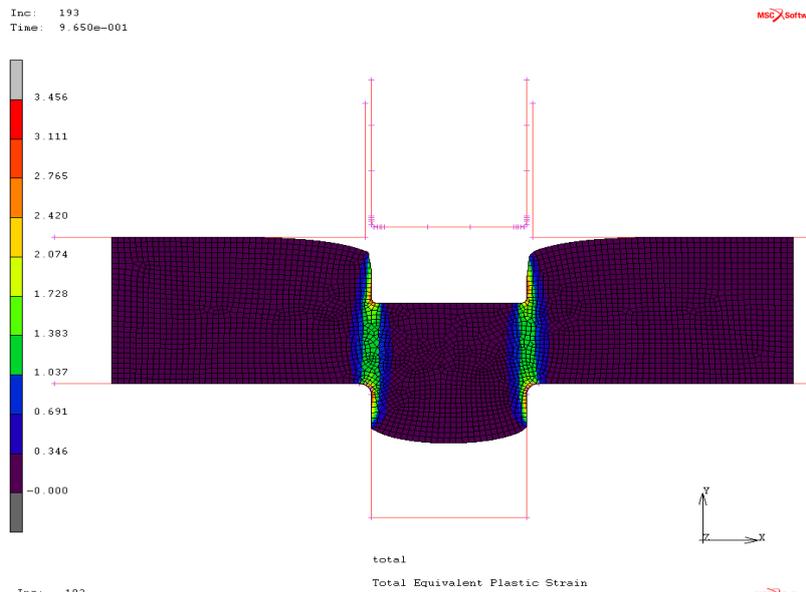
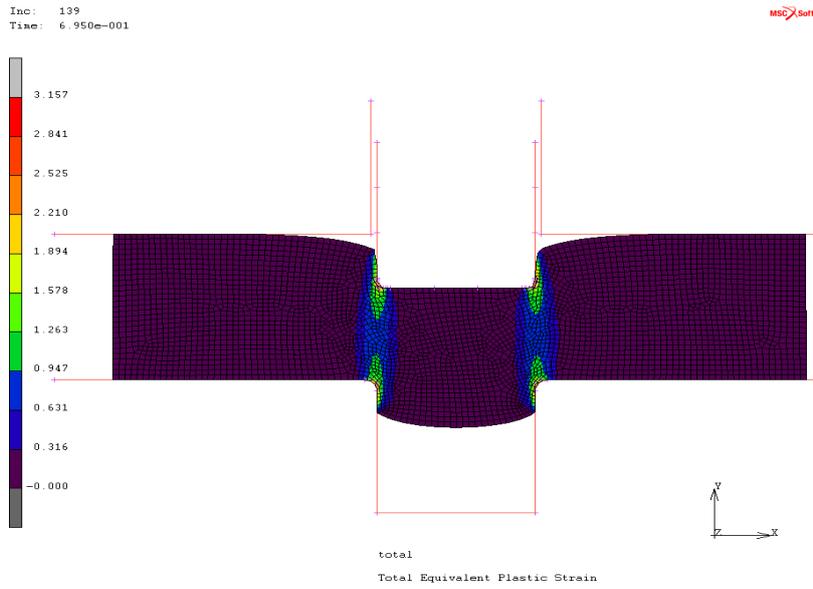
Los resultados que se piden son la deformación plástica equivalente, la tensión Von Mises y se extraerán las fuerzas de matriz, pisador y punzón. Como el volumen de archivo no es excesivamente grande se han guardado todos los archivos de resultados con todos los incrementos calculados.

### 5.2.1.2 RESULTADOS OBTENIDOS.

#### Deformaciones plásticas

En las siguientes imágenes se pueden observar los resultados de las deformaciones plásticas equivalentes que sufrirá la banda de material en sus puntos más críticos en diferentes incrementos y se explicara si es válido o no el diseño propuesto. El espesor de la banda es de 5,5 mm y radios en punzón y matriz de 0,2 mm.





Figuras 5.6 Deformaciones plásticas durante la embutición.

En las imágenes anteriores se obtuvieron los resultados de las deformaciones plásticas que aparecen en el material cuando se embute el tetón. Se observa que la zona crítica del material se encuentra en la sección que forman las caras exteriores del punzón y las interiores de la matriz.

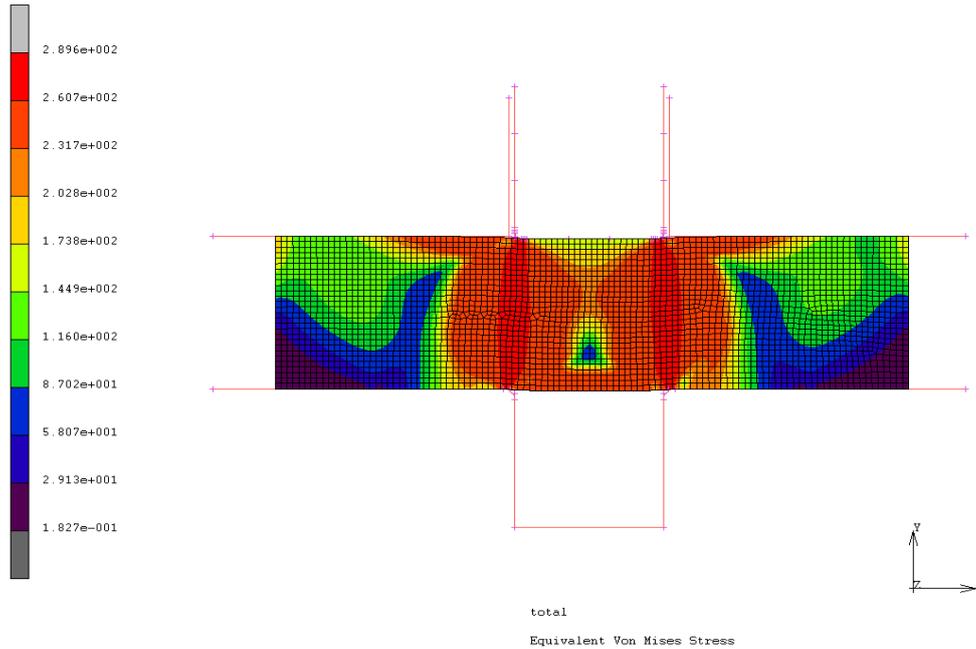
Se puede observar una variación de la deformación plástica respecto a la simetría del eje longitudinal de la matriz, debido a los efectos de la transferencia de carga por parte del punzón.

La deformación plástica máxima que aparece en todo el material es de 3,516 (figura 5.6, imágenes 4y5) y aparece en los bordes de matriz y punzón, que son las superficies por donde fluye el material.

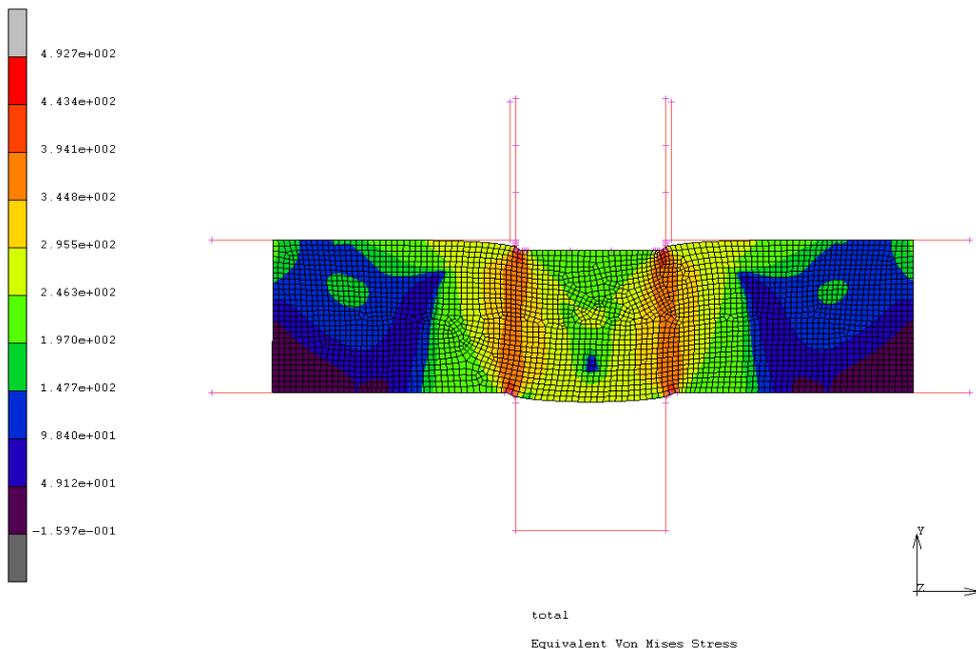
## Tensiones

Se observan los resultados de las tensiones de Von Mises, en las siguientes figuras se muestran las distribuciones de tensiones y sus puntos más críticos en diferentes incrementos durante el proceso de embutición.

Inc: 50  
Time: 2.500e-001

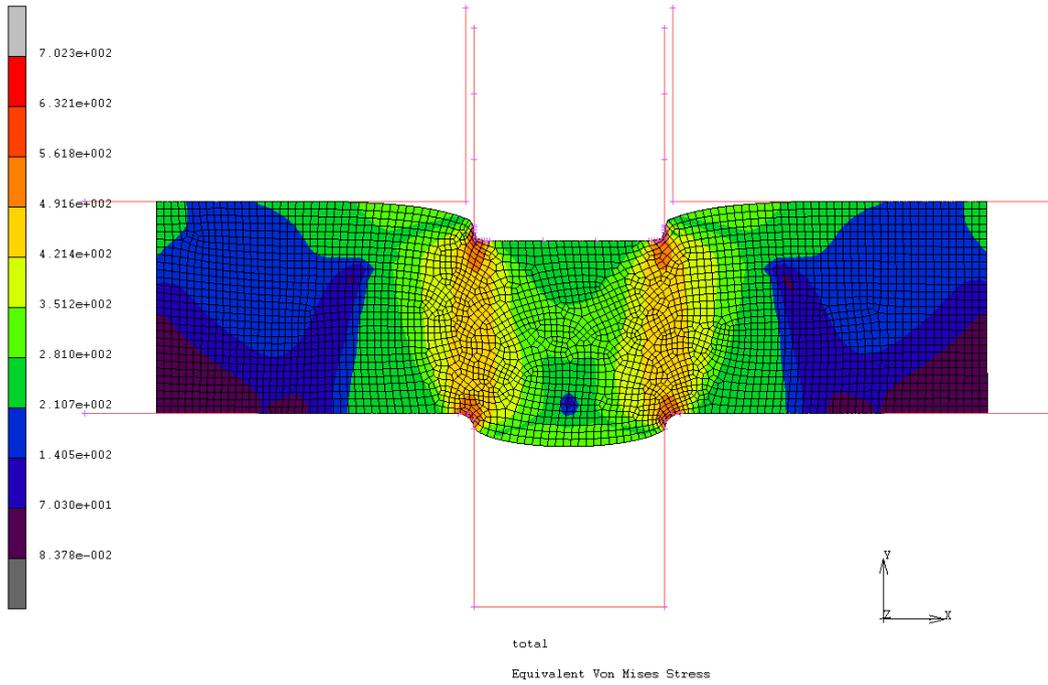


Inc: 63  
Time: 3.150e-001



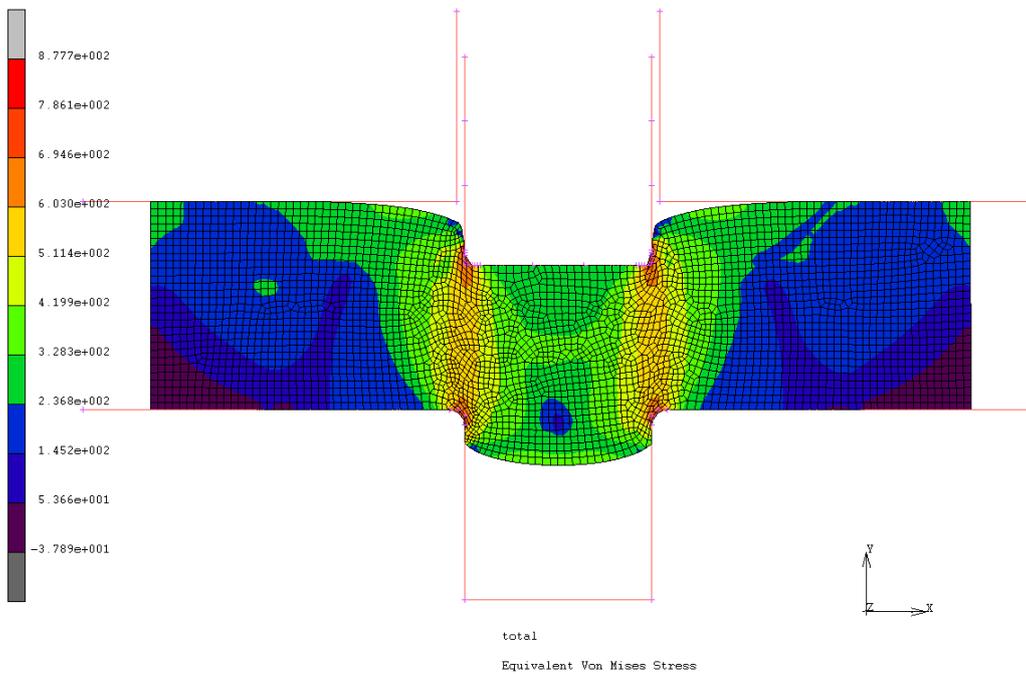
Inc: 92  
Time: 4.600e-001

M



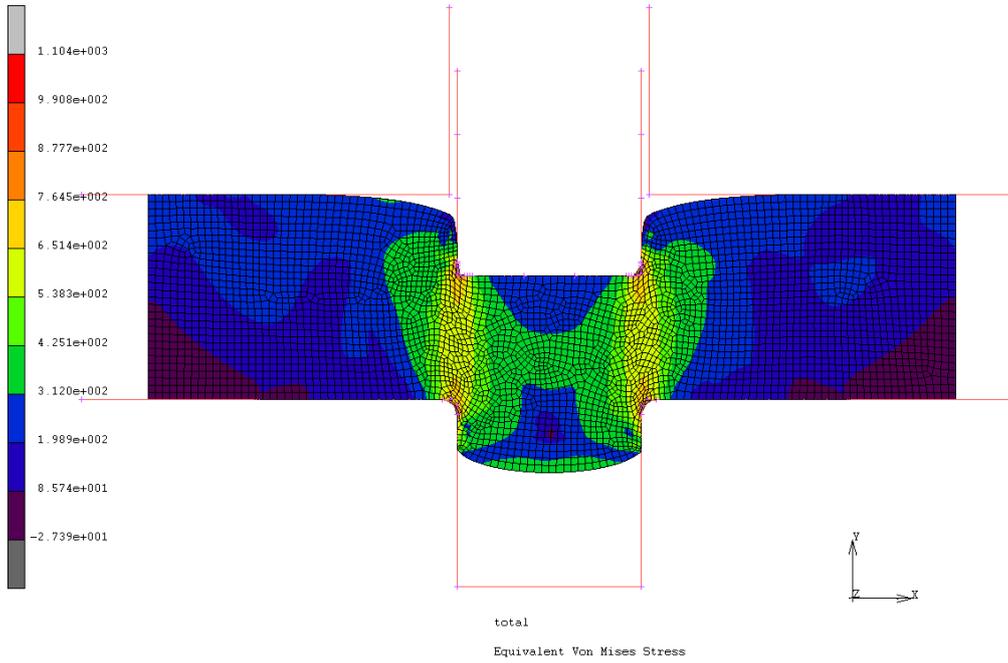
Inc: 123  
Time: 6.150e-001

MS



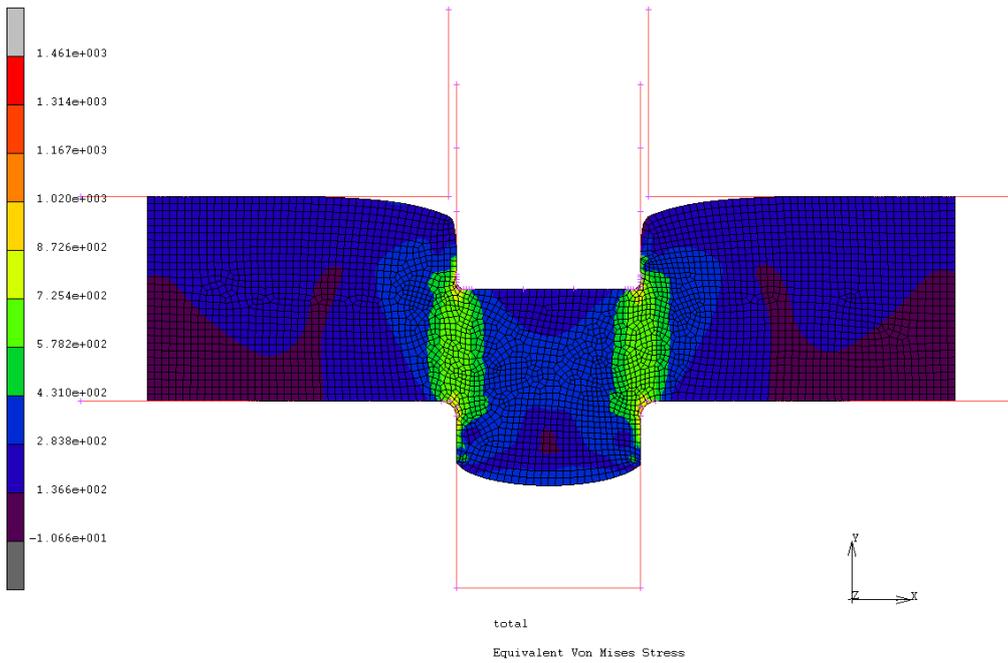
Inc: 146  
Time: 7.300e-001

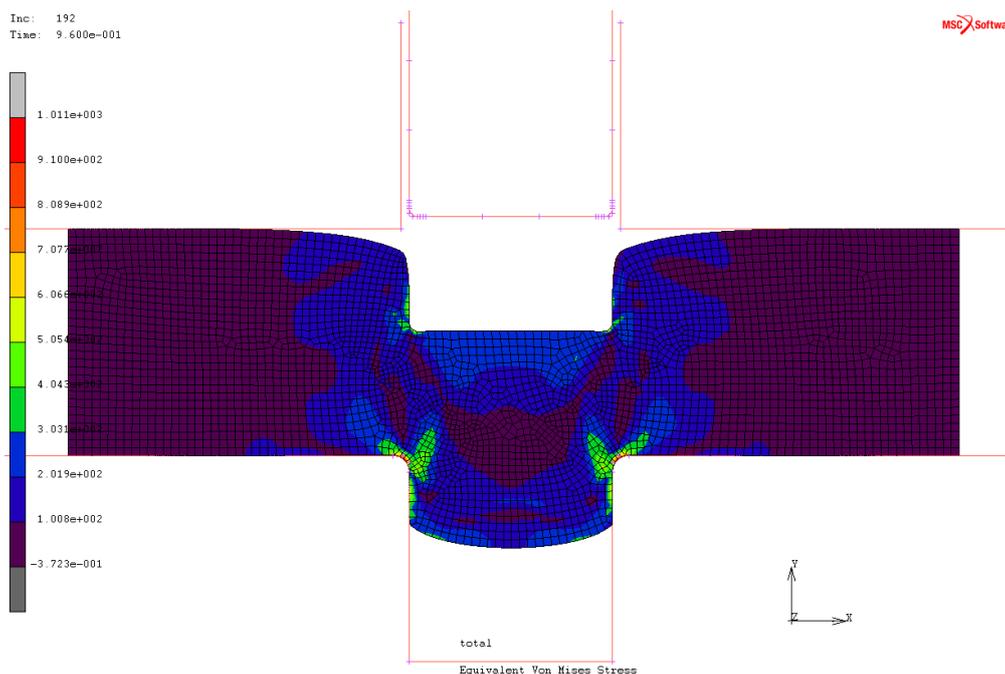
M



Inc: 160  
Time: 8.000e-001

M





Figuras 5.7 Von Mises stress durante la embutición.

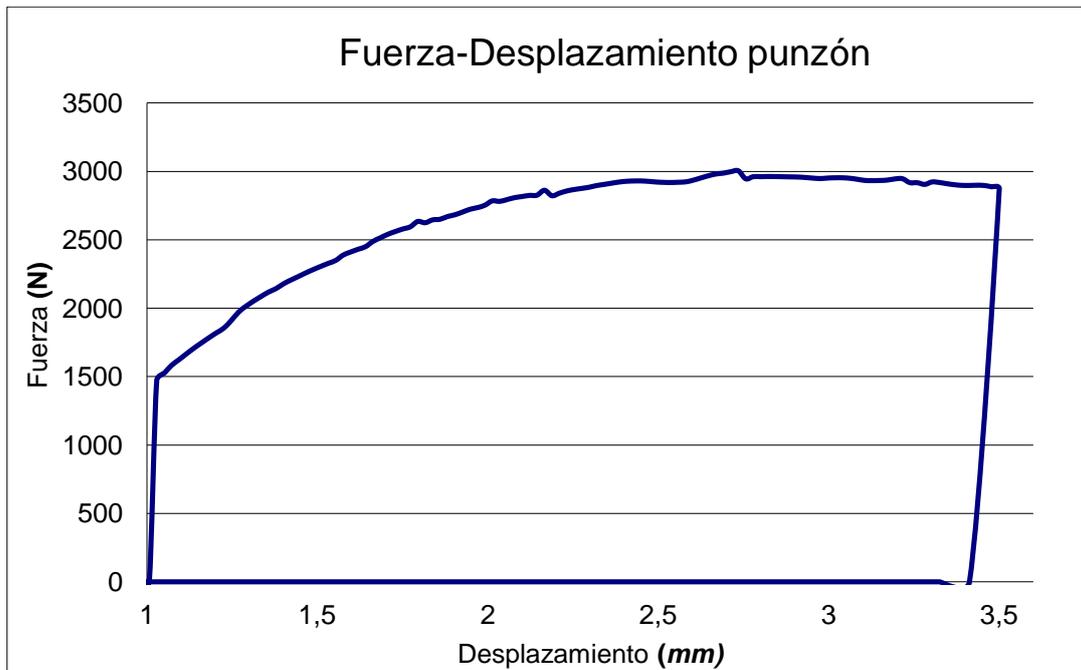
En las imágenes anteriores se obtuvieron los resultados de las tensiones de von mises que aparecen en el material cuando se embute en tetón. Se observa que la zona crítica del material se encuentra en la sección que forman las caras exteriores del punzón y las interiores de la matriz. Es la zona donde se concentran las mayores tensiones debido a los efectos de la transferencia de carga por parte del punzón al igual que con la deformación plástica.

La tensión máxima que aparece en el material es de 1020MPa (figura 5.7, imagen 6) y aparece en los bordes de matriz y punzón, que son las superficies por donde fluye el material y donde se concentran las mayores tensiones durante toda la embutición.

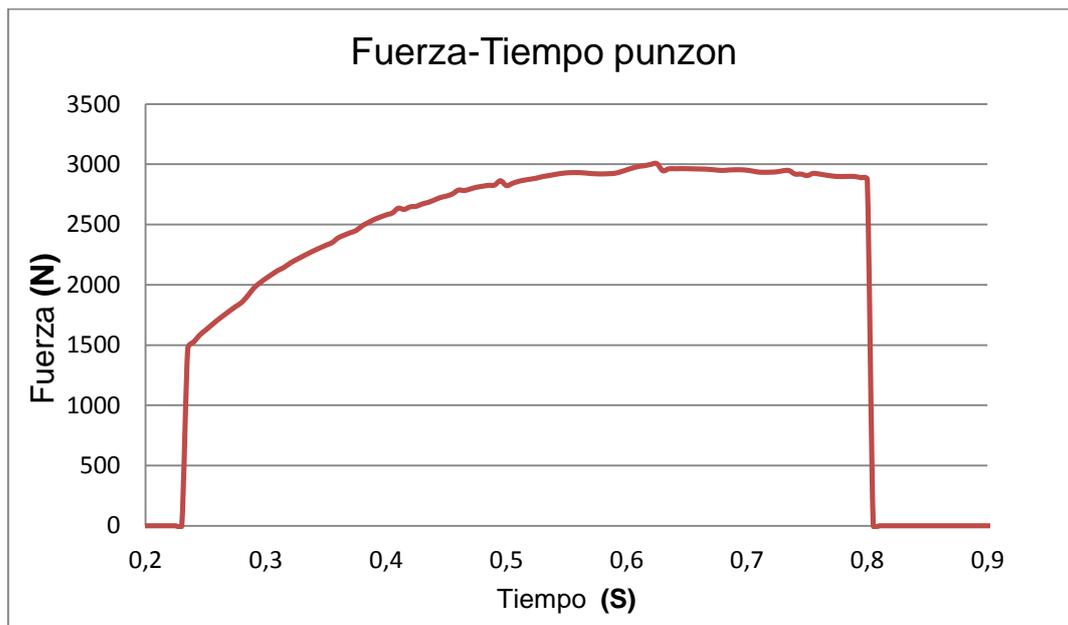
Podemos observar que el material plastifica sin problemas sin superar en ningún caso su tensión máxima a rotura y sin producirse grietas o deformaciones que hagan defectuosa la pieza. Por tanto podemos dar por válido las geometrías y tolerancias definidas para nuestro diseño de matriz.

