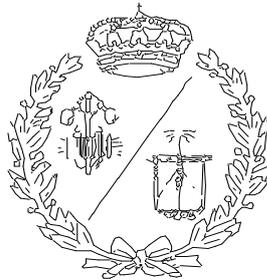


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Grado

**DISEÑO DE UN TROQUEL PROGRESIVO
PARA LA FABRICACIÓN DEL SOPORTE DE
UNA GRAPADORA**
**PROGRESSIVE DIE DESIGN FOR THE
MANUFACTURE OF A STAPLER'S HOLDER**

Para acceder al Título de

GRADUADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Autor: Guillermo González Cañedo

Febrero - 2023

RESUMEN

En el presente proyecto se va explicar el conjunto de etapas detrás de la obtención de un troquel progresivo para fabricar una pieza concreta, en este caso, el soporte de una grapadora.

Debido al empleo de un troquel para su producción, es importante enumerar los principios a partir de los cuales se sirven dichas máquinas para a partir de una chapa metálica cualquiera, obtener la pieza deseada. A lo largo del proyecto, se explicarán los tipos de troqueles existentes, señalando sus ventajas e inconvenientes a la hora de su uso junto a cada una de sus partes (comentando su cometido, lugar donde se ubican e importancia dentro del troquel) además de las operaciones que éstos son capaces de realizar.

Una vez se tengan en cuenta estos conocimientos, será momento de realizar un estudio de la geometría de la pieza y su elección del material ya que las propiedades mecánicas de éste condicionarán el valor de las fuerzas que el troquel debe ejercer para dar forma a la chapa metálica.

Seguidamente, se procederá a efectuar el diseño de banda, la etapa fundamental a la hora de diseñar el troquel, en la cual se determinan las dimensiones de la banda metálica que va a atravesar al troquel, delimitando los márgenes (encontrando el equilibrio entre dejar suficiente distancia entre el contorno de la pieza y los márgenes de la banda y evitar obtener gran cantidad de material sobrante tras los procesos productivos). En este proyecto se ofrecerán tres configuraciones posibles para elegir finalmente la más adecuada justificando la elección. Una vez las dimensiones de la banda sean determinadas, se enunciarán las operaciones necesarias (recorte de perfil, punzonados, doblado de pestañas y embutición) para determinar el valor de la fuerza que el troquel debe ejercer a la chapa para realizarlas con éxito. A partir de la suma de fuerzas de todas las operaciones, se calcula la fuerza de pisado, que es la que el troquel debe ejercer.

A partir de los resultados obtenidos en el diseño de banda, comenzará la última etapa, el diseño del propio troquel, donde se determinan las dimensiones de todos los elementos que lo componen para ser construido con éxito. Finalmente, se indica en los presupuestos el coste total que todo el conjunto de pasos que se han llevado supone económicamente.

SUMMARY

This project will explain all the steps involved in obtaining a progressive die to manufacture a specific part, in this case, a stapler's holder.

Due to the use of a die for its production, it is important to list the principles used by these machines to obtain the desired part from any sheet metal. Throughout the Project, the types of existing dies will be explained, pointing out their advantages and disadvantages at the time of their use together with each of their parts (commenting on their role, place where they are located and importance within the die) as well as the operations that they are capable of performing.

Once this knowledge is taken into account, it will be time to study the geometry of the part and the choice of material, since the mechanical properties of the material will determine the value of the forces that the die must exert to shape the sheet metal.

Next, we will proceed to the strip design, the fundamental step when the die is designed, in which the dimensions of the metal strip that will cross the die are determined, delimiting the margins (finding the balance between leaving enough distance between the contour of the support and the margins of the strip and avoiding obtaining a large amount of excess material after the production procedure). In this project, three possible configurations will be offered in order to finally choose the most suitable one, justifying the choice. Once the dimensions of the strip are determined, the necessary operations (contour trimming, punching, flange bending and deep drawing) will be listed in order to determine the value of the force that the die must exert on the sheet to perform them successfully.

From the results obtained in the strip design of the die itself, where the dimensions of all the elements that compose it to be successfully built are determined. Finally, the total cost of all the steps that have been carried out is indicated in the budgets.

Palabras clave: troquel, chapa, conformado, banda.