## Fuerzas

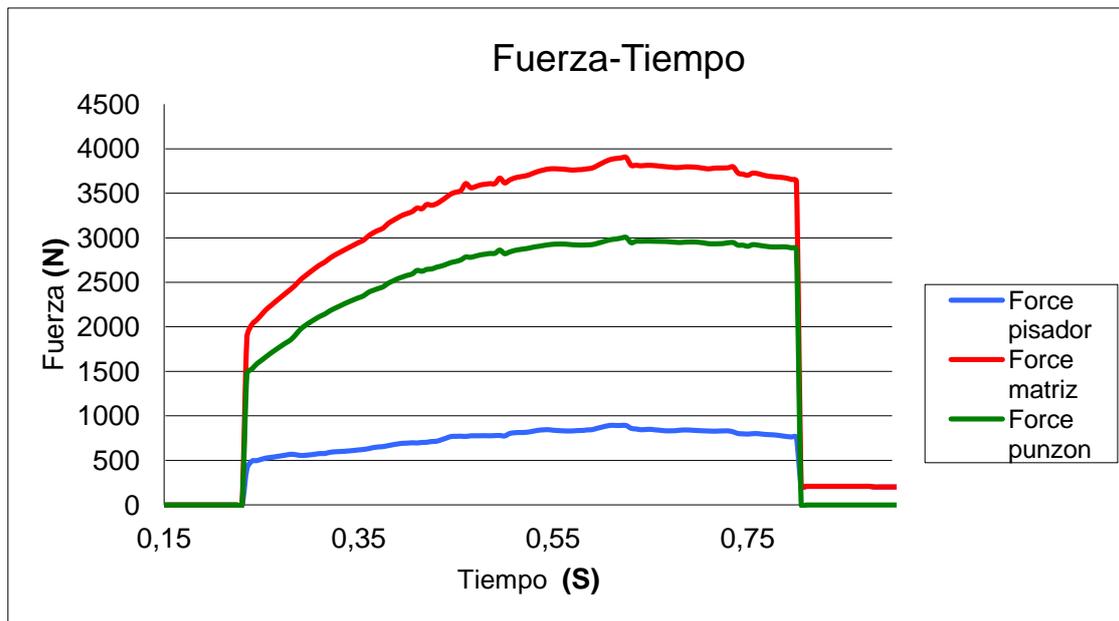
Se importaron los datos definitivos de fuerza desde MarcMentat a una tabla de Excel, comprobando la fuerza del punzón en función del tiempo y desplazamiento y compararlo con la fuerza del pisador y la matriz.



Figuras 5.8 Tabla de Excel Evolución Fuerza-Desplazamiento del punzón.



Figuras 5.9 Tabla de Excel Evolución Fuerza-tiempo del punzón.



Figuras 5.10 Tabla de Excel Evolución Fuerza-Tiempo de todos los elementos

Como se puede observar en la figura 5.10, la fuerza que tiene que ejercer la matriz para conseguir la embutición es ligeramente mayor que la ejercida por el punzón y muy superior a la del pisador. El aumento de la fuerza en matriz y punzón se debe a la acumulación de deformación plástica, conforme aumenta la deformación plástica aumenta la fuerza realizada por matriz y punzón, para una deformación máxima de 5,269 se dan valores de fuerza de 3000 N en el punzón y de 3900 N en la matriz por mm de espesor de la embutición. A partir de ese valor de deformación plástica la fuerza se estabiliza hasta terminar la embutición. Sera necesario prestar especial atención a la hora de diseñar la matriz y los punzones basándonos en estos datos. Se deberá dar un correcto temple de ambas piezas para conseguir unas propiedades mecánicas óptimas.

## 5.2.2 CORTE

### 5.2.2.1 DESARROLLO DEL MODELO

Gracias a la sencillez del diseño (2D) y al igual que el proceso anterior se ha optado por crearlo directamente en el programa en lugar de de importar los archivos desde el formato .DWG. A continuación se describe el proceso de generación de la matriz (PREPROCESO).

Lo primero es crear el croquis para la simulación con las dimensiones de la matriz y sus características técnicas mediante mesh generation.

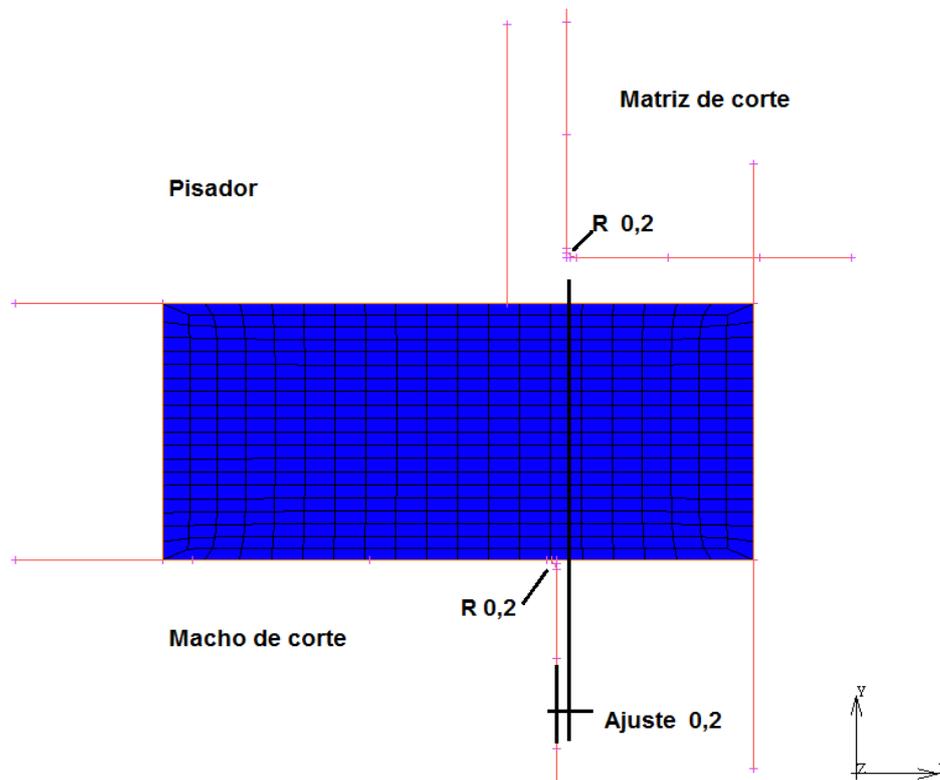


Figura 5.11 Modelo en MarcMentat del proceso de corte

Se ha optado por darle un radio de acuerdo a la matriz y al macho de corte de 0,2 mm para que el material fluya y no se produzcan desgarros e imperfecciones que hagan defectuosa la pieza, el ajuste entre macho y matriz es de 0,2 mm según hemos visto en el apartado 3.5.2 (Diseño de componentes). Se procederá a realizar el análisis con estos parámetros, pudiendo modificarlos en el caso de ver que los resultados son desfavorables en esa zona y viendo la rebaba originada durante el corte.

Se realiza un mallado automático “overlay” de cuadriláteros con las siguientes divisiones, 20-20-1 para crear la malla del material con la cual trabajaremos.

Una vez realizado y mallado el croquis se definen las propiedades geométricas de la matriz, se considera un espesor de 1mm de la chapa, lo que posteriormente permitirá el cálculo de la fuerza del proceso por cada mm. de espesor.

Respecto a las propiedades del material con el que vamos a trabajar y comentadas en el apartado anterior, se crea un material nuevo con un Módulo de elasticidad de 210000 MPa y un coeficiente de poisson de 0,3. Se crea una tabla con las propiedades mecánicas del material (Stell), esta tabla es una “equivalent plastic strain” y determina la fluencia y comportamiento plástico del material

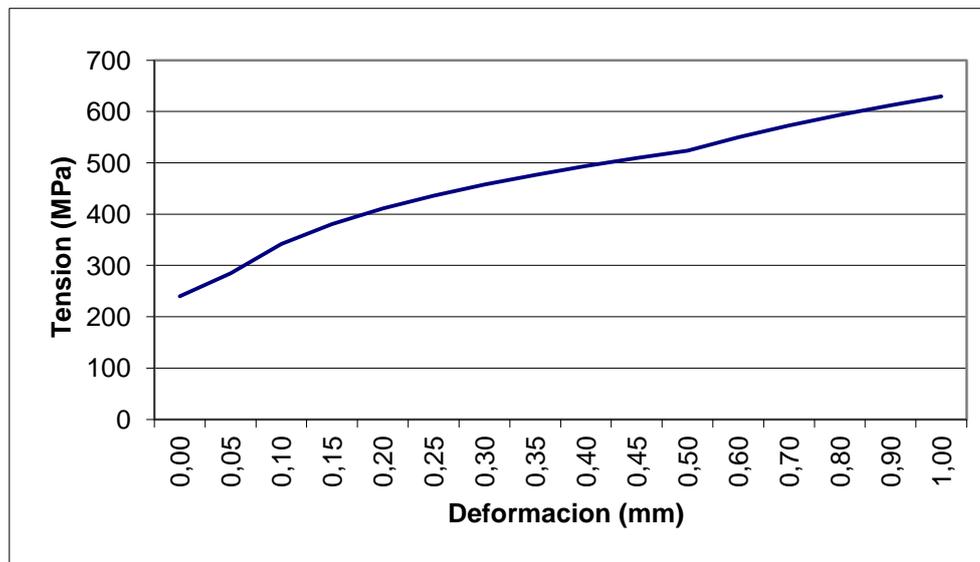


Figura 5.12 curva plástica del material AP11

El criterio de fractura que se usará en los modelos de este proyecto es el de Cockcroft & Latham. La ecuación que define este criterio viene expresada del siguiente modo:

$$\int_0^{\mathcal{E}f} \sigma_1 d\mathcal{E} = D$$

Donde  $\mathcal{E}f$  es la tensión efectiva,  $\sigma_1$  es la tensión principal y  $D$  es una constante del material. El criterio de Cockcroft & Latham establece que cuando la integral del componente de la tensión de tracción es más grande que la deformación plástica en la ecuación, alcanzando el valor de  $D$ , generalmente llamado valor de daño, se inicia la segmentación o fractura.

En la presente simulación, aparecen diferentes cuerpos de contacto:

1. Matriz
2. Macho
3. Pisador
4. Material

El macho y el pisador son cuerpos no deformables y fijos. La matriz es rígida y por ello se simula mediante una curva no deformable. Tiene movimiento vertical, con una carrera de 6,5 mm, tiene que bajar 1mm hasta tocar el material y cortar 5,5mm, en total baja 6,5mm para realizar el corte, posteriormente se verá que la chapa alcanza la rotura mucho antes de llegar la matriz al límite Inferior.

Finalmente se define el material, que va ser deformable, con un coeficiente de fricción de 0,3 (coeficientes entre las matrices y el material cuando se deforma).

Definidos todos los cuerpos de contacto el resultado es el siguiente:

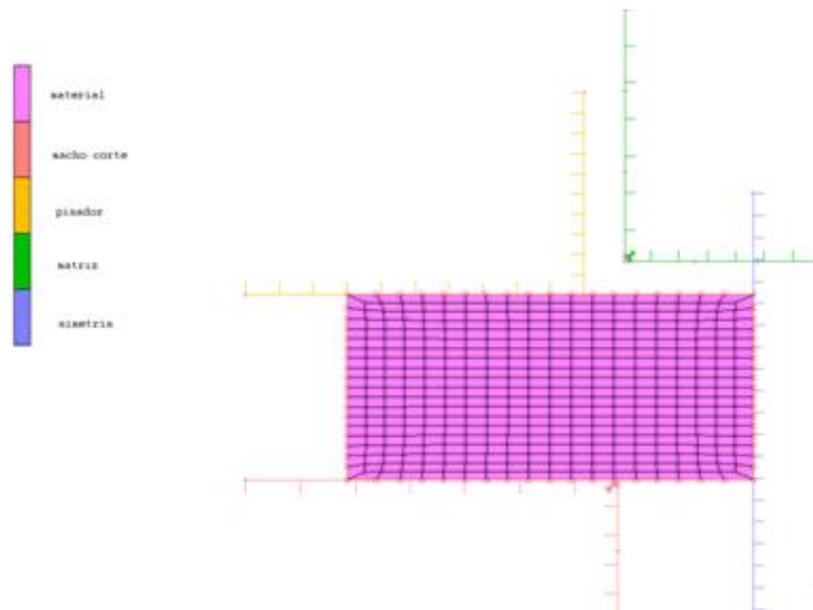


Figura 5.13 Modelo con los cuerpos de contacto definidos.

Una vez definido nuestro sistema, por el tipo de malla y el tamaño de los elementos es aconsejable realizar un remallado en las zonas críticas para favorecer el cálculo y obtener mejores resultados. Se introducen 3 cajas de remallados de 3 niveles distintos según se puede observar en la figura 5.14. Para remallar las diferentes zonas se utiliza un remallado plano denominado “ADVANCING FRONT QUAD” con los siguientes parámetros:

- Frecuencia: 25
- Longitud de elemento: 0,2
- Caja 1: nivel 1; Caja2: nivel 2; Caja 3: nivel 3

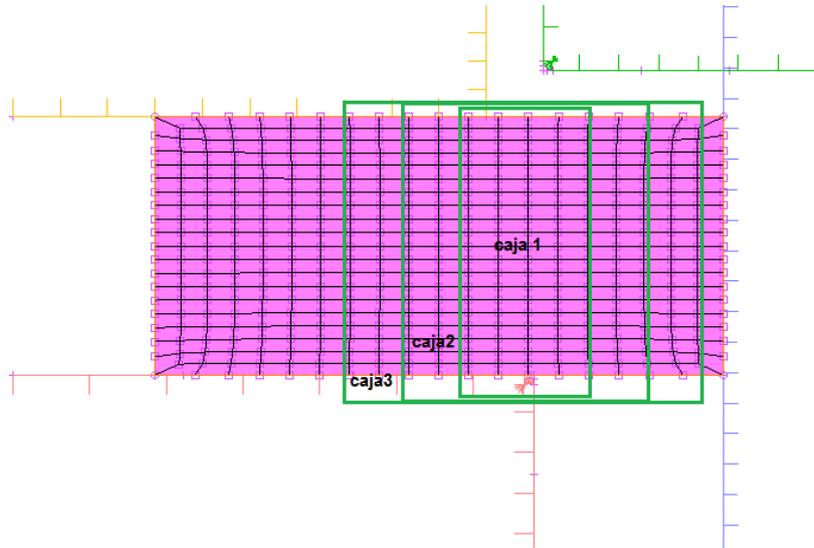


Figura 5.14 Modelo con las cajas de remallado.

## LOADCASE

En este caso se tiene un único caso de carga. Es un caso de carga de tipo estructural estático, en el que se modeliza la deformación plástica del material durante el corte. Hay 200 pasos de cálculo en el tiempo que dura el corte, 30 segundos, tiempo para el cual se ha realizado ningún tipo de ensayo experimental. Como se ha explicado esta activado el remallado definido anteriormente.

## JOBS

Para la resolución de las ecuaciones de cada paso de las simulaciones se usa el algoritmo “Multifrontal Sparse”. La convergencia de cada iteración se consigue con residuales o desplazamientos cuando se consigue una tolerancia de 0,1% en las fuerzas o desplazamientos relativos. Se considera la simulación para grandes deformaciones, con el método de Lagrange y utilizando la opción de “additive decomposition” para la zona plástica.

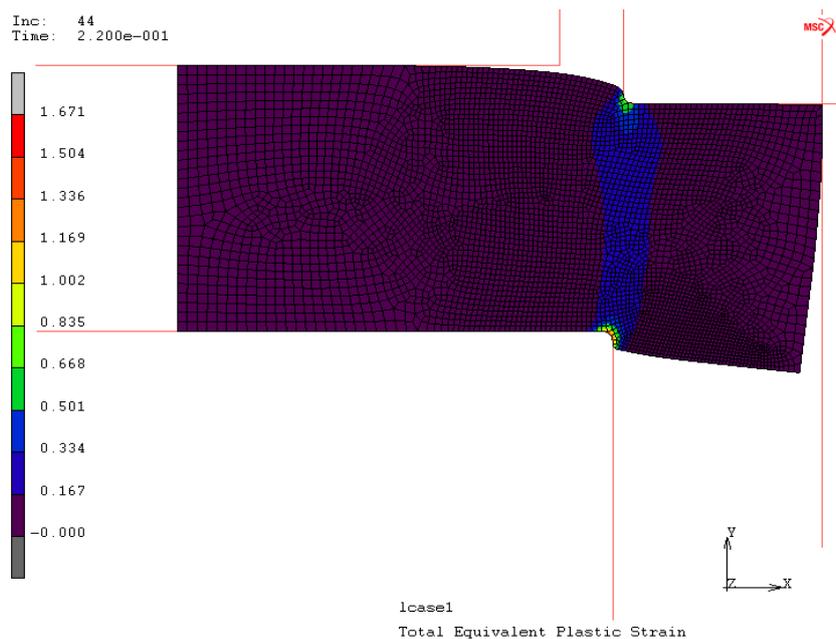
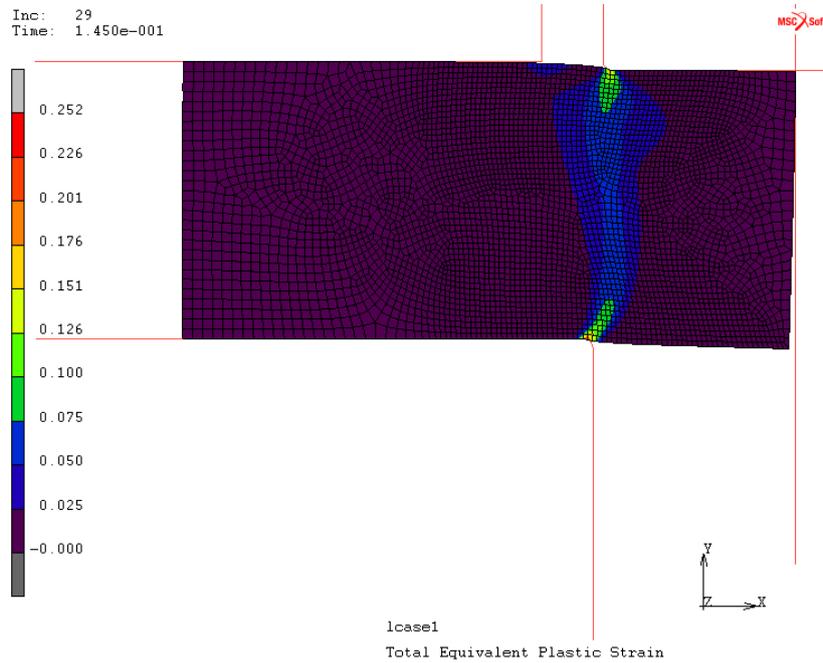
El elemento empleado es un cuadrilátero con 4 nodos de integración. Tras los remallados el número de elementos varía a lo largo de la simulación debido al remallado.

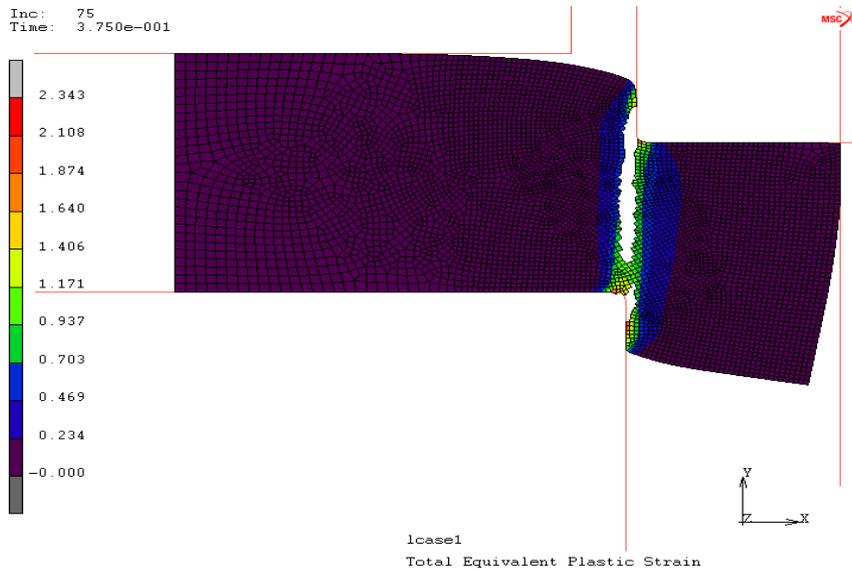
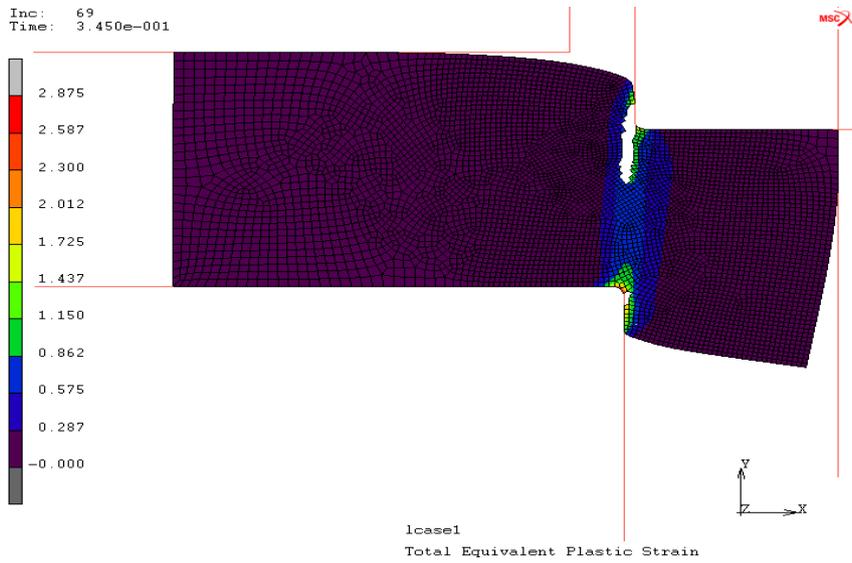
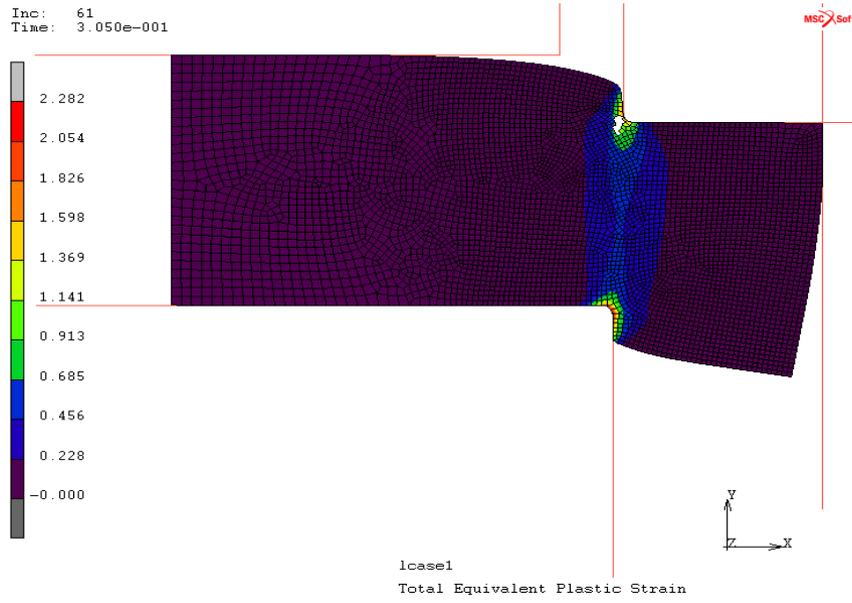
Los resultados que se piden son la deformación plástica equivalente, la tensión Von Mises, el daño y se extraerán las fuerzas de matriz, pisador y punzón.

## 5.2.2.2 RESULTADOS OBTENIDOS.

### Deformación plástica

En las siguientes imágenes se pueden observar los resultados de las deformaciones plásticas equivalentes que sufrirá la banda de material en sus puntos más críticos en diferentes incrementos en la operación de corte.





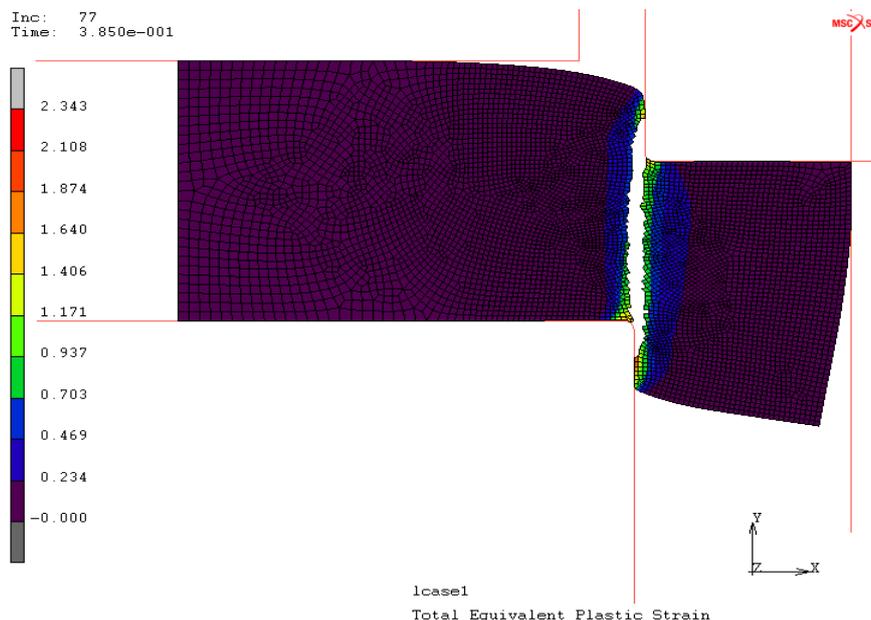


Figura 5.15 Deformación plástica durante el proceso de corte

Conforme la matriz descende se puede observar una variación de las deformaciones respecto a la simetría del eje longitudinal de la matriz, debido a los efectos de la transferencia de carga por parte del macho.

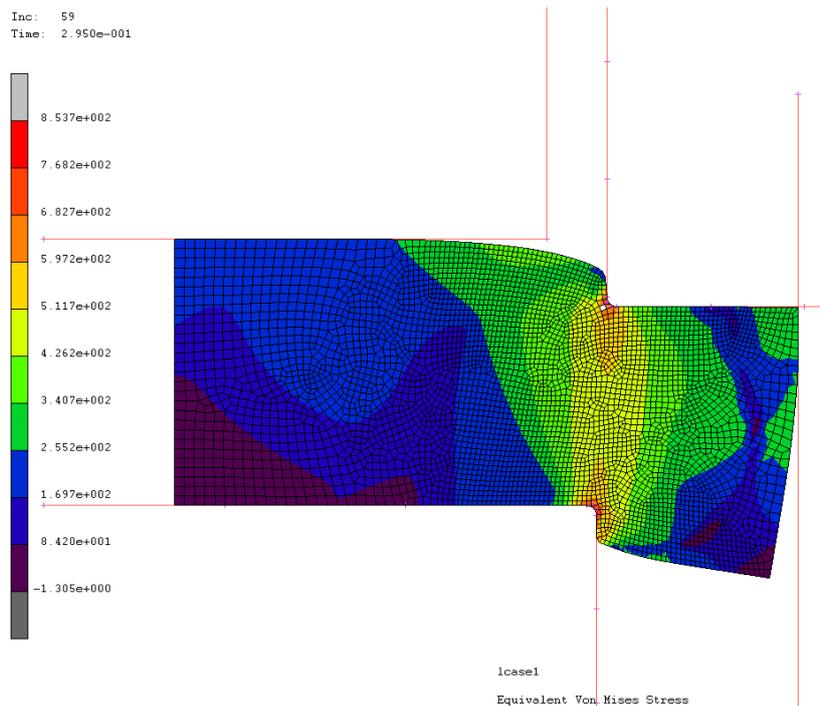
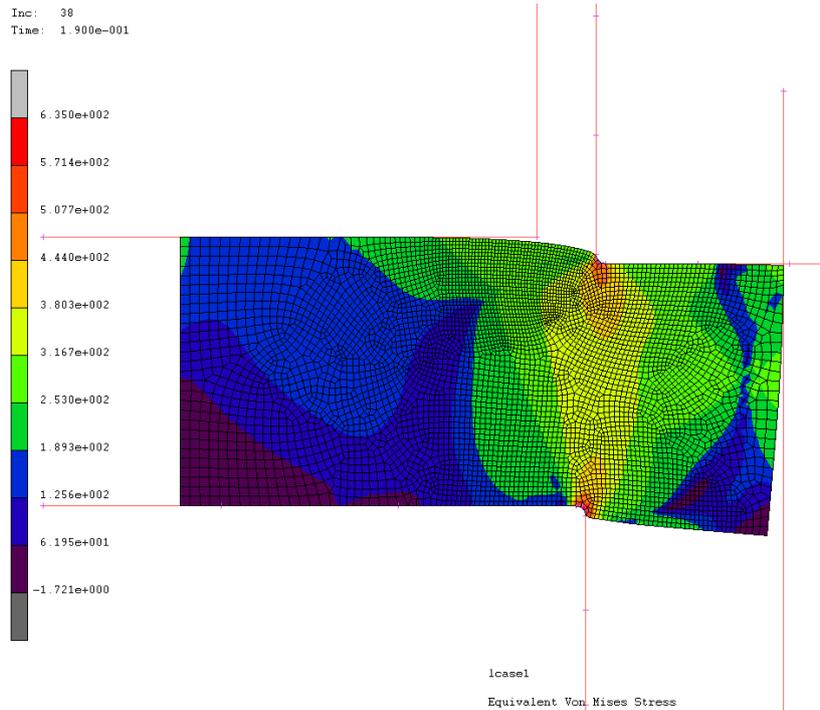
Las deformaciones van aumentando progresivamente y el material como se ve en las figuras 1 y 2 se deforma plásticamente, hasta que en el incremento 61, la matriz a descendido 2,48mm (figura 3) se produce la primera grieta o fractura en la zona de mayores deformaciones, se dan deformaciones plásticas de 2,282. Conforme la matriz descende en su recorrido, la fractura aumenta longitudinalmente con deformaciones mucho menores, en torno a 1,15.

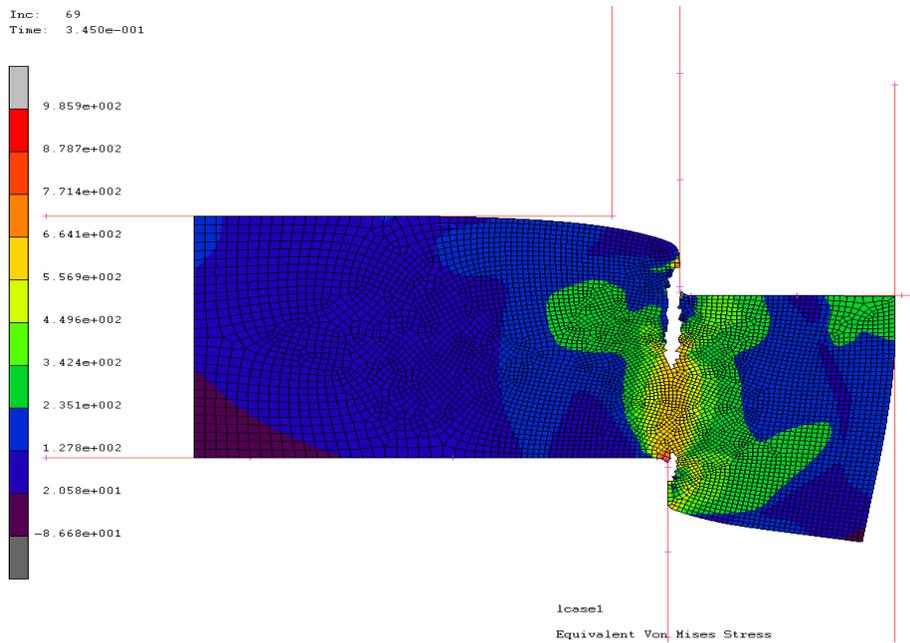
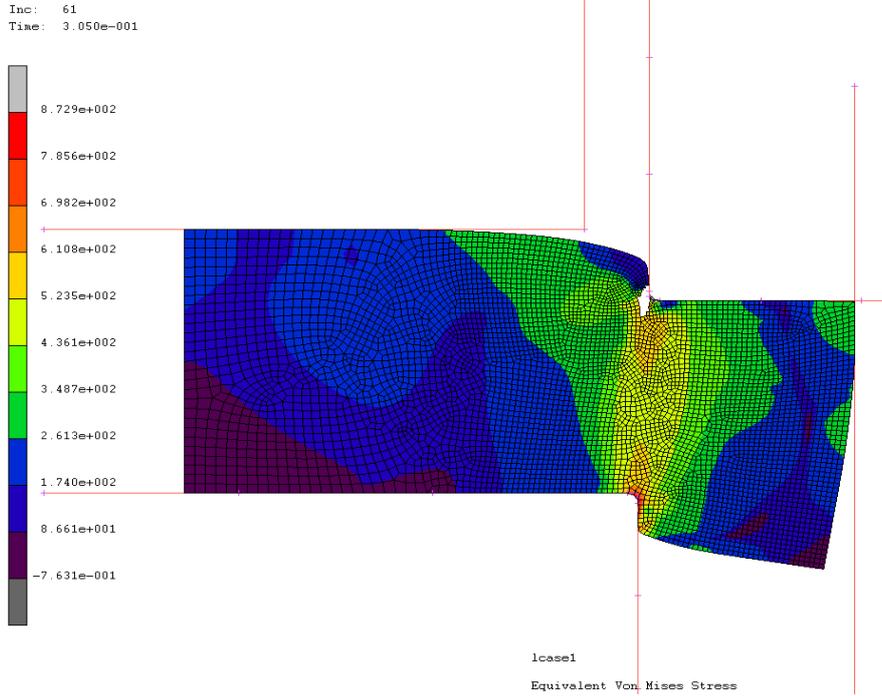
Las deformaciones disminuyen en la zona central pero aumentan en la zona inferior, zona de contacto con el macho de corte y se produce la primera fractura inferior, la matriz ha descendido 3,047 mm (figura 5).

Finalmente se propagan ambas grietas y se llega a la ruptura completa del material (figura 6). Esta ruptura se produce cuando la matriz ha descendido 3,0874 mm por lo que no es necesario bajar más la matriz para producir el corte requerido. Las deformaciones en esta última fase son del orden de 0,937.

## Tensiones

Se observan los resultados de las tensiones de Von Mises. En las siguientes figuras se ve la distribución de tensiones y sus puntos más críticos en diferentes incrementos durante el proceso de corte.





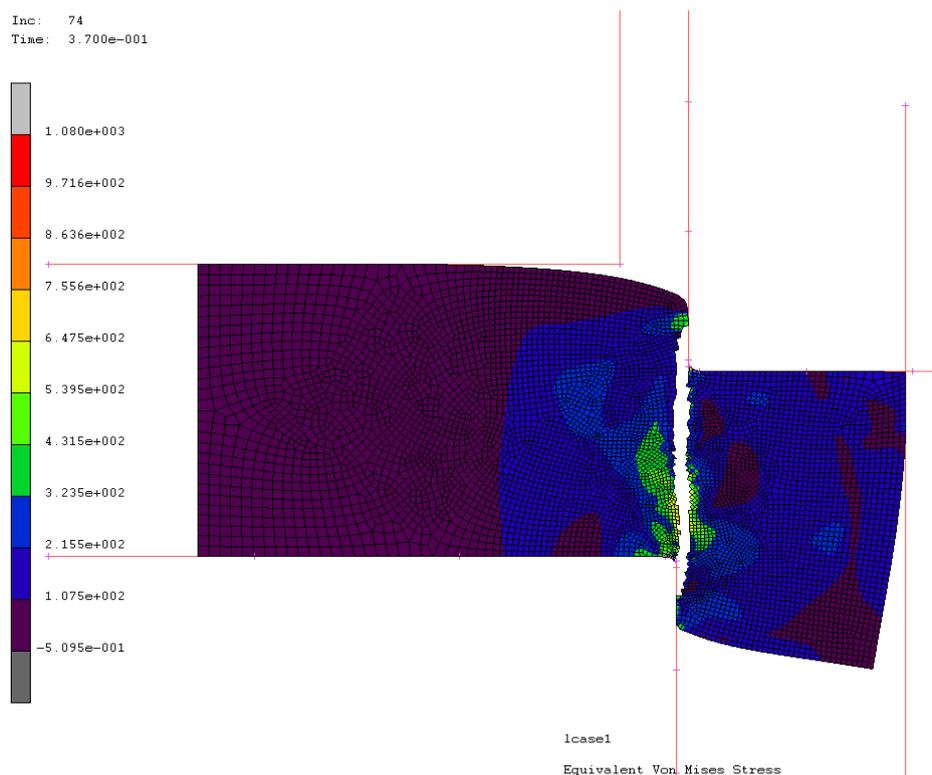


Figura 5.16 Tensiones Von mises durante el proceso de corte.

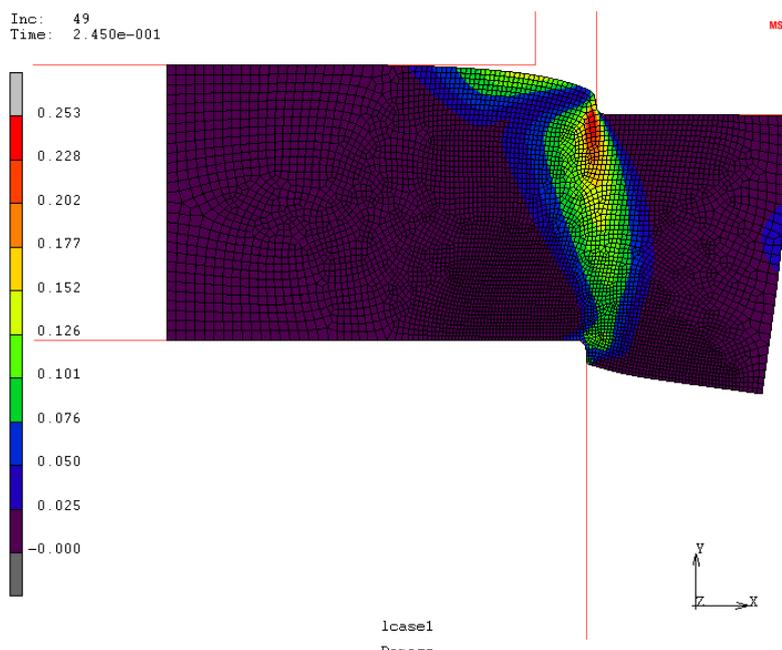
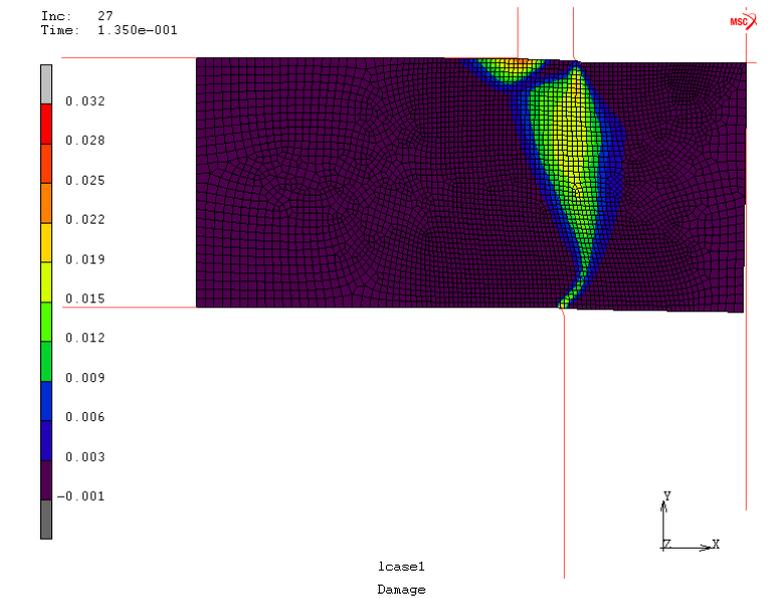
En las imágenes anteriores se obtuvieron los resultados de las tensiones de Von Mises que aparecen en el material durante el corte. Se observa que la zona crítica del material se encuentra en la sección que forma la cara exterior del macho y la interior de la matriz.

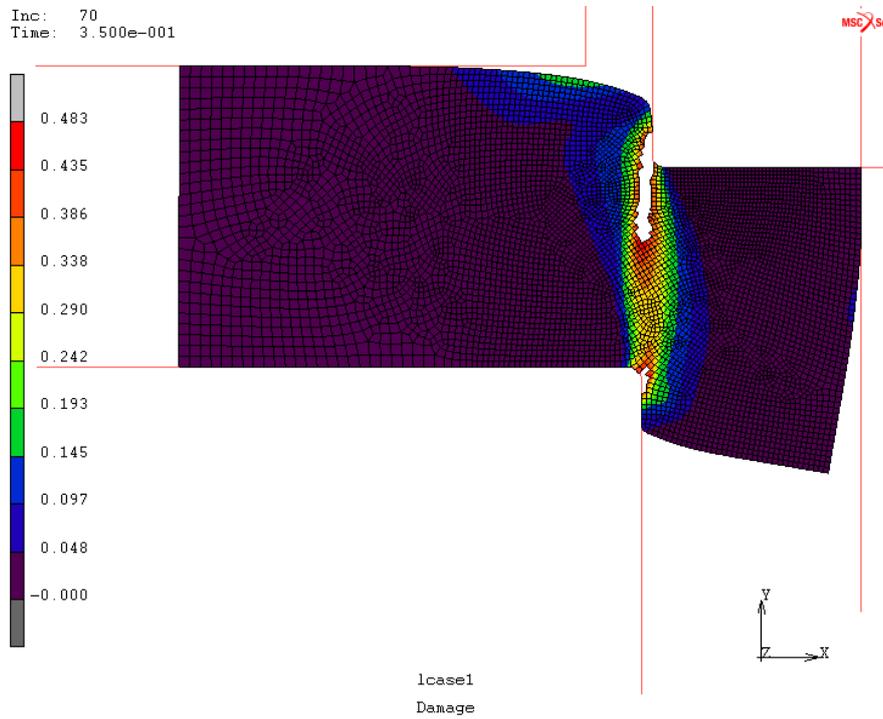
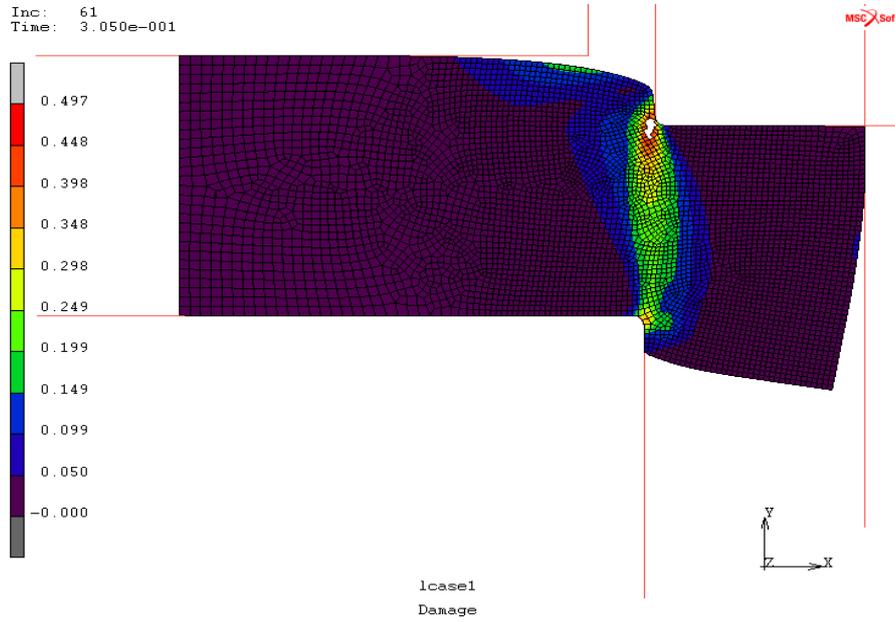
Se puede observar un aumento muy significativo de las tensiones respecto a la simetría del eje longitudinal de la matriz, debido a los efectos de la transferencia de carga por parte del macho.

Conforme desciende la matriz se observa un aumento de las tensiones y de la deformación plástica del material. En la figura 5.16, imagen 3, se produce la primera grieta, el valor de la tensión en esa zona es de 597,2 MPa, muy por encima de su resistencia mecánica, que es de 440 MPa. Las tensiones se mantienen en la zona central, 605 MPa, pero aumentan en la zona inferior, zona de contacto con el macho de corte y se produce la primera fractura grieta inferior, la matriz ha descendido 3,047 mm (figura 5), se dan tensiones en esa zona de 771,4 MPa. Finalmente se propagan ambas grietas y se llega a la ruptura completa del material (figura 6). Esta ruptura se produce cuando la matriz ha descendido 3,0874 mm.

## Daño

Según el modelo de daño de Cockcroft&Latham vemos los efectos y la evolución del daño en el material. En las siguientes imágenes se pueden observar los resultados de daño que sufrirá la banda de material en sus puntos más críticos en diferentes incrementos en la operación de corte.





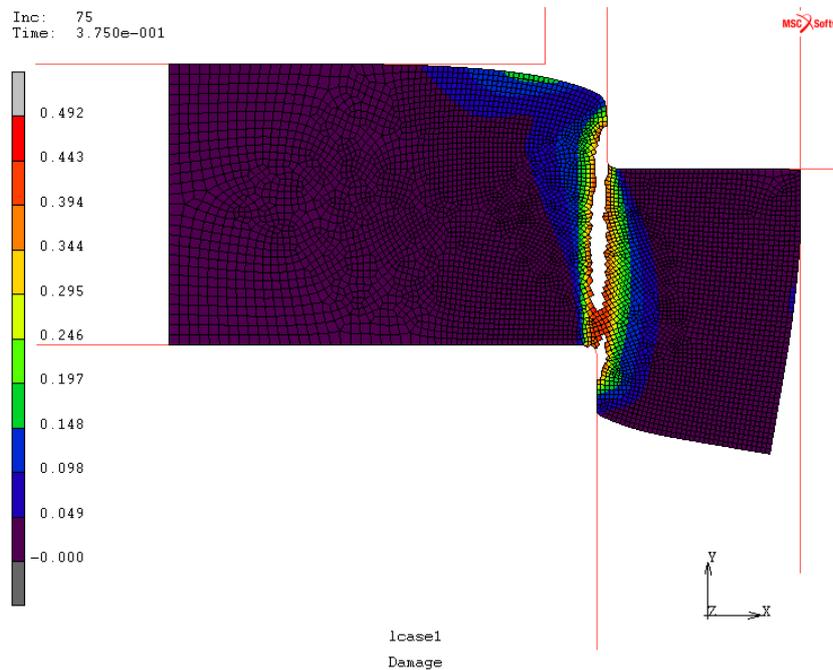


Figura 5.16 Daño infligido durante el proceso de corte.

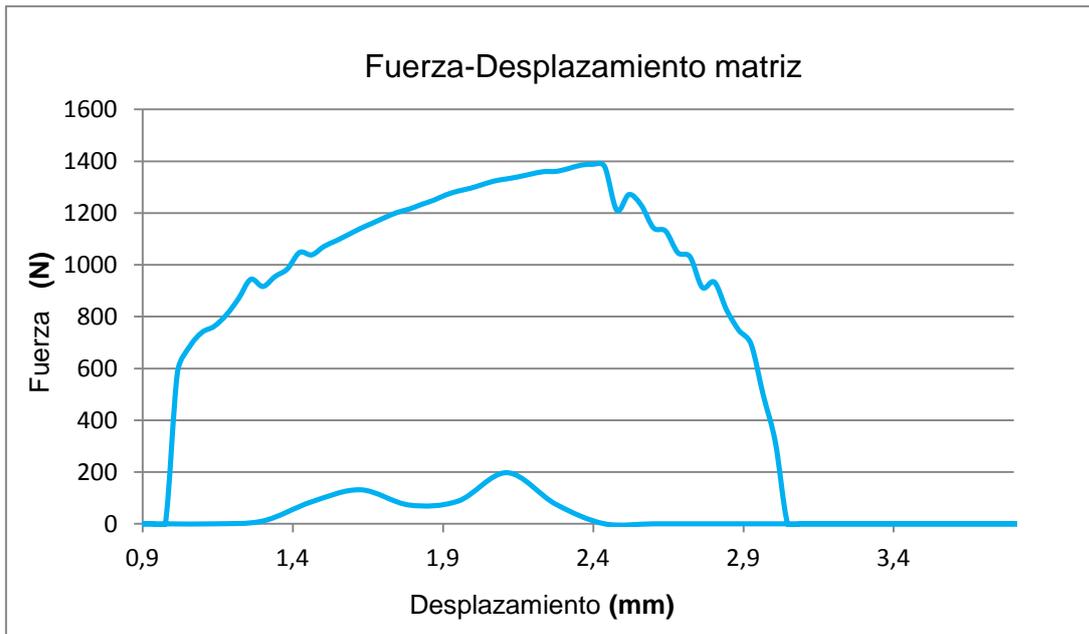
Conforme la matriz descende se puede observar una variación del valor de daño de forma discontinua desde el área de contacto del pisador debido a los efectos de la transferencia de carga por parte del matriz.

El valor de daño va aumentando progresivamente y el material como vemos en las figuras 1 y 2 se deforma plásticamente, el mayor valor de daño se concentra en las zonas de contacto de matriz y pisador hasta que en el incremento 61, la matriz a descendido 2,48mm (figura 3) se produce la primera grieta o fractura en la zona de mayor daño, se dan valores de daño de 0,497. Con forme la matriz descende en su recorrido, la fractura aumenta longitudinalmente con valores de daño semejantes, en torno a 0,435. El valor de daño se mantiene en la zona central pero aumentan en la zona inferior, zona de contacto con el macho de corte y se produce la primera fractura o grieta inferior, la matriz a descendido 3,047 mm (figura 5).