ÍNDICE GENERAL:

MEMORIA.....	4
ANEXOS.....	78
PLANOS.....	87
PRESUPUESTO.....	109
BIBLIOGRAFÍA.....	111

MEMORIA

ÍNDICE DE LA MEMORIA:

1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1 OBJETIVO	7
1.2 ALCANCE.....	7
1.3 INTRODUCCIÓN	8
2. CONCEPTOS BÁSICOS	9
2.1 CONFORMADO EN FRÍO.....	9
2.2 OPERACIONES FRECUENTES	9
2.2.1 CORTE.....	9
2.2.2 PUNZONADO	10
2.2.3 EMBUTICIÓN	11
2.2.4 DOBLADO	12
2.3 FUERZAS EXISTENTES.....	14
2.4.1 TIPOS DE TROQUEL.....	17
2.4.2 PARTES DE UN TROQUEL.....	20
2.4.3 PROCEDIMIENTO	21
2.4.4 MATERIAL DEL TROQUEL	23
2.4.5 LOS PUNZONES.....	25
2.4.6 LA MATRIZ.....	25
3. ANÁLISIS DEL SOPORTE A FABRICAR.....	27
3.1 CARACTERÍSTICAS DEL SOPORTE	27
4 DISEÑO DE BANDA.....	28
4.1 DESARROLLO PLANO	28
4.2 DISPOSICIÓN EN BANDA.....	32
4.3 SEPARACIÓN ENTRE PIEZAS	34
4.4 RETAL DE ENLACE.....	36
4.5 PASO DE BANDA.....	38
4.6 ANCHO DE BANDA	40
4.7 GRADO DE APROVECHAMIENTO	41
4.8 CONCLUSIÓN	44
4.9 ETAPAS DE FABRICACIÓN	45
4.10 FUERZAS NECESARIAS.....	48
4.10.1 FUERZAS DE CORTE	48
4.10.2 FUERZAS DE DOBLADO.....	50
4.10.4 FUERZAS DE PUNZONADO.....	51
4.10.5 FUERZA RESULTANTE Y FUERZA DE PISADO.....	51
4.11 MOMENTOS DE FUERZA.....	52

5. DISEÑO DEL TROQUEL	57
5.1 FUNCIONAMIENTO DEL TROQUEL	58
5.2 PLACAS DEL TROQUEL	59
5.2.1 PLACA BASE INFERIOR	59
5.2.2 PLACA PORTAMATICES.....	60
5.2.4 PLACA PORTAPUNZONES	61
5.2.5 PLACA BASE SUPERIOR	62
5.3 PUNZONES Y MATRICES DEL TROQUEL.....	62
5.3.1 RECORTE DE PERFIL	62
5.3.2 DOBLADO DE PESTAÑAS.....	64
5.3.3 EMBUTICIÓN	65
5.3.4 PUNZONADO	66
5.4 ELEMENTOS ADICIONALES	70
5.4.1 CENTRADORES	70
5.4.2 GUÍAS DE BANDA.....	71
5.4.3 COLUMNAS GUÍA.....	71
5.4.4 MUELLES DE EXTRACCIÓN	73
5.5 MATERIALES.....	75

1. INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVO

El objetivo de este trabajo comprende el diseño al completo de un troquel progresivo para la fabricación del soporte de una grapadora. La producción estimada de piezas es de aproximadamente 500.000 unidades al año.

En el trabajo se va a enunciar cada uno de los pasos necesarios para la correcta fabricación, así como el diseño previo de un troquel progresivo, eligiendo de forma justificada los componentes que los conforman además de los procesos de fabricación pertinentes. Por último, se realizarán los cálculos debido a los esfuerzos que la pieza tenga que soportar, para que su funcionamiento sea el adecuado una vez terminada.

Para facilitar tanto el diseño como la fabricación de la pieza, se emplearán elementos normalizados en la medida de lo posible de manera que los componentes del troquel no requieran de un trabajo innecesario a la hora de ser construidos. La normalización también favorece a su mantenimiento.

Se deberá encontrar un equilibrio entre los requisitos de calidad que demande el cliente a la vez que su fabricación sea económicamente rentable: una rápida amortización de los costes junto a un rendimiento alto.

El diseño del troquel progresivo se realizará mediante el uso del programa *Autodesk Inventor 2023*.