Finalmente se propagan ambas grietas y se llega a la ruptura completa del material (figura 6). Esta ruptura se produce cuando la matriz ha descendido 3,0874 mm por lo que no es necesario bajar más la matriz para producir el corte requerido. El valor de daño en esta última fase es del orden de 0,433.

## Fuerza

Se han importado los datos definitivos de fuerza desde MarcMentat a una tabla de Excel comprobando la fuerza de la matriz en función del tiempo y desplazamiento y compararlo con la fuerza del pisador y del macho. La fuerza obtenida es por mm de espesor de material.



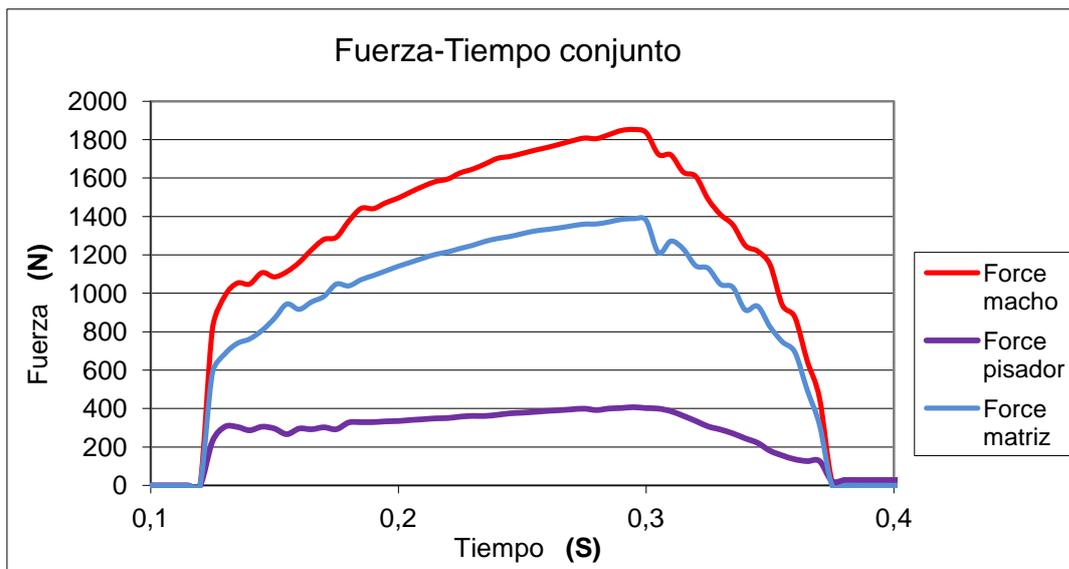
Figuras 5.17 Tabla de Excel Evolución Fuerza-desplazamiento matriz.

La fuerza máxima para cortar el material es 1380 N por mm de espesor, ya que estamos en deformación plana, para obtener la fuerza máxima deberemos multiplicar por el perímetro total a cortar, que consta del perímetro exterior de la figura y de los dos punzonados exteriores.

$$\text{Perímetro total} = 492,874 \text{ mm}$$

Fuerza máxima a realizar por la matriz:

$$1380 \text{ N} \times 492,874 = \mathbf{680,166 \text{ KN.}}$$



Figuras 5.18 Tabla de Excel Evolución Fuerza-Tiempo de todos los elementos

Como podemos observar, la fuerza que tiene que ejercer el macho para realizar el corte es mayor que la matriz, el pisador realiza una fuerza mucho más pequeña y es debida a los esfuerzos que le transmite el material que tiende a doblarse durante el corte. La fuerza crece de conforme la matriz deforma plásticamente la banda, el momento de fuerza máxima (1380N para matriz y 1900 N para macho) coincide con la aparición de la primera grieta en el material, la fuerza decrece levemente al mismo tiempo que la grieta se hace mayor, este ligero descenso de la fuerza se debe a que tanto las tensiones como las deformaciones en la zona central bajan y hay menor sección de material a cortar.

Se observa de nuevo un leve crecimiento de la fuerza que coincide con la aparición de la primera grieta inferior, a partir de ahí la fuerza decrece hasta cero, desplazamiento de 3,0874 mm de la matriz, el material se ha cortado completamente y tenemos acabada nuestra pieza.

### 5.3 DESARROLLO Y RESULTADOS DEL MODELO 3D.

Se ha realizado el estudio y análisis de los procesos de forma plana, en 2D y por separado, aprovechando un programa específico para simulación de conformado, se ha realizado un estudio en 3D con la matriz real diseñada para realizar estimaciones sobre el comportamiento que ofrecerá el utillaje en condiciones reales de funcionamiento.

Para la realización del cálculo, simulación y obtención de los resultados se empleará el programa SIMUFACT.forming, que es una herramienta de simulación que ha sido desarrollado especialmente para la industria del conformado. [11]

#### 5.3.1 DESARROLLO DEL MODELO

Se define de forma inicial el tipo de proceso de conformado, de tipo bulk forming (upsetting), que es el que se adapta al proceso estudiado, se realiza una simulación en 3D mediante elementos finitos y en frío. Se selecciona el tipo de prensa, hidráulica con una velocidad de 10 m/s y se elige el tipo de fricción entre matrices, de Coulomb con coeficiente de rozamiento 0,08 (estimación teórica).

Se debe importar el diseño, para ello se abren los archivos STL con los diferentes elementos que contiene el utillaje, estos archivos han sido creados a partir del diseño realizado en Solid Works y son los siguientes:

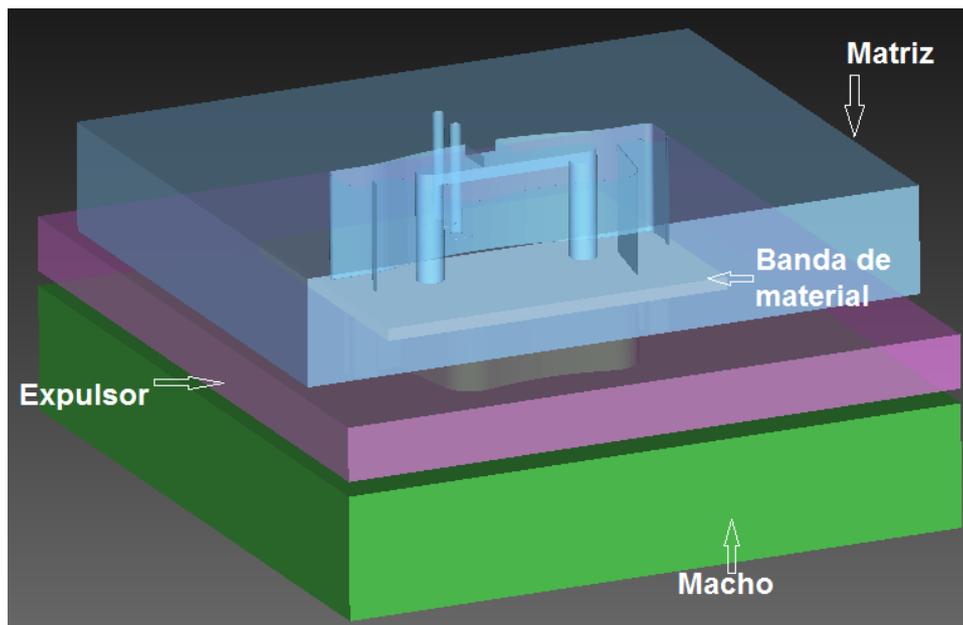


Figura 5.19 Modelo Simufact del troquel.

Se definen las características del material y el tipo de mallado. Por las características de la conformación se opta por un mallado Overlay Hex con elementos Hexahedral de tamaño 2 mm. El tamaño de elementos debe ser grande para no generar muchos elementos que dificulten y ralenticen el análisis, se obtienen 66019 elementos. Se deben realizar en las zonas de contacto con matriz y macho unos elementos mucho más pequeños para no incurrir en errores de mallado, por lo que se realizan 5 cajas de remallado en las zonas de conflicto de 1 nivel. El resultado se puede observar en la imagen 5.20.

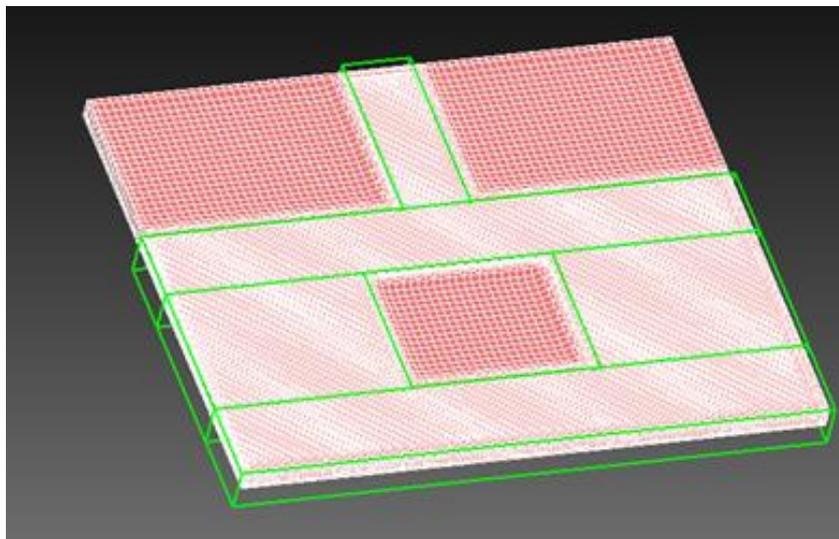


Figura 5.20 Cajas de remallado.

El material con el cual se trabaja es un acero AP-11 con las siguientes características mecánicas.

- Modulo de Young: 210000 MPa.
- Poisson Ratio: 0,3
- Densidad: 7850 Kg/m<sup>3</sup>.
- Conductividad térmica: 47 W/m K

Su comportamiento plástico se obtiene a partir de las tensiones reales obtenidas del diagrama de tracción-deformación. El material sigue la ecuación plástica:

$$\bar{\sigma} = \max \left[ S, C \bar{\epsilon}^N \right]$$

- Límite elástico mínimo (S): 306.1 MPa.
- Constante elástica (C): 629.34 MPa
- Strain Hard. Exp. (N): 0,265

Estos factores reales se han obtenido a partir de los valores ingenieriles sacados del diagrama tensión-deformación, figura 5.2; Véase referencia bibliográfica [11] para la descripción y calculo de estos factores.

Las características de daño se obtienen a partir de las tensiones ingenieriles, se aplica el modelo de LEMAITRE.

- Critical damage (D1c): 0.149685
- Stress at uniform elongation (Rm) : 620.585 MPa
- Damage resistance parameter (S): 0,213186
- Equivalent strain  $e_{Rm}^p = 0,419047$

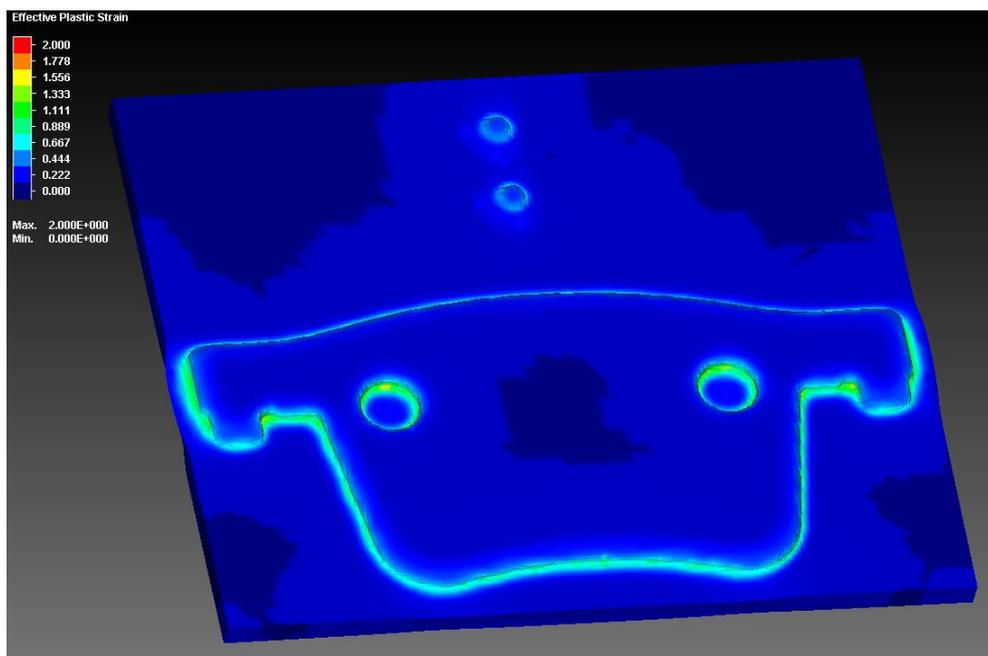
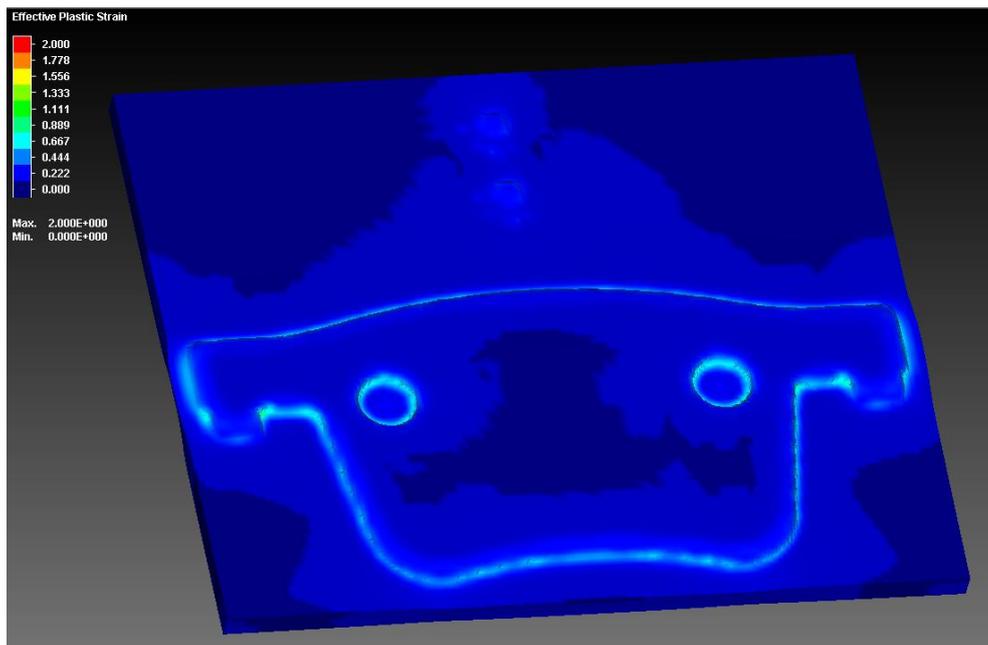
Estos factores de daño se han obtenido a partir del criterio de daño de LEMAITRE. Véase referencia bibliográfica [11] para la descripción y calculo de estos factores.

Los resultados que se piden son la deformación plástica equivalente, la tensión Von Mises, Daño y se extraerán la fuerza de matriz, pisador y macho.

### 5.3.2 RESULTADOS OBTENIDOS.

#### Deformación plástica

En las siguientes imágenes se pueden observar los resultados de las deformaciones plásticas equivalentes que sufrirá la banda de material en sus puntos más críticos en diferentes incrementos durante el proceso de conformado.



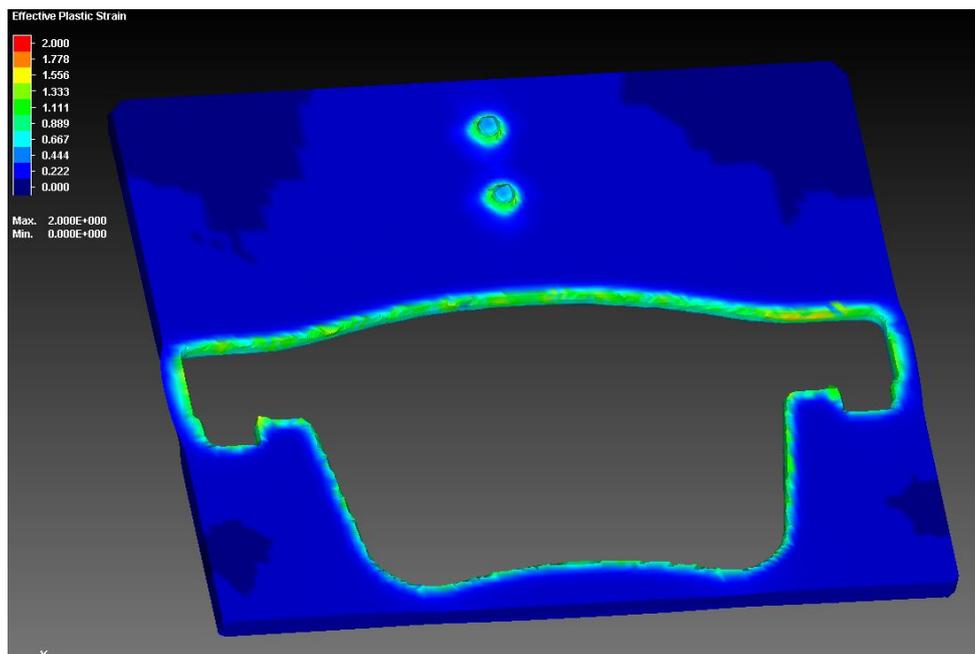
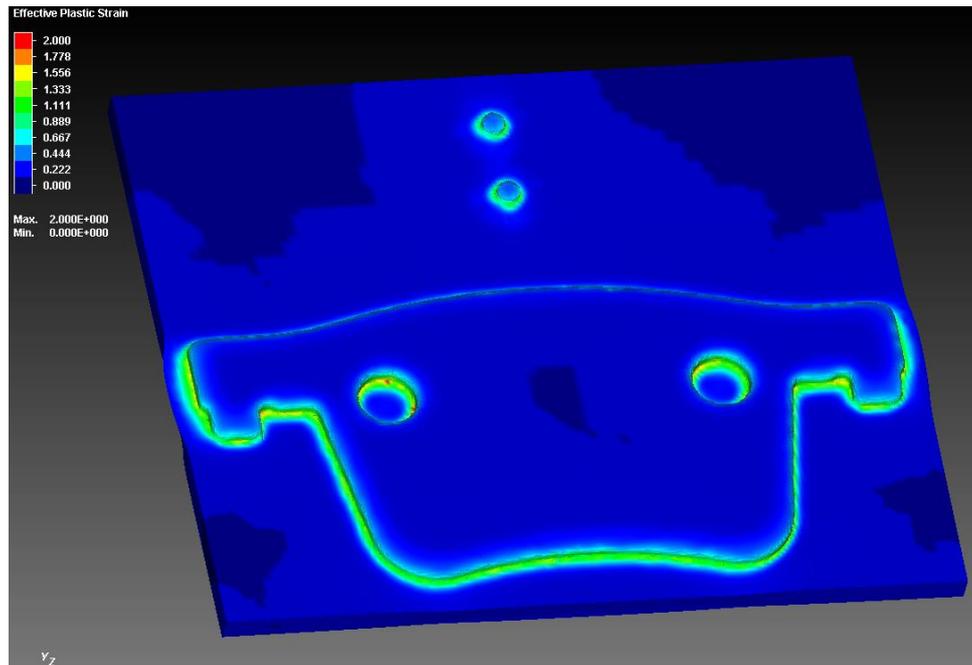


Figura 5.21 Deformación plástica durante el proceso de conformado

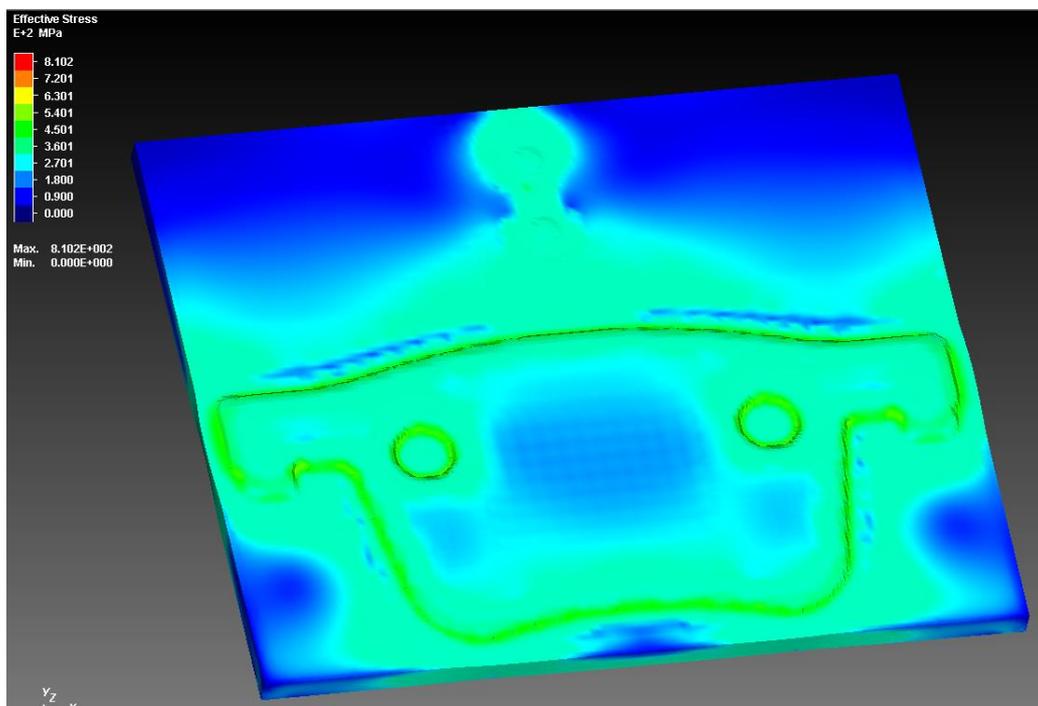
Conforme la matriz descende se puede observar una variación de las deformaciones plásticas debido a los efectos de la transferencia de carga por parte del macho y punzones.

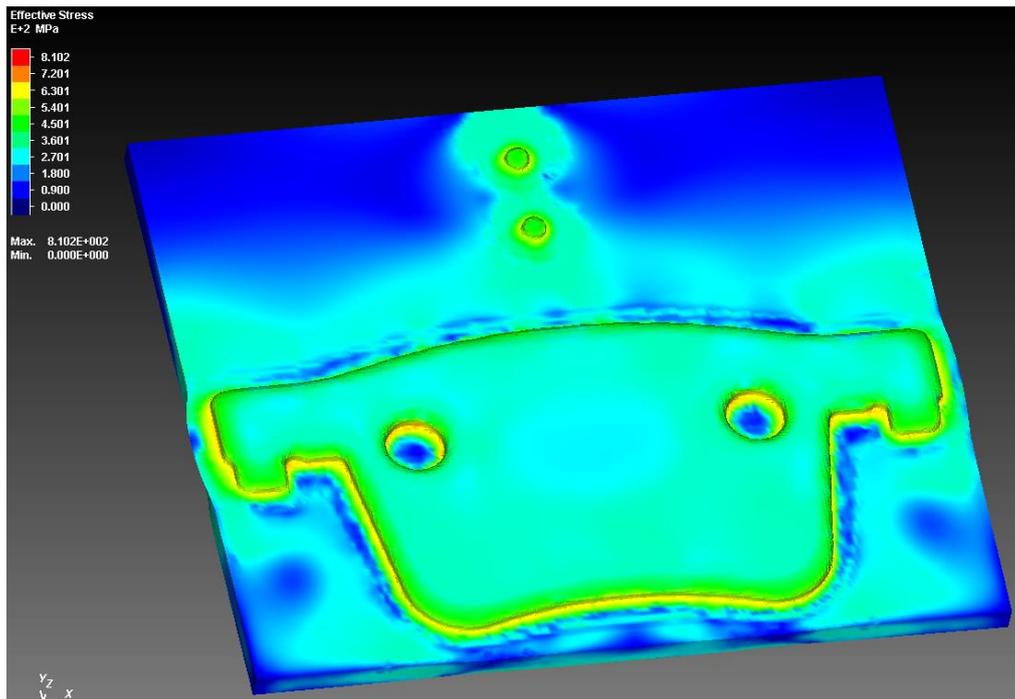
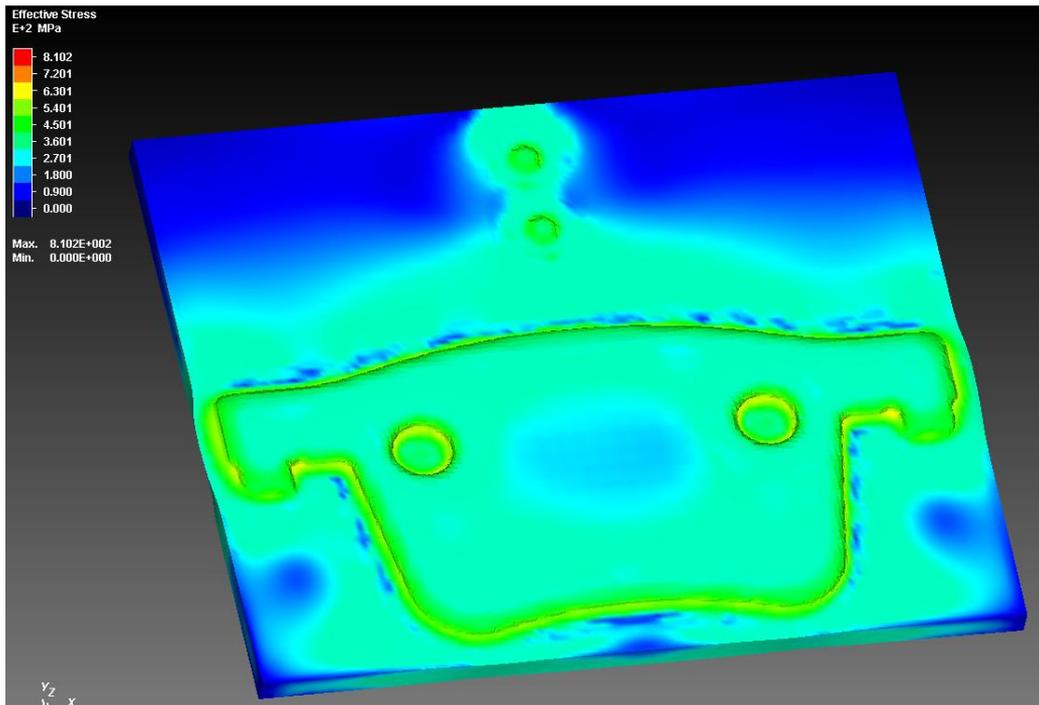
Las deformaciones van aumentando progresivamente y el material como vemos en las figuras 1, 2 y 3 se deforma plásticamente con la geometría de la matriz, cuando esta ha descendido 3,0874 mm se supera el límite plástico del material y se produce el corte exterior y el punzonado interior, se dan unos valores de deformación plástica de 2 - 2,1.

Podemos observar también la embutición de los dos tetones, en el paso anterior, se dan unos valores de deformación plásticas de 0,899 a 1,111 obteniendo una correcta embutición.

### Tensiones de Von Mises

En las siguientes imágenes se pueden observar los resultados de las tensiones de Von Mises que sufrirá la banda de material en sus puntos más críticos en diferentes incrementos durante el proceso de conformado.





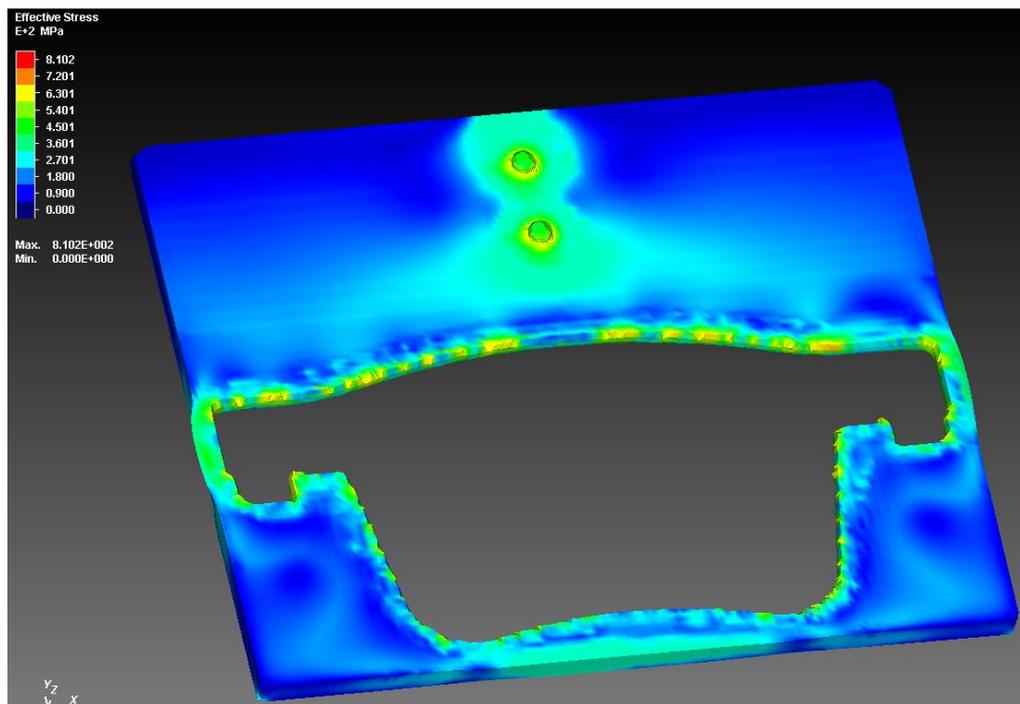


Figura 5.22 Tensiones de Von mises durante el proceso de conformado

Al igual que en la deformación plástica, conforme la matriz desciende se aprecia una variación de las tensiones debida a los efectos de la transferencia de carga por parte del macho y punzones.

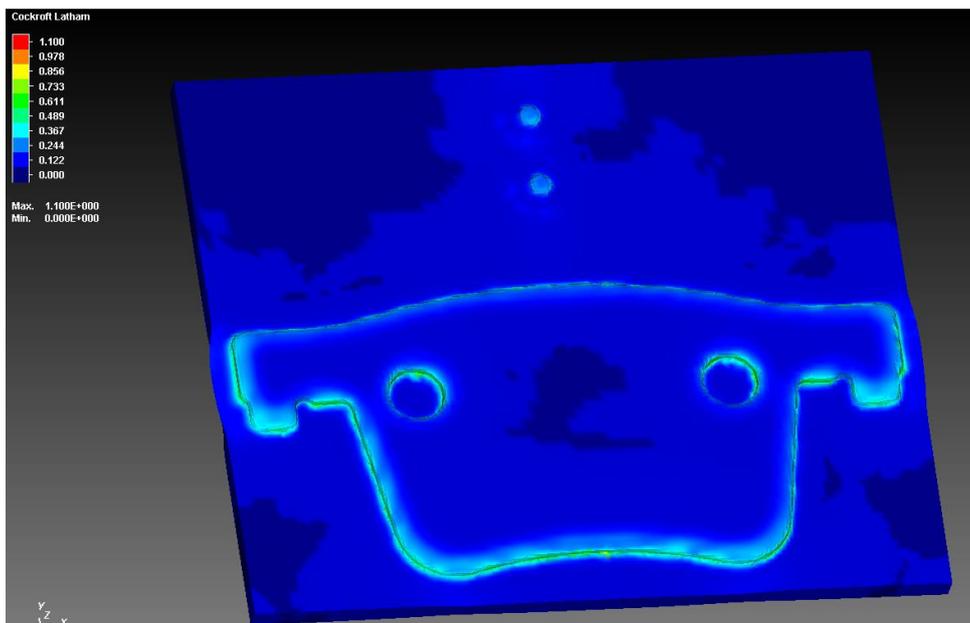
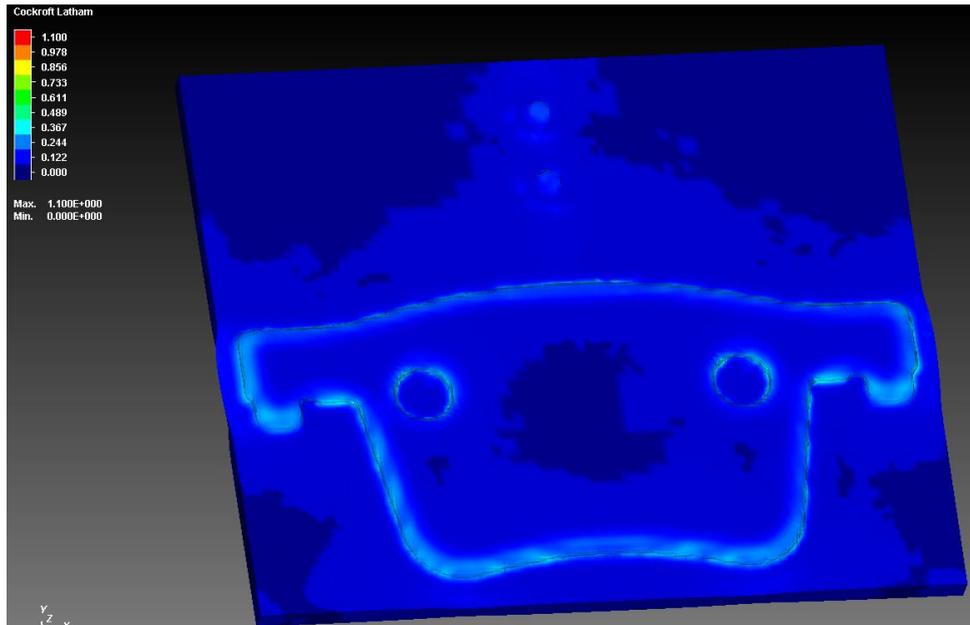
Las deformaciones van aumentando progresivamente y en el material, como vemos en la imagen 1 de la figura 5.22 se aumentan las tensiones de Von Mises en la zona de contacto matriz-macho y matriz-punzones. Se alcanzan valores de tensión de 450,1 MPa.

Las tensiones van aumentando conforme aumentan las deformaciones, imágenes 2 y 3 de la figura 5.22 hasta llegar a valores 630,1 MPa. Al llegar a matriz a descender 3,0874 mm, imagen 4 de la figura 5.23 se dan valores de tensión de 810,2 MPa superando la tensión máxima plástica del material y produciéndose el corte.

Podemos observar también la embutición de los dos tetones, en el paso anterior, se dan unos valores de tensión de 630,1 MPa, obteniendo una correcta embutición.

## Daño

En las siguientes imágenes se pueden observar los valores de daño infligido que sufrirá la banda de material en sus puntos más críticos en diferentes incrementos durante el proceso de conformado.



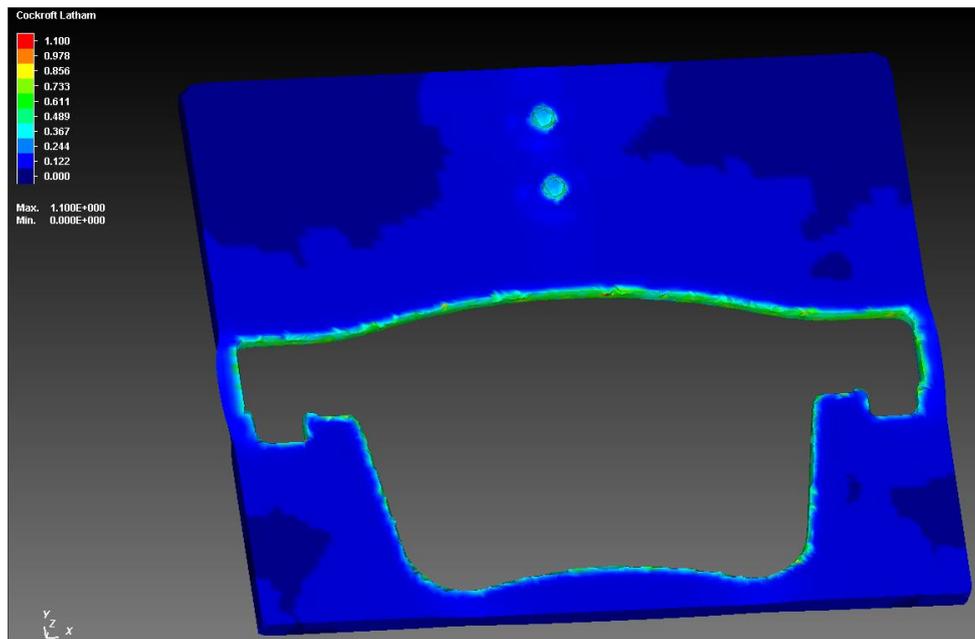
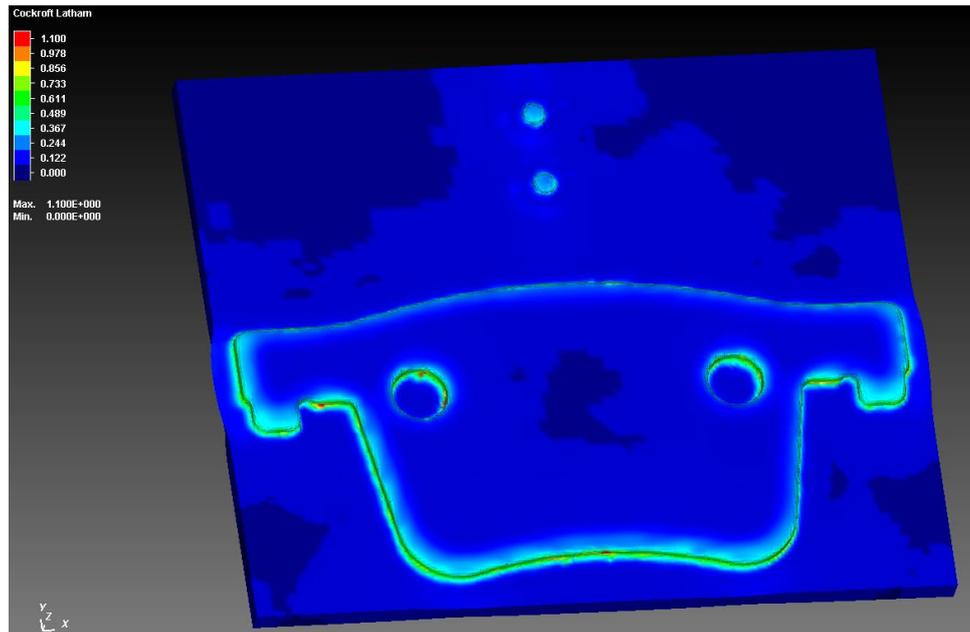


Figura 5.23 Daño infligido durante el proceso de conformado.

En la figura 5.23 se puede observar una variación del daño infligido debido a los efectos de la transferencia de carga por parte del macho y punzones.

Los valores de daño van aumentando progresivamente y el material como se observa en las figuras 1, 2 y 3 se deforma plásticamente con la geometría de la matriz, cuando esta ha descendido 3,0874 mm se dan valores de daño de 1,1 y se produce el corte exterior y el punzonado interior.

Se puede observar también la embutición de los dos tetones en el paso anterior, se dan unos valores de daño de 0,224 a 0,367, valores de daño no excesivamente elevados y que no provocan defectos críticos en la pieza final obteniendo una correcta embutición.

## Fuerza

Se han importado los datos definitivos de fuerza desde Simufact a una tabla Excel comprobando la fuerza de la matriz, macho y pisador en función del desplazamiento.

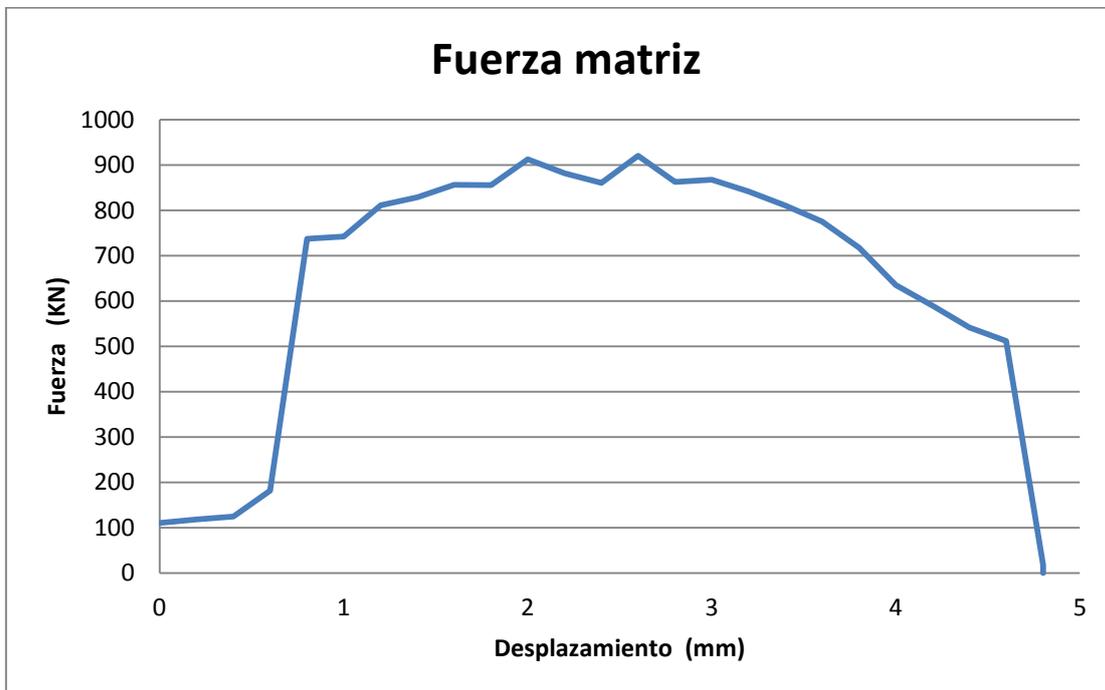


Figura 5.25 Tabla de Excel Evolución Fuerza-desplazamiento matriz.

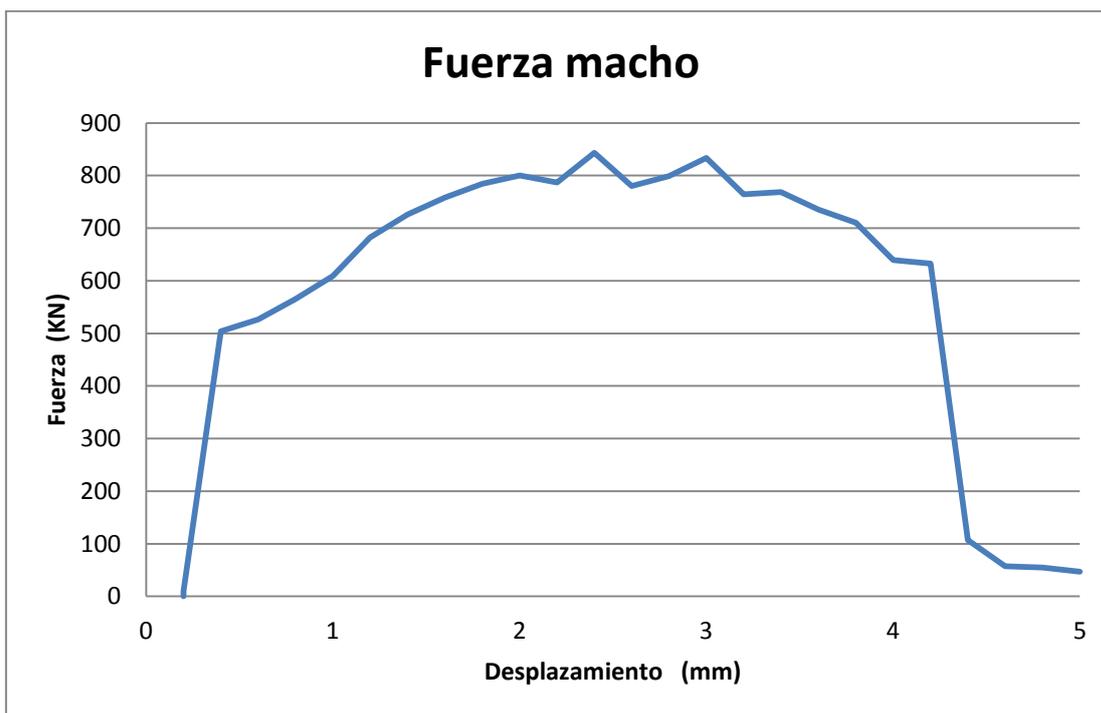
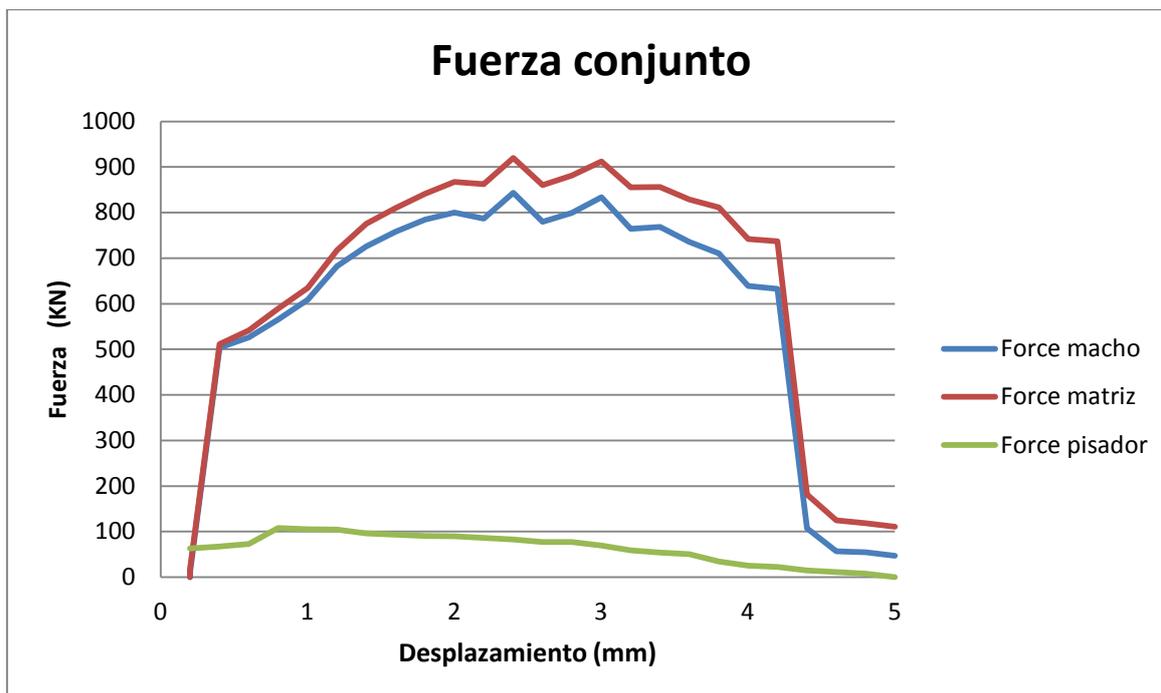


Figura 5.26 Tabla de Excel Evolución Fuerza-desplazamiento macho.



Figura 5.27 Tabla de Excel Evolución Fuerza-desplazamiento pisador.



Figuras 5.28 Tabla de Excel Evolución Fuerza-Desplazamiento de todos los elementos.

Como se puede observar, la fuerza que tiene que ejercer la matriz para realizar el corte es mayor que la del macho, el pisador realiza una fuerza mucho más pequeña y es debida a los esfuerzos que le transmite el material que tiende a doblarse durante el corte. La fuerza crece de conforme la matriz deforma plásticamente la banda, el momento de fuerza máxima (920 KN para matriz y 828 KN para macho), corresponde con las máximas deformaciones plásticas de la geometría exterior, la fuerza a partir de aquí desciende pero tiene de nuevo un pico, coincide con el momento en el cual se alcanzan las máximas deformaciones plásticas en la embutición de los tetones.

Se llega a un descenso de matriz de 3,0874 mm, la geometría exterior se ha cortado y solo queda la embutición de los tetones, se produce un descenso en la fuerza hasta llegar a 4,4 mm, con unos valores de fuerza de 740 KN en la matriz y 620KN en el macho.

Se puede comprobar la concordancia de resultados entre simulaciones en 2 y 3 dimensiones. Sería interesante comprobar el funcionamiento real del conjunto diseñado y de este modo, confirmar la exactitud de los resultados obtenidos.

## 6 CONCLUSIONES Y LINEAS DE TRABAJO FUTURAS

En este trabajo se ha estudiado el proceso de conformado de chapa para la fabricación del soporte metálico de una pastilla de freno. Para ello se ha empleado F.E.M (elementos finitos) con los que se han diseñado, analizado y estudiado los utillajes.

La empresa no emplea habitualmente el análisis F.E.M. para el diseño. Se ha observado que el empleo de dicha metodología reduce el tiempo de diseño y puesta en marcha, además de los fallos y defectos provocados en la pieza durante el conformado. Así pues en este proyecto no solo trata de describir la realización de un trabajo sino que intenta ampliar, haciendo referencia también, a todas las consideraciones técnicas y teóricas necesarias para abordar un proyecto de desarrollo de este tipo.

Para ello el PFC se compone de 5 bloques. Un primer bloque introductorio en el que se sientan las bases sobre lo que se va a hacer en el proyecto y se realiza una exposición de los datos de los que se dispone y de las condiciones. Otro segundo, de fundamentos teóricos genéricos a la mayor parte de utillajes de conformado de chapa mediante deformación plástica; un tercero en el que se siguen los pasos de desarrollo expuestos en el capítulo anterior y se aplican específicamente al utillaje a desarrollar, esta sería la parte que define básicamente el proyecto. Un cuarto bloque en el que se definen los parámetros y métodos de fabricación de los componentes diseñados. Y un quinto y último donde se hace un análisis y estudio de nuestro diseño matriz mediante elementos finitos, y que sirve para realizar estimaciones sobre el comportamiento que ofrecerá el utillaje en condiciones reales de funcionamiento.