1.2 ALCANCE

El diseño comienza por un análisis de las características de la pieza requerida. Posteriormente se analizan los diferentes procesos de fabricación. Debido al número de piezas que se van a fabricar además de los criterios económicos, se llega a la conclusión de decantarse por un troquel progresivo.

Para la obtención del diseño definitivo se deben realizar una serie de pasos previos: primero, el diseño de banda del troque, en el cual van incluidos los cálculos que la pieza requiera. Segundo, el diseño mecánico acompañado de la lista de materiales y la descripción de cada componente que forma el troquel. Por último, se indica el pliego de condiciones junto con el presupuesto.

1.3 INTRODUCCIÓN

El conformado en frío de la chapa, gracias a la obtención de piezas con una buena relación entre las prestaciones mecánicas y su coste, ha conseguido un puesto importante en la industria en cuanto a producción en serie de piezas se refiere.

Una creciente demanda en la mejora de productos en cuanto a cantidad y calidad, así como de mayor versatilidad y complejidad, ha desembocado en un abanico mucho más amplio para la troquelería en el sector industrial que décadas atrás cuando comenzó a desarrollarse. Destaca notablemente su aportación en el campo de la automoción.

Este fenómeno se debe a que comparando la chapa estampada con otros procesos de fabricación típicos como la forja, la fundición o el mecanizado de piezas, mejora en determinados aspectos a uno u otro método. Por ejemplo, es de mayor precisión que la forja, la chapa es más ligera y resistente que la fundición y es un proceso más rentable que los otros tres anteriormente mencionados.

Los elementos estampados también pueden ser unos sustitutos adecuados a las piezas soldadas o las resultantes de uniones atornilladas. Esto se debe a que una chapa tiene mayor resistencia mecánica que otra que resulta de la unión de dos junto a un material intermedio. Además, son piezas más simples por lo tanto su fabricación no será tan compleja.

2. CONCEPTOS BÁSICOS

2.1 CONFORMADO EN FRÍO

El conformado en frío es una técnica de transformación plástica de una chapa metálica por medio de una herramienta unida a una prensa. También se le denomina estampado. Como se ha mencionado anteriormente, gracias a la obtención de piezas de mayor calidad en menor tiempo junto a una mejor rentabilidad en comparación a los costes de otros procesos de fabricación han favorecido a un empleo más extendido en numerosas áreas de la industria.

Las operaciones que tienen lugar durante el proceso de estampado son el corte, la embutición y el doblado. Los punzones son las herramientas con las que se hacen dichas operaciones. Éstos últimos pueden trabajar de forma paralela con sus matrices.

2.2 OPERACIONES FRECUENTES

El conjunto de operaciones que se describen a continuación tiene en común el empleo del principio de cizallamiento para desprenderse del material sobrante de manera total o parcial.

Se denomina corte cuando la línea por donde se desea aplicar este proceso es abierta mientras que si la línea es cerrada la operación se llama punzonado.

2.2.1 CORTE

Es una operación efectuada mediante una herramienta llamada guillotina. Consta de dos partes: superior e inferior y ambas se encargan de realizar el corte a la vez mediante deformación plástica. Se emplea en chapas metálicas que tengan diversos espesores además de flejes y pletinas. Cuando a una pieza se le realiza el corte, para posteriormente realizar una dobléz, la operación se denomina entonces incisión.

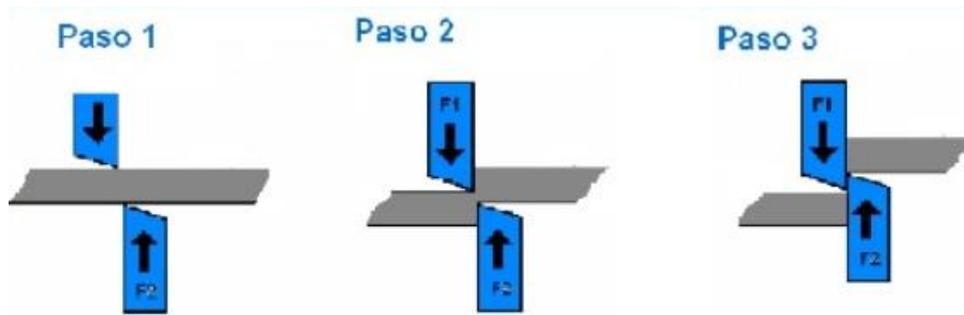


Figura 1 – Esquema del proceso de corte de una chapa metálica, IM.blog.