Cabe destacar que un desarrollo de un proyecto de este tipo en el marco de una empresa, por la integración que necesita dentro de los diferentes departamentos, lleva asociado el análisis de otros muchos factores claves para su viabilidad a nivel empresarial. Estos factores se contemplarán como posibles en este proyecto como trabajos futuros para, como se ha dicho, poder integrar el desarrollo teórico y técnico de un utillaje de conformado de chapa en un marco empresarial más complejo. Así pues únicamente se detallan los principales campos que llevaría asociados el desarrollo de un utillaje:

- Planificación de la fabricación. Mediante alguna herramienta de planificación de tiempos y tareas.
- Costes de fabricación. En el que se incluyen análisis de métodos y tiempos de fabricación y coste de materia prima y elementos normalizados.
- Planes de amortización del utillaje.
- Control de la calidad. De todos los aspectos de la fabricación y servicio, basada en alguna norma internacional del control de la calidad tipo ISO 9001.

Cada uno de estos aspectos supone otro proyecto en sí mismo.

Es importante también mencionar que el objetivo por el cual se ha llevado a cabo el diseño de este proyecto final de carrera es la iniciación por parte de su autor en el amplio mundo de la fabricación de troqueles y utillajes, que son una parte muy importante y muy utilizada dentro de los procesos de fabricación y requiere por tanto de un desarrollo y de un diseño minucioso y eficaz en todos sus aspectos para poder obtener de él la máxima eficiencia.

Por último, destacar que la matriz y utillaje desarrollado en este PFC se ha fabricado con una pequeña variante y se emplea actualmente en la fabricación de dicho soporte.

## 7 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. ESTAMPADO EN FRIO DE LA CHAPA. Mario Rossi. Ed: Dossat S.A
2. ESTAMPADO Y PRENSADO A MAQUINA. J. Billigmann & H.D.Feldmann. Ed: Reverte S.A. 2ª edición.
3. FUNDAMENTOS DE MANUFACTURA MODERNA, Materiales, procesos y sistemas. Mikell P. Groover. Ed: Pearson - prentice hall.
4. FUNDAMENTOS DE MATRICERIA, Corte y Punzonado. Antonio Florit. Ed: ceac, España; 2005.
5. <http://es.wikipedia.org>
6. <http://www.bruyrubio.com/> Catalogo guías, casquillos, adiprenes etc.
7. [http://www.metalasa.es/\\_Materiales\\_y\\_laminados\\_de\\_hierro](http://www.metalasa.es/_Materiales_y_laminados_de_hierro)
8. <http://www.metalia.es/T.TermicosTraterh/pdf/Revenido.pdf>  
Tratamientos térmicos.
9. MANUAL MARC-MENTAT
10. MANUAL SOLID WORKS
11. MANUAL-TUTORIAL SIMUFACT
12. PROCESOS BASICOS DE MANUFACTURA. Thomas Gregor, E. Glenn. Ed: McGraw-Hill, México; 1983.
13. TROQUELADO Y ESTAMPACION, con aplicaciones al punzonado, doblado, embutición y extrusión. Tomas López Navarro. Ed: Gustavo GILL, España; 1981.

Pamplona, 16 de noviembre de 2012

FIRMA



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“Diseño y calculo de un troquel para la estampación en frio del  
soporte metálico de una pastilla de freno”

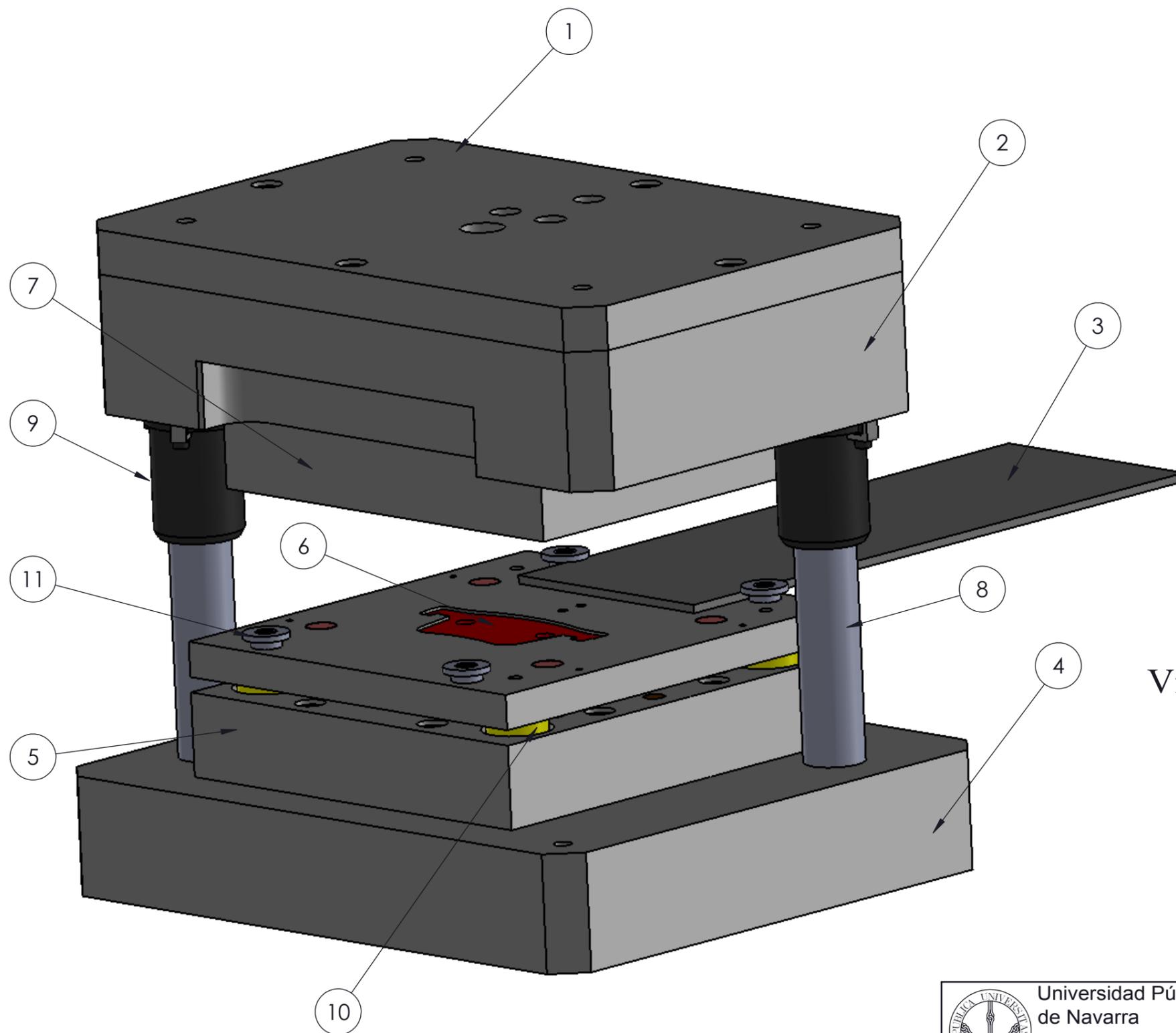
## PLANOS

Emilio García Blazquiz  
Rodrigo Luri Irigoyen  
Daniel Salcedo Pérez

Pamplona, 9 de noviembre de 2012

## INDICE PLANOS

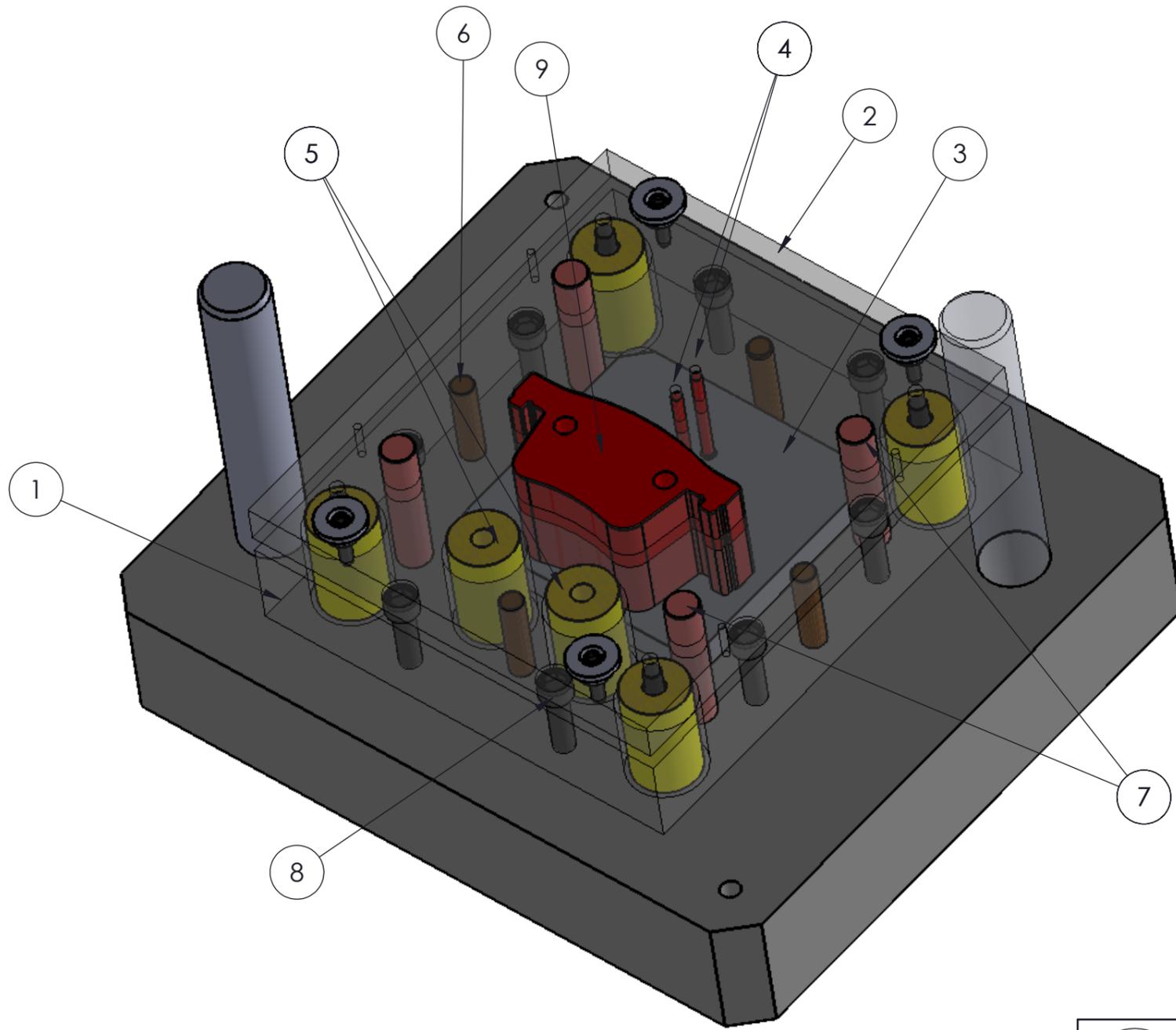
1. Ensamblaje Total
2. Ensamblaje inferior
3. Ensamblaje superior
4. Plano pieza
5. Base inferior
6. Base superior
7. Tapa Superior
8. Matriz de corte
9. Placa portamachos
10. Expulsor de macho
11. Macho de corte
12. Sufridera macho
13. Sufridera matriz
14. Placa portapunzones
15. Expulsor de matriz
16. Sufridera buterolas
17. Punzón tetón
18. Buterolas tetón
19. Elevador de banda



Número	Elemento
1	Tapasuperior
2	Base superior
3	Banda de material
4	Base inferior
5	Placa portamachos
6	Macho de corte
7	Matriz de corte
8	Guia
9	Casquillo
10	Adiprenes
11	Guia banda

Vista Isometrica conjunto troquel

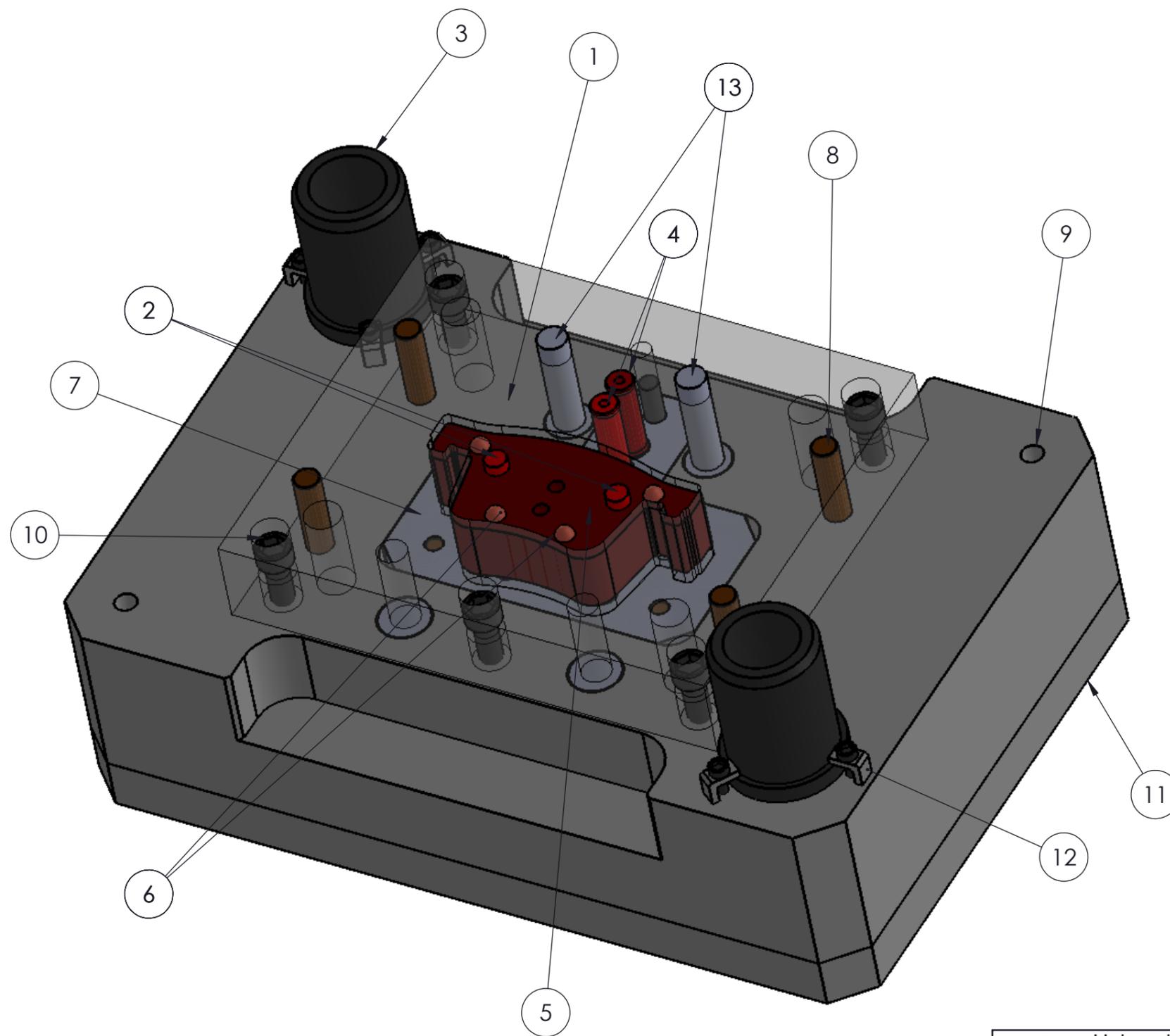
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	REALIZADO: GARCIA BLAZQUIZ, EMILIO	
PROYECTO: DISEÑO Y CALCULO DE UN TROQUEL PARA LA ESTAMPACION EN FRIO DEL SOPORTE METALICO DE UNA PASTILLA DE FRENO		FIRMA:	
PLANO: CONJUNTO TROQUEL	FECHA: 1/11/2012	ESCALA: 1/3	Nº PLANO: 1



Número	Elemento
1	Placa portamacho
2	expulsor de macho
3	Sufridera de macho
4	Puntones tetones
5	Adiprenes
6	Guia portamacho $\phi$ 14
7	Guías Expulsor $\phi$ 20
8	Tornillo M12x80
9	Macho de corte

Vista Isometrica conjunto inferior

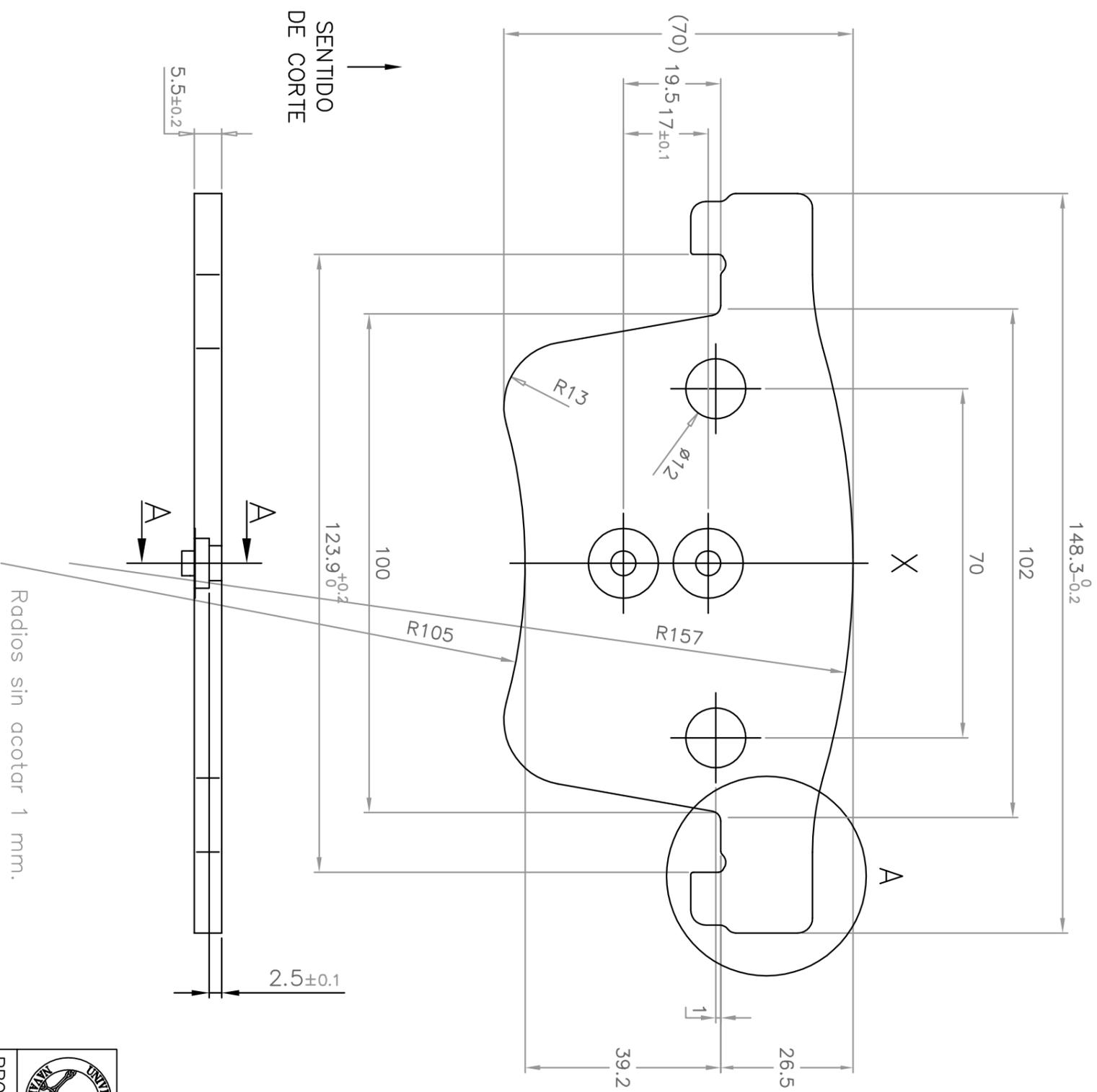
 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	REALIZADO: GARCIA BLAZQUIZ, EMILIO	
PROYECTO: DISEÑO Y CALCULO DE UN TROQUEL PARA LA ESTAMPACION EN FRIO DEL SOPORTE METALICO DE UNA PASTILLA DE FRENO		FIRMA:	
PLANO: BASE INFERIOR	FECHA: 1/11/2012	ESCALA: 1/3	Nº PLANO: 2



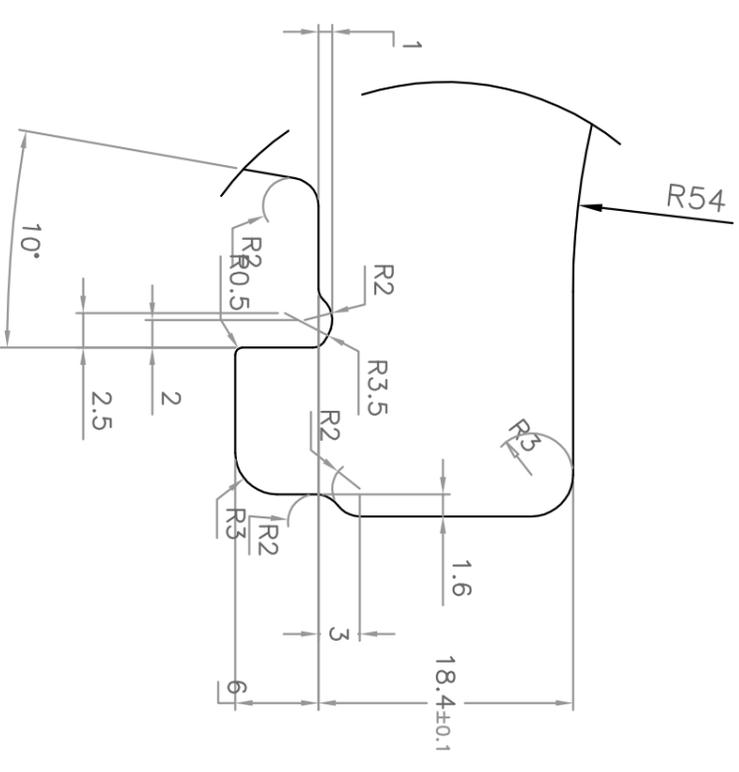
Número	Elemento
1	Matriz de corte
2	Punzones
3	Casquillo guia
4	Buteroloas teton
5	Expulsor matriz
6	Expulsores aceite
7	Placa portapunzones
8	Guia $\phi 14 h7$
9	Amarre cancamo
10	Tornillo M12x50
11	Tapa superior troquel
12	Fijador casquillo
13	Expusor banda

Vista Isometrica conjunto superior

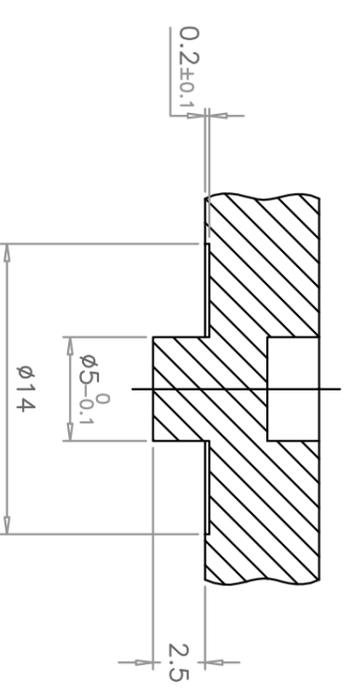
 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	REALIZADO: GARCIA BLAZQUIZ, EMILIO	
PROYECTO: DISEÑO Y CALCULO DE UN TROQUEL PARA LA ESTAMPACION EN FRIO DEL SOPORTE METALICO DE UNA PASTILLA DE FRENO		FIRMA:	
PLANO: CONJUNTO SUPERIOR	FECHA: 1/11/2012	ESCALA: 1/3	Nº PLANO: 3



A (2:1)



A-A (3:1)



Radios sin acotar 1 mm.



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:  
DEPARTAMENTO DE ING.  
MECANICA, ENERGETICA  
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

**DISEÑO Y CALCULO DE UN TROQUEL  
PARA LA ESTAMPACION EN FRIJO  
DEL SOPORTE METALICO DE UNA PASTILLA DE FRENO**

REALIZADO:

**GARCIA BLAZQUIZ, EMILIO**

FIRMA:

PLANO:

**PIEZA A FABRICAR**

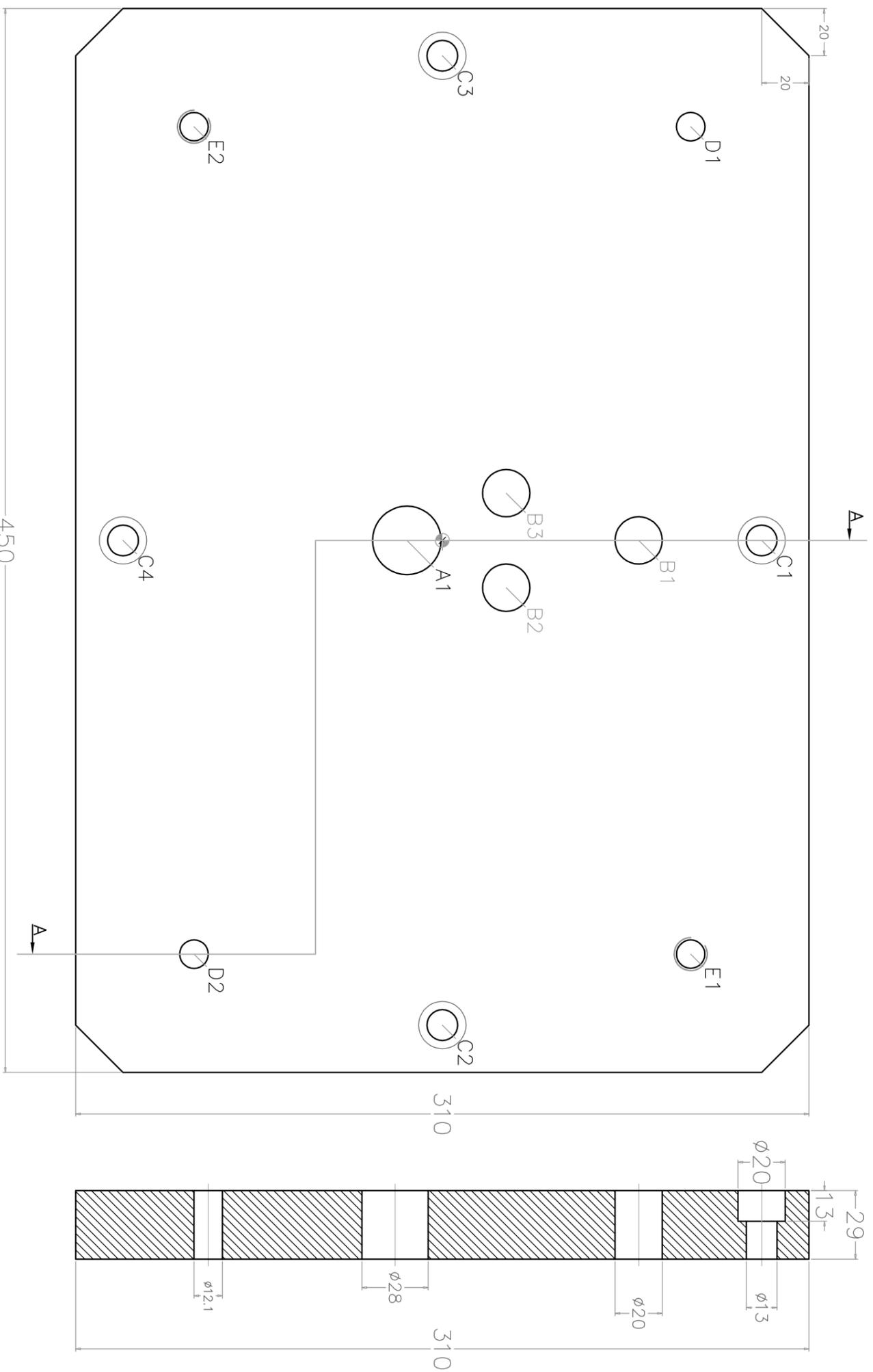
FECHA:  
1/11/2012

ESCALA:  
1/1

Nº PLANO:  
4







Lista de coordenadas

Hole	X	Y	∅	DESCRIPCIÓN
A1	0	-15	∅29	PASANTE VARILLA VERDUGO
B1	0	83	∅20	PASANTE AMARRE BUTEROLA
B2	20	27	∅20	PASANTE AMARRE BUTEROLA
B3	-20	27	∅20	PASANTE AMARRE BUTEROLA
C1	0	135	∅13	PASANTE M-12 +CPD ∅20 Z-13
C2	205	0	∅13	PASANTE M-12 +CPD ∅20 Z-13
C3	-205	0	∅13	PASANTE M-12 +CPD ∅20 Z-13
C4	0	-135	∅13	PASANTE M-12 +CPD ∅20 Z-13
D1	-175	105	∅12.1	PASANTE SALIDA AIRE
D2	175	-105	∅12.1	PASANTE SALIDA AIRE
E1	175	105	∅12	PASANTE ROSCADO M-14 CANCAMO
E2	-175	-105	∅12	PASANTE ROSCADO M-14 CANCAMO



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:  
DEPARTAMENTO DE ING.  
MECANICA, ENERGETICA  
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

**DISEÑO Y CALCULO DE UN TROQUEL  
PARA LA ESTAMPACION EN FRIJO  
DEL SOPORTE METALICO DE UNA PASTILLA DE FRENO**

REALIZADO:

**GARCIA BLAZQUIZ, EMILIO**

FIRMA:

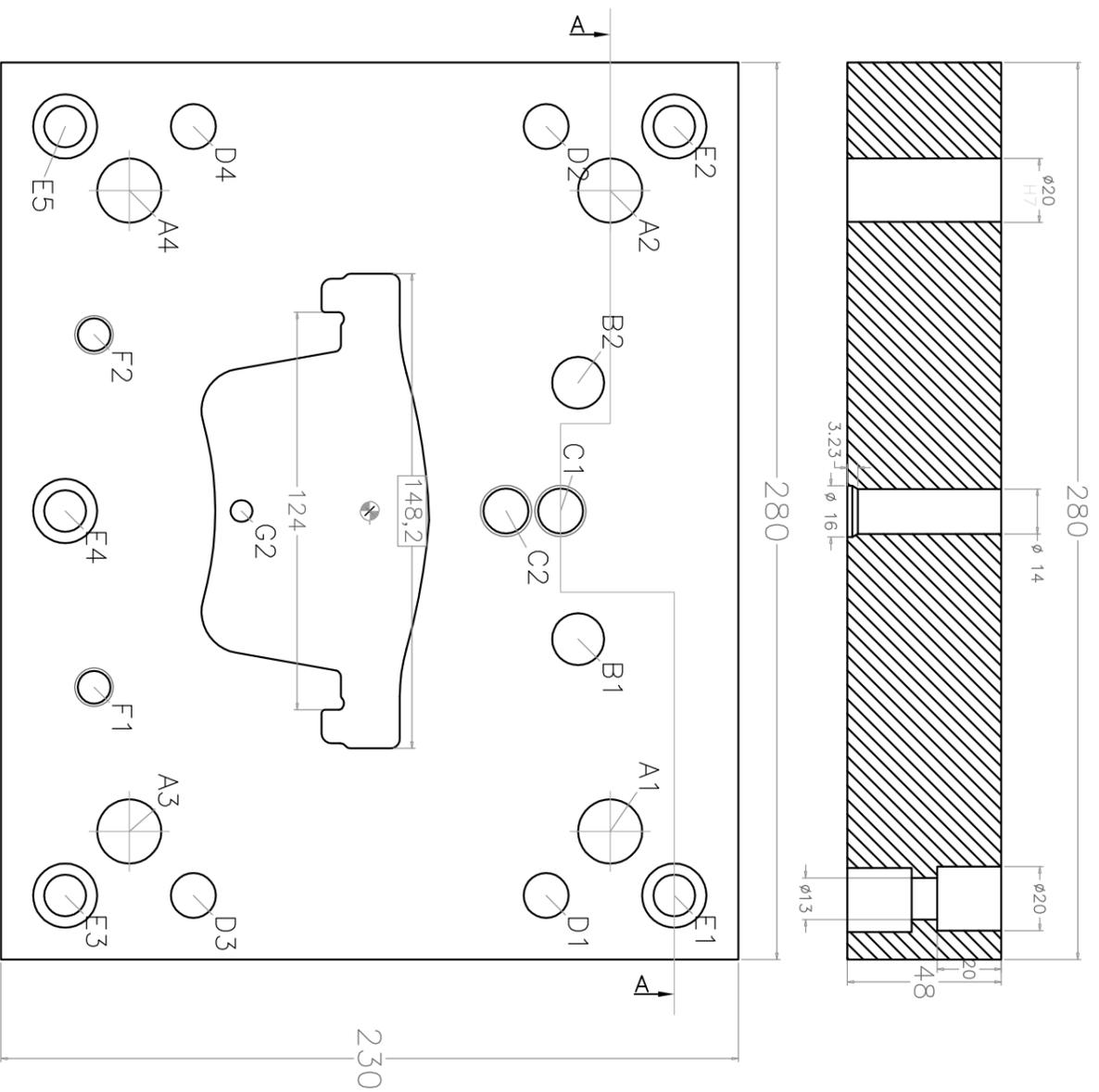
PLANO:

**TAPA SUPERIOR**

FECHA:  
1/11/2012

ESCALA:  
1/2

Nº PLANO:  
7



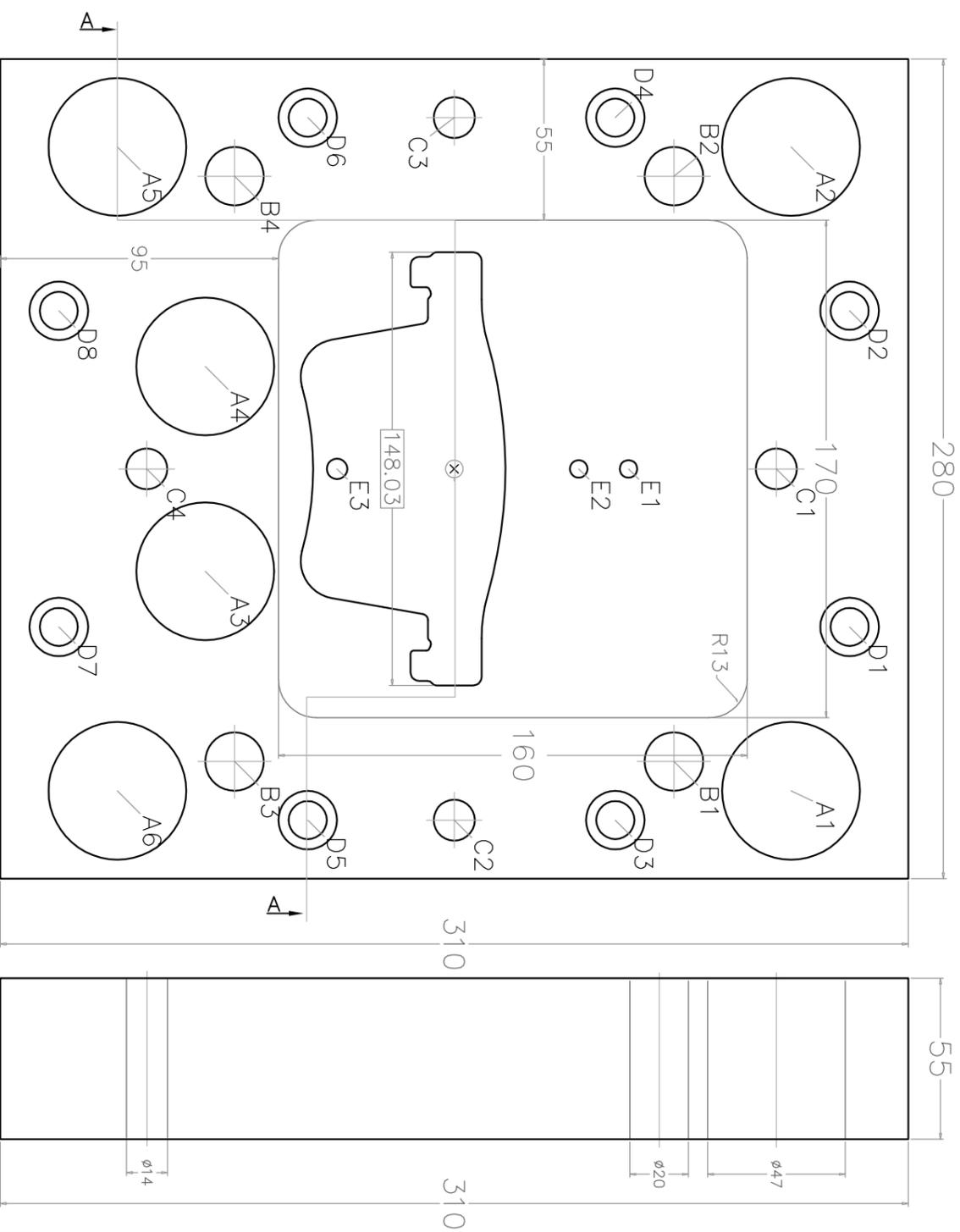
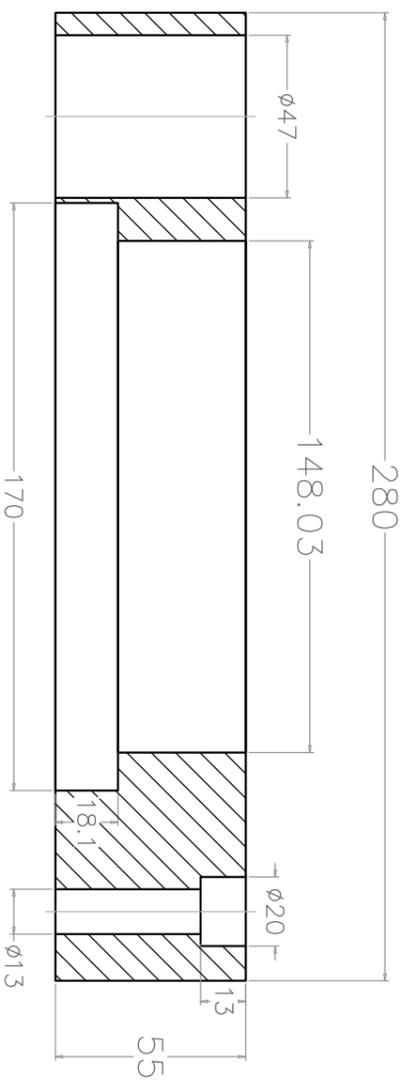
Lista de cordenadas

Hole	X	Y	φ	DESCRIPCIÓN
A1	100	75	φ20	PASANTE H7 GUIA "G"
A2	-100	-75	φ20	PASANTE H7 GUIA "G"
A3	100	75	φ20	PASANTE H7 GUIA "G"
A4	-100	-75	φ20	PASANTE H7 GUIA "G"
B1	40	65	φ16,2	PASANTE EYECTOR BANDA
B2	-40	65	φ16,2	PASANTE EYECTOR BANDA
C1	0	59,5	φ14	PASANTE H-7 PARA BUTEROLA TETON
C2	0	42,5	φ14	PASANTE H-7 PARA BUTEROLA TETON
D1	100	-75	φ14	PASANTE H7 GUIA
D2	-100	-75	φ14	PASANTE H7 GUIA
D3	0	110	φ14	PASANTE H7 GUIA
D4	120	0	φ14	PASANTE H7 GUIA
E1	120	95	φ13	PASANTE M-12 + 2 CAB. φ20 Z-20
E2	-120	-95	φ13	PASANTE M-12 + 2 CAB. φ20 Z-20
E3	120	-95	φ13	PASANTE M-12 + 2 CAB. φ20 Z-20
E4	0	-95	φ13	PASANTE M-12 + 2 CAB. φ20 Z-20
E5	-120	-95	φ13	PASANTE M-12 + 2 CAB. φ20 Z-20
F1	55	-86	φ10,5	PASANTES COMP.
F2	-55	-86	φ10,5	PASANTE COMP.
G1	0	-40	φ6,8	PASANTE HILO

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> <b>INGENIERO</b> <b>TECNICO INDUSTRIAL M.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING.</b> <b>MECANICA, ENERGETICA</b> <b>Y DE MATERIALES</b>
		REALIZADO: <b>GARCIA BLAZQUIZ, EMILIO</b>

PROYECTO: <b>DISEÑO Y CALCULO DE UN TROQUEL</b> <b>PARA LA ESTAMPACION EN FRIJO</b> <b>DEL SOPORTE METALICO DE UNA PASTILLA DE FRENO</b>	FIRMA: <b>GARCIA BLAZQUIZ, EMILIO</b>
---	--

PLANO: <b>MATRIZ DE CORTE</b>	FECHA: 1/11/2012	ESCALA: 1/2	N° PLANO: <b>8</b>
----------------------------------	---------------------	----------------	-----------------------



Lista de cordenadas

Hole	X	Y	φ	DESCRIPCIÓN
A1	110	115	φ47	PASANTE ADIPRENE
A2	-110	115	φ47	PASANTE ADIPRENE
A3	35	-85	φ47	PASANTE ADIPRENE
A4	-35	-85	φ47	PASANTE ADIPRENE
A5	-110	-115	φ47	PASANTE ADIPRENE
A6	110	-115	φ47	PASANTE ADIPRENE
B1	100	75	φ20	PASANTE H7 GUIA "G"
B2	-100	75	φ20	PASANTE H7 GUIA "G"
B3	100	-75	φ20	PASANTE H7 GUIA "G"
B4	-100	-75	φ20	PASANTE H7 GUIA "G"
C1	0	110	φ14	PASANTE H7 GUIA
C2	120	0	φ14	PASANTE H7 GUIA
C3	-120	0	φ14	PASANTE H7 GUIA
C4	0	-105	φ14	PASANTE H7 GUIA
D1	54	135	φ13	PASANTE M-12 + CAB. φ20 Z-13
D2	-54	135	φ13	PASANTE M-12 + CAB. φ20 Z-13
D3	120	55	φ13	PASANTE M-12 + CAB. φ20 Z-13
D4	-120	55	φ13	PASANTE M-12 + CAB. φ20 Z-13
D5	120	-50	φ13	PASANTE M-12 + CAB. φ20 Z-13
D6	-120	-50	φ13	PASANTE M-12 + CAB. φ20 Z-13
D7	54	-135	φ13	PASANTE M-12 + CAB. φ20 Z-13
D8	-54	-135	φ13	PASANTE M-12 + CAB. φ20 Z-13
E1	0	59,5	φ6	PASANTE H7 AVELLANADO 45° Z-2
E2	0	42,5	φ6	PASANTE H7 AVELLANADO 45° Z-2
E3	0	-40	φ7	PASANTE HILO



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE ING.  
MECANICA, ENERGETICA  
Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

**DISEÑO Y CALCULO DE UN TROQUEL  
PARA LA ESTAMPACION EN FRIO  
DEL SOPORTE METALICO DE UNA PASTILLA DE FRENO**

REALIZADO:

**GARCIA BLAZQUIZ, EMILIO**

FIRMA:

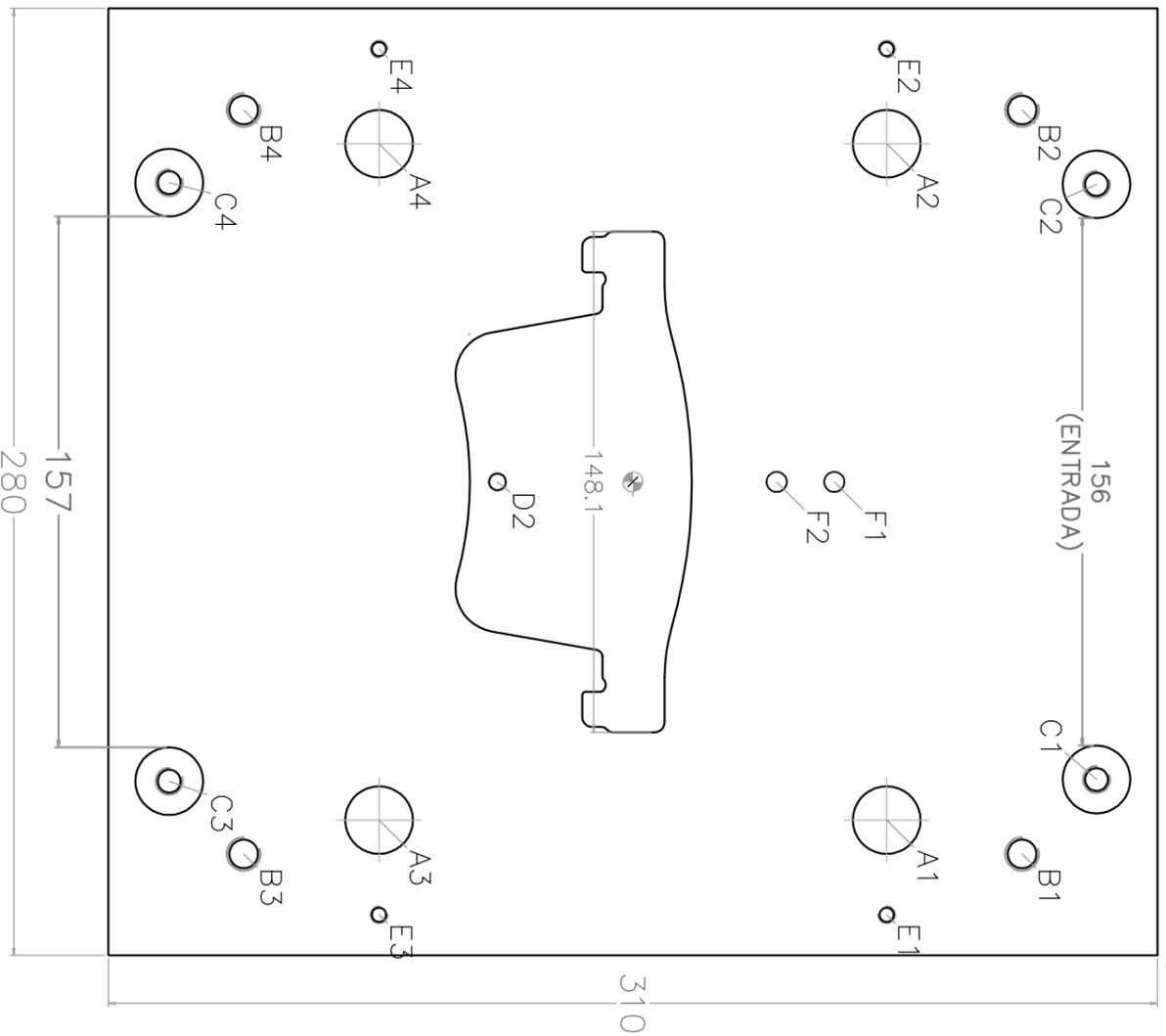
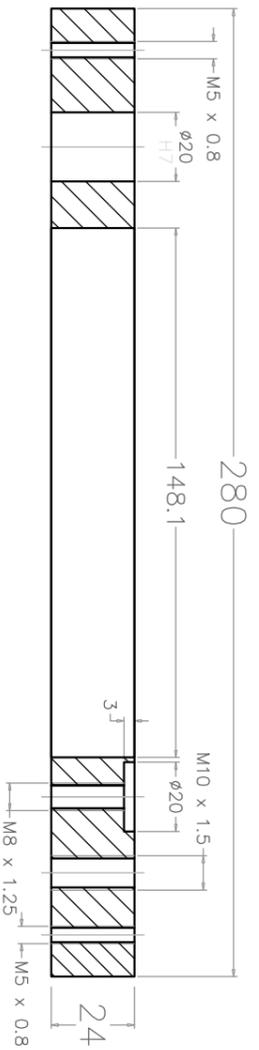
PLANO:

**Placa portamacho**

FECHA:  
1/11/2012

ESCALA:  
1/2

Nº PLANO:  
9



Lista de cordenadas

Hole	X	Y	φ	DESCRIPCIÓN
A1	1007	5	φ20	PASANTE H-7 GUIA
A2	-100	75	φ20	PASANTE H-7 GUIA
A3	100	-75	φ20	PASANTE H-7 GUIA
A4	-100	-75	φ20	PASANTE H-7 GUIA
B1	110	115	φ85	PASANTE ROSCADO M-10 LIMT.
B2	-110	115	φ85	PASANTE ROSCADO M-10 LIMT.
B3	110	-115	φ85	PASANTE ROSCADO M-10 LIMT.
B4	-110	-115	φ85	PASANTE ROSCADO M-10 LIMT.
C1	88	137	φ6.8	PASANTE ROSCADO M-8 + CAB.φ20 Z-3
C2	-88	137	φ6.8	PASANTE ROSCADO M-8 + CAB.φ20 Z-3
C3	88.5	-137	φ6.8	PASANTE ROSCADO M-8 + CAB.φ20 Z-3
C4	-88.5	-137	φ6.8	PASANTE ROSCADO M-8 + CAB.φ20 Z-3
D1	0	30	φ5	PASANTE HILO
D2	0	-40	φ5	PASANTE HILO
E1	128	75	φ4.2	PASANTE ROSCADO M-5 TOPE
E2	-128	75	φ4.2	PASANTE ROSCADO M-5 TOPE
E3	128	-75	φ4.2	PASANTE ROSCADO M-5 TOPE
E4	-128	-75	φ4.2	PASANTE ROSCADO M-5 TOPE
F1	0	49.5	φ6	PASANTE H-7 PUNZÓN TETÓN
F2	0	42.5	φ6	PASANTE H-7 PUNZÓN TETÓN

 <p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<p><b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</p>	<p>DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES</p>