En la ilustración de arriba se puede apreciar las etapas del proceso. A la izquierda, se comienza a ejercer sobre la plancha una fuerza en direcciones paralelas y sentido opuesto entre las dos cuchillas. En el centro, la deformación plástica comienza a presentarse en la chapa al aumentar el valor de la fuerza y se va deformando poco a poco. Por último, a la derecha, el desprendimiento de material es completo y el proceso de corte se da por terminado.

2.2.2 PUNZONADO

Operación análoga al corte con la única diferencia de realizarse en una línea cerrada lo que provoca que se obtengan dos piezas completamente separadas a partir de la pieza original de partida. En el caso de que la pieza que se ha decidido cortar sea la deseada la operación se llama *blanking*. Sin embargo, si la pieza de interés es la contraria, es decir, el conjunto con la excepción del agujero, recibe el nombre de *punching*.



Figura 2 – Etapas simplificadas del proceso de punzonado, MIPSA.

Observando la imagen anterior es apreciable que el corte y el punzonado son procesos muy parecidos, ya que el principio es el mismo, desprendimiento del material mediante cizallamiento. Las etapas son las siguientes:

- Deformación: mediante los esfuerzos del punzón se somete a la plancha a deformación, primero elástica y finalmente plástica, a los bordes entre el punzón y la matriz
- Penetración: tanto el filo de la matriz como el del punzón penetran en la chapa produciendo en los filos de corte concentración de tensiones.
- Fractura: las concentraciones de tensiones originan grietas que fracturan la pieza. El juego existente entre el punzón y la matriz permite a éste atravesar la chapa en su totalidad y expulsar el material sobrante al final.

2.2.3 EMBUTICIÓN

A pesar de guardar cierto parecido al punzonado, en la embutición el material es deformado hasta que se le ha practicado un hueco a su superficie sin necesidad de realizar un corte que haga desprenderse del material a la pieza original.

La deformación en la chapa se consigue mediante las fuerzas de tracción y compresión resultantes de una operación de doblado. El resultado hace que la forma de una chapa varíe sin modificar el grosor de ésta. Cabe destacar la labor de los elementos sujetadores de la chapa, que la mantienen firme durante el proceso para que las ejercidas sobre ella sean normales a su superficie evitando así la presencia de arrugas.

Dentro de la embutición, se distinguen dos tipos: en frío y en caliente.

Embutición en frío:

- Mejor productividad que la embutición en caliente.
- Se emplea en lotes de piezas grandes.
- No se alteran las propiedades de los materiales de trabajo por calentamiento ya que se realiza a temperatura ambiente.

Embutición en caliente:

- Cuando el conformado en frío por el tipo de metal resulta imposible.
- Cuando la fuerza de la prensa requerida por las características de la chapa resulta inasumible para la primera.
- En lotes cuyo tamaño es pequeño, si se desea abaratar costes de producción ya que es más barato que la embutición en frío.

El proceso de embutición consta de cuatro etapas. Primero, se coloca la chapa metálica. Segundo, los soportes se adhieren a ella y la mantienen fija. Una vez asegurada, se coloca en contacto con el punzón para que luego descienda progresivamente. Por último, se retira el punzón y los sujetadores para poder extraer la chapa.

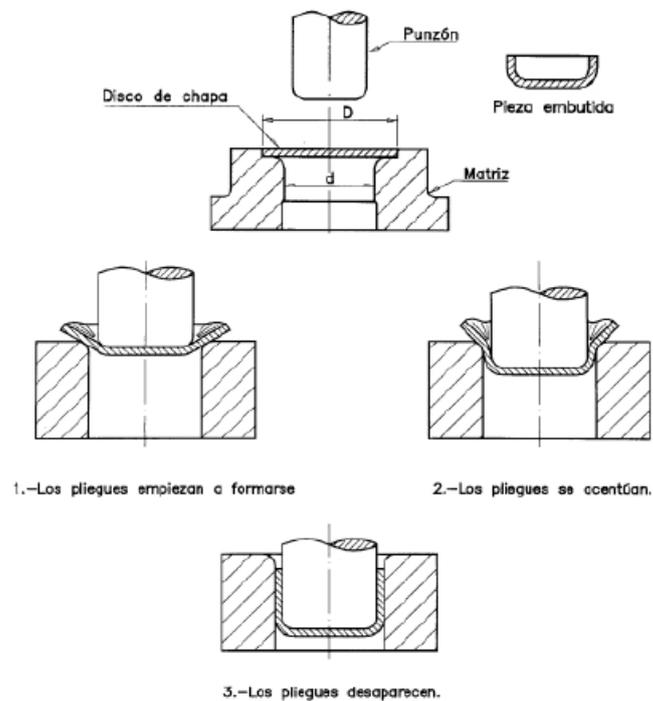


Figura 3 – Resumen del proceso de embutición, Escribano A.