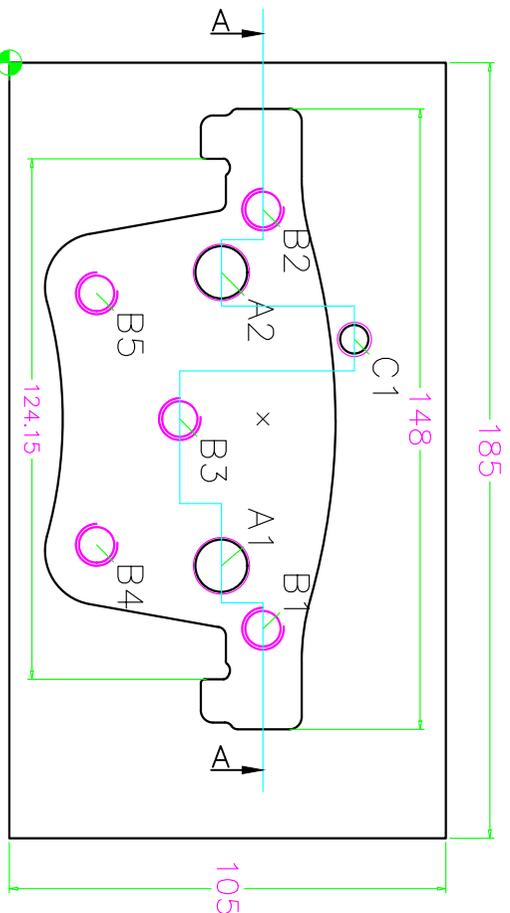
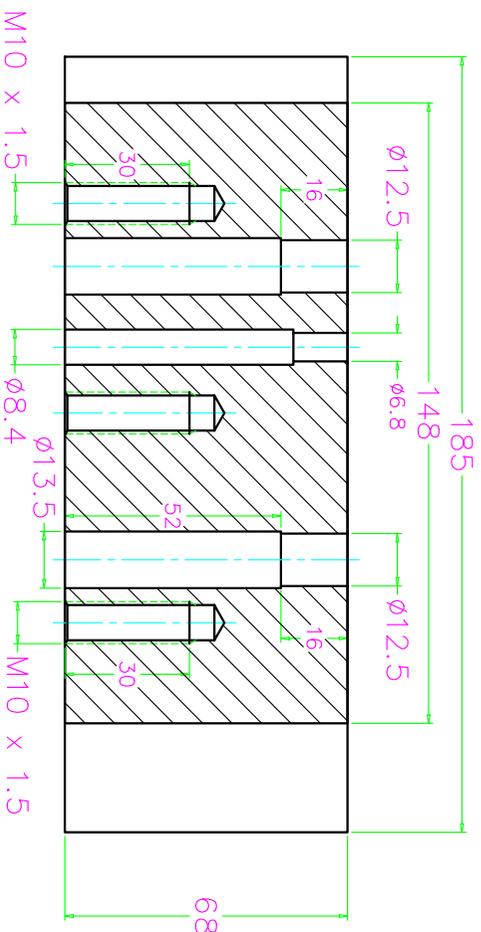
PROYECTO:  
**DISEÑO Y CALCULO DE UN TROQUEL  
PARA LA ESTAMPACION EN FRIO  
DEL SOPORTE METALICO DE UNA PASTILLA DE FRENO**

PLANO:  
**EXPULSOR DE MACHO**

FECHA: 1/11/2012	ESCALA: 1/2	Nº PLANO: 10
---------------------	----------------	-----------------

### Lista de cordenadas

Hole	X	Y	∅	DESCRIPCIÓN
A1	120	51	∅12,5	PASANTE H-7 PARA CORTE + SPD13,5 Z-52
A2	50	51	∅12,5	PASANTE TORNILLO M-10
B1	135	61	∅8,5	ROSCADO X INF. M-10 Z-30
B2	35	61	∅8,5	ROSCADO X INF. M-10 Z-30
B3	85	41	∅8,5	ROSCADO X INF. M-10 Z-30
B4	115	21	∅8,5	ROSCADO X INF. M-10 Z-30
B5	55	21	∅8,5	ROSCADO X INF. M-10 Z-30
C1	66	83	∅6,8	PASANTE HILO



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO**  
**TECNICO INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE ING.**  
**MECANICA, ENERGETICA**  
**Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

**DISEÑO Y CALCULO DE UN TROQUEL**  
**PARA LA ESTAMPACION EN FRIO**  
**DEL SOPORTE METALICO DE UNA PASTILLA DE FRENO**

REALIZADO:

**GARCIA BLAZQUIZ, EMILIO**

FIRMA:

PLANO:

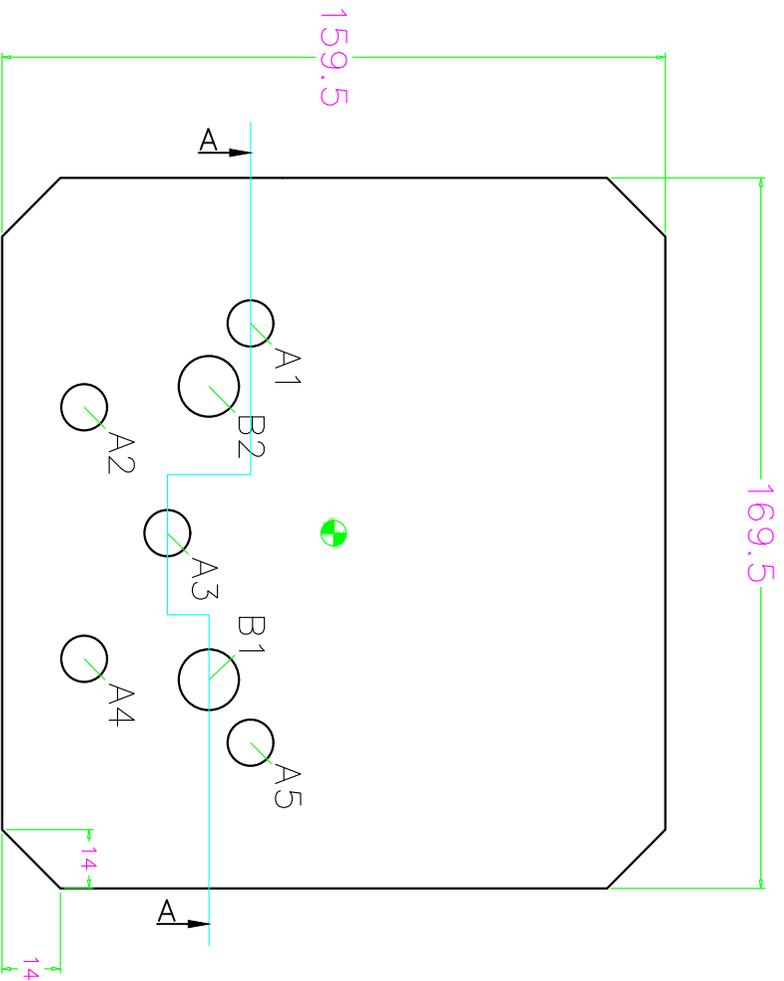
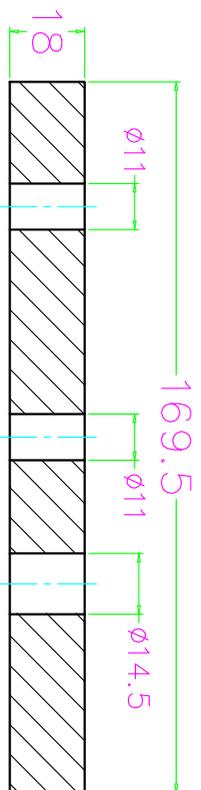
**MACHO DE CORTE**

FECHA:  
1/11/2012

ESCALA:  
5/9

Nº PLANO:  
11

Lista de cordenadas			
Hole	X	Y	DESCRIPCIÓN
A1	-50	-20	PASANTE TORNILLO M-10
A2	-30	-60	PASANTE TORNILLO M-10
A3	0	-40	PASANTE TORNILLO M-10
A4	30	-60	PASANTE TORNILLO M-10
A5	50	-20	PASANTE TORNILLO M-10
B1	35	-30	PASANTE CHATARRA
B2	-35	-30	PASANTE CHATARRA



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO**  
**TECNICO INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE ING.**  
**MECANICA, ENERGETICA**  
**Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

**DISEÑO Y CALCULO DE UN TROQUEL**  
**PARA LA ESTAMPACION EN FRIJO**  
**DEL SOPORTE METALICO DE UNA PASTILLA DE FRENO**

REALIZADO:

**GARCIA BLAZQUIZ, EMILIO**

FIRMA:

PLANO:

**SUFRIDERA MACHO**

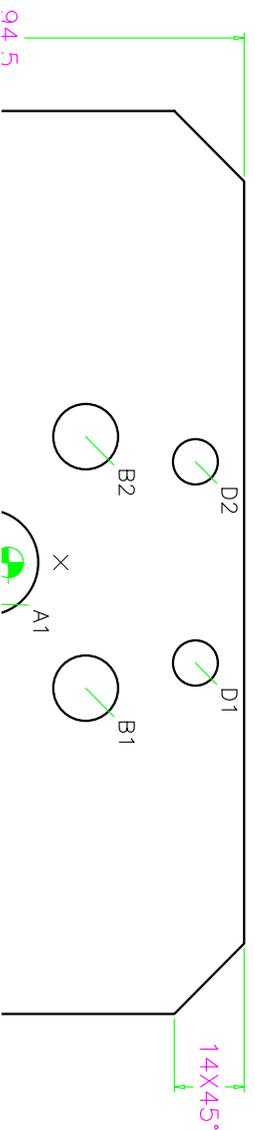
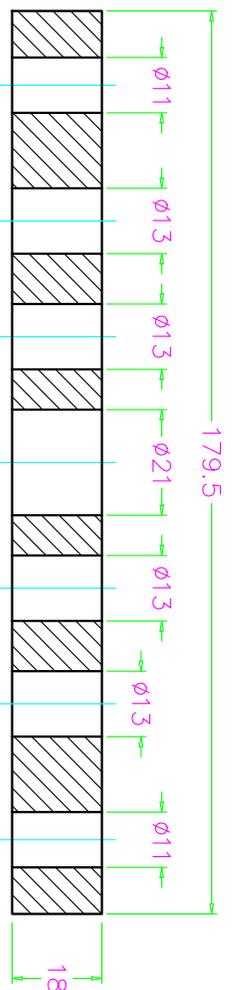
FECHA:  
1/11/2012

ESCALA:  
5/9

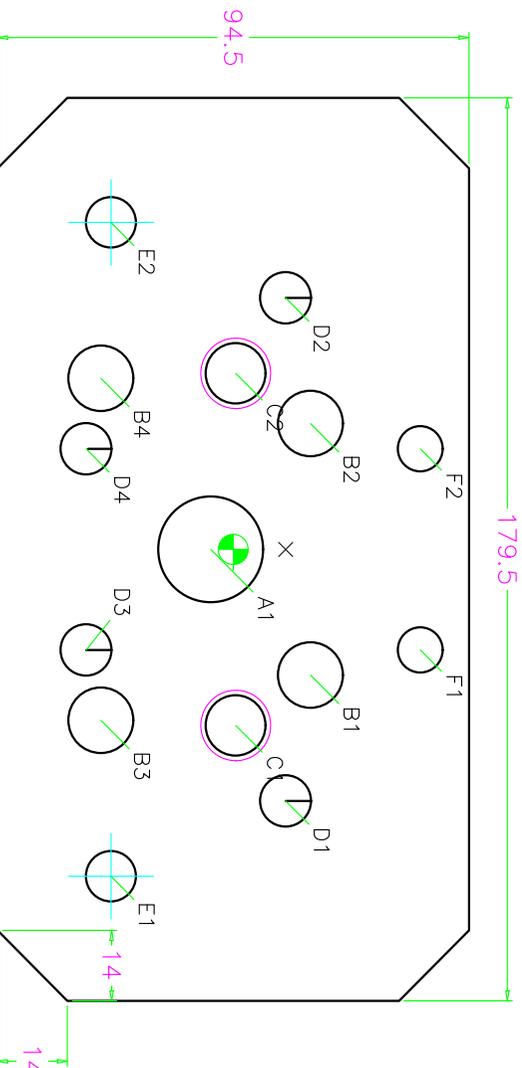
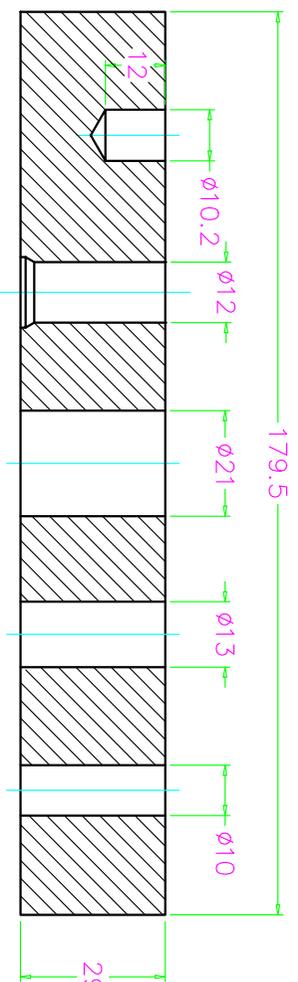
Nº PLANO:  
**12**

### Lista de cordenadas

Hole	X	Y	Ø	DESCRIPCIÓN
A1	0	-4.5	Ø21	PASANTE
B1	25	15.5	Ø13	PASANTE
B2	-25	15.5	Ø13	PASANTE
B3	34	-26.5	Ø13	PASANTE
B4	-34	-26.5	Ø13	PASANTE
C1	65	-24.5	Ø11	PASANTE
C2	-65	-24.5	Ø11	PASANTE
D1	20	37.5	Ø9	PASANTE M-8
D2	-20	37.5	Ø9	PASANTE M-8



Lista de cordenadas			
Hole	X	Y	DESCRIPCIÓN
A1	0	-4.5	ø21 PASANTE VARILLABERDUGO
B1	25	15.5	ø13 PASANTE LIMT.
B2	-25	15.5	ø13 PASANTE LIMT.
B3	34	-26.5	ø13 PASANTE LIMT.
B4	-34	-26.5	ø13 PASANTE LIMT.
C1	35	0.5	ø12 PARA PUNZON H-7
C2	-35	0.5	ø12 PARA PUNZON H-7
D1	50	10.5	ø10.2 LIBRANZAS EXPULSOR ACEITE Z-12
D2	-50	10.5	ø10.2 LIBRANZAS EXPULSOR ACEITE Z-12
D3	20	-29.5	ø10.2 LIBRANZAS EXPULSOR ACEITE Z-12
D4	-20	-29.5	ø10.2 LIBRANZAS EXPULSOR ACEITE Z-12
E1	65	-24.5	ø10 PARA GUIA H-7
E2	-65	-24.5	ø10 PARA GUIA H-7
F1	20	37.5	ø9 PASANTE TORNILLO M-8
F2	-20	37.5	ø9 PASANTE TORNILLO M-8



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO**  
**TECNICO INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE ING.**  
**MECANICA, ENERGETICA**  
**Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

**DISEÑO Y CALCULO DE UN TROQUEL**  
**PARA LA ESTAMPACION EN FRIJO**  
**DEL SOPORTE METALICO DE UNA PASTILLA DE FRENO**

REALIZADO:

**GARCIA BLAZQUIZ, EMILIO**

FIRMA:

PLANO:

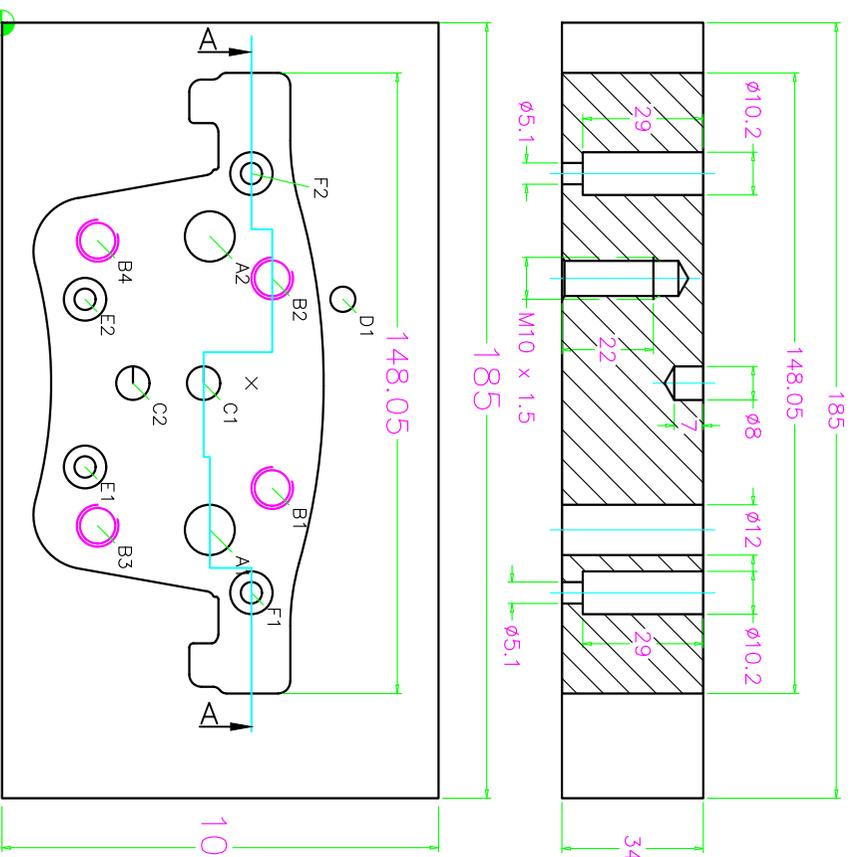
**PLACA PORTA PUNZONES**

FECHA:  
1/11/2012

ESCALA:  
2/3

Nº PLANO:  
**145**

Lista de cordenadas			
Hole	X	Y	DESCRIPCION
A1	121	50	PASANTE H-7 PUNZON
A2	51	50	PASANTE H-7 PUNZON
B1	111	65	PARA ROSCAR M-10
B2	61	65	PARA ROSCAR M-10
B3	120	23	PARA ROSCAR M-10
B4	52	23	PARA ROSCAR M-10
C1	86	31.5	LIBRANZA TETÓN Z-7
C2	86	31.5	LIBRANZA TETÓN Z-7
D1	66	82	PASANTE HILO
E1	106	20	PARA EXP ACEITE + CAB. $\phi 10.2$ Z-39
E2	66	20	PARA EXP ACEITE + CAB. $\phi 10.2$ Z-39
F1	136	60	PARA EXP ACEITE + CAB. $\phi 10.2$ Z-39
F2	36	60	PARA EXP ACEITE + CAB. $\phi 10.2$ Z-39



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO**  
**TECNICO INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE ING.**  
**MECANICA, ENERGETICA**  
**Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

**DISEÑO Y CALCULO DE UN TROQUEL**  
**PARA LA ESTAMPACION EN FRIJO**  
**DEL SOPORTE METALICO DE UNA PASTILLA DE FRENO**

REALIZADO:

**GARCIA BLAZQUIZ, EMILIO**

FIRMA:

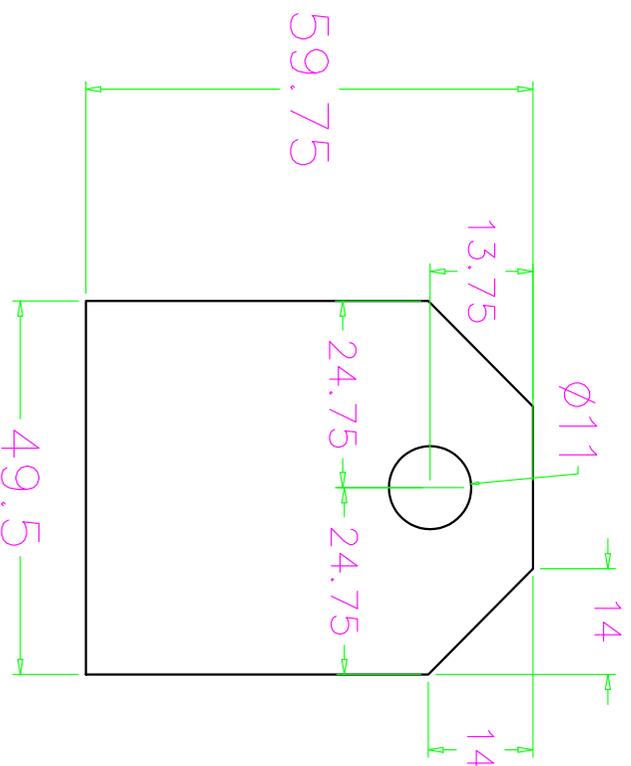
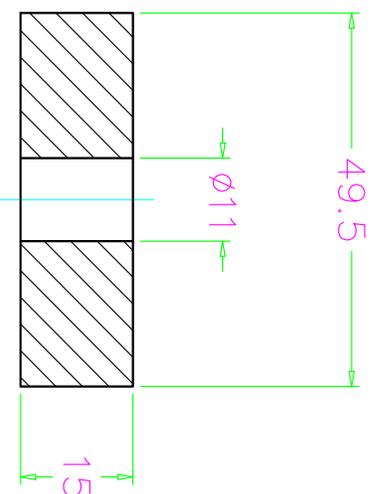
PLANO:

**EXPULSOR DE MATRIZ**

FECHA:  
1/11/2012

ESCALA:  
2/3

Nº PLANO:  
15



1 PIEZA

×



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO**  
**TECNICO INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE ING.**  
**MECANICA, ENERGETICA**  
**Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

**DISEÑO Y CALCULO DE UN TROQUEL**  
**PARA LA ESTAMPACION EN FRIO**  
**DEL SOPORTE METALICO DE UNA PASTILLA DE FRENO**

REALIZADO:

**GARCIA BLAZQUIZ, EMILIO**

FIRMA:

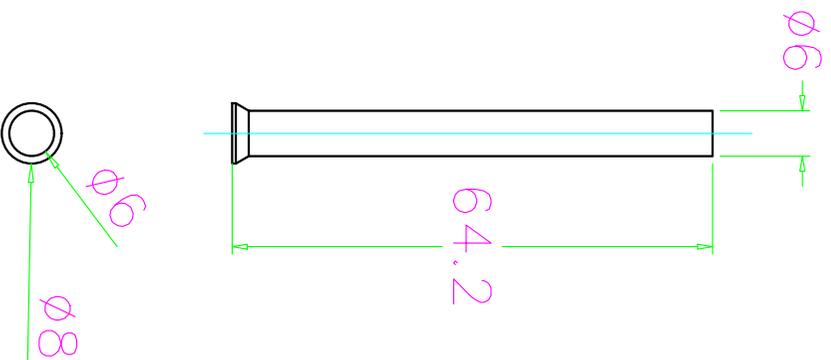
PLANO:

**SUFRIDERA BUTEROLAS**

FECHA:  
1/11/2012

ESCALA:  
1/1

Nº PLANO:  
**16**



## 2 PIEZAS COMERCIAL



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:  
DEPARTAMENTO DE ING.  
MECANICA, ENERGETICA  
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

**DISEÑO Y CALCULO DE UN TROQUEL  
PARA LA ESTAMPACION EN FRIO  
DEL SOPORTE METALICO DE UNA PASTILLA DE FRENO**

REALIZADO:

**GARCIA BLAZQUIZ, EMILIO**

FIRMA:

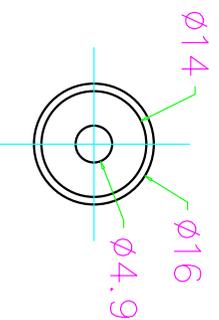
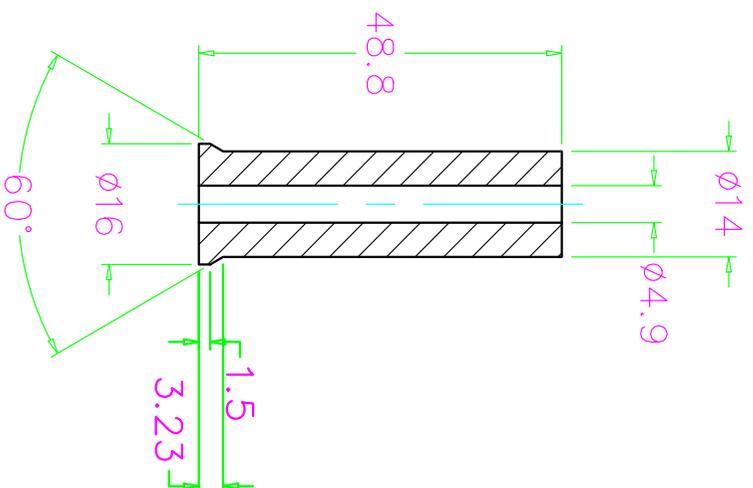
PLANO:

**PUNZÓN TETÓN**

FECHA:  
1/11/2012

ESCALA:  
1/1

Nº PLANO  
**175**



2 PIEZAS



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:  
DEPARTAMENTO DE ING.  
MECANICA, ENERGETICA  
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

**DISEÑO Y CALCULO DE UN TROQUEL  
PARA LA ESTAMPACION EN FRIO  
DEL SOPORTE METALICO DE UNA PASTILLA DE FRENO**

REALIZADO:

**GARCIA BLAZQUIZ, EMILIO**

FIRMA:

PLANO:

**BUTEROLA TETÓN**

FECHA:  
1/11/2012

ESCALA:  
1/1

Nº PLANO:  
**185**

ELEVADOR DE BANDA			PLANO:
FECHA: 1/11/2012	ESCALA: 1/1	Nº PLANO: 19	
FIRMA:		DEL SOPORTE METALICO DE UNA PASTILLA DE FRENO	
REALIZADO: GARCIA BLAZQUIZ, EMILIO		DISEÑO Y CALCULO DE UN TROQUEL PARA LA ESTAMPACION EN FRIJO	
DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		PROYECTO:	
E.T.S.I.I.T.		Universidad Pública de Navarra	
INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		Nafarroako Unibertsitate Publikoa	

2 PIEZAS DE COMERCIAL