Será conveniente conocer con precisión el juego existente entre el punzón y la matriz junto a un factor numérico que depende del tipo de metal empleado para poder conseguir un embutido con las características deseadas.

2.2.4 DOBLADO

Definida la dirección del doblado, aparecerá en la chapa una superficie exterior y una interior respecto a dicha dirección. El doblado provoca un alargamiento en las fibras de la superficie exterior junto a un agarrotamiento en las de la superficie interior. Se puede decir que una superficie estará sometida a tracción (exterior), mientras que la otra se somete a compresión (interior).

Debido a este proceso, la chapa metálica sufre una serie de alteraciones que deben ser tenidas en cuenta:

- Reducción de la resistencia del material de la parte de la chapa que ha sido sometida al doblado.
- A pesar de someter al material a un proceso de deformación plástica, se sufre una determinada recuperación que provoca que una pequeña parte del material vuelva a su forma original por lo que el valor real en comparación con el valor teórico del cálculo de los ángulos de doblado difiere.
- La longitud de la chapa metálica queda alterada.

Hay un valor que es importante conocer llamado radio mínimo. Al doblar una chapa se somete a tracción una superficie mientras que la opuesta es comprimida, por lo tanto, la zona de doblado da lugar a concentración de tensiones donde la pieza es susceptible de sufrir una rotura. Cuanto más pequeño sea el radio de doblado, mayor es el riesgo. Se debe determinar un valor mínimo, que viene dado por el espesor y las características del material de trabajo, por encima del cual la pieza no rompa. Un valor aproximado de éste es el producto entre el grosor de la chapa y el coeficiente del material empleado.

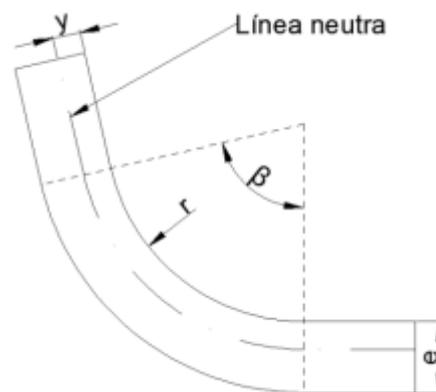


Figura 4 – Radio de doblado, Cerón Hoyos, J. E. (2013)

El segundo factor a tener en cuenta es la recuperación elástica del material anteriormente mencionada. A pesar de tener un impacto pequeño, existen soluciones para evitarse:

- Emplear un ángulo algo mayor al teórico teniendo en cuenta el margen de error para que el resultante sea un valor parecido al de partida.
- Dividir la operación de doblado en dos etapas.

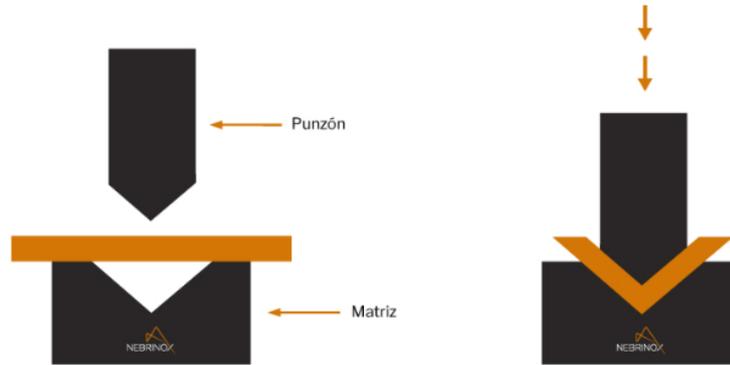


Figura 5 – Proceso de doblado. En este caso, doblado en V, Nebrinox.

2.3 FUERZAS EXISTENTES

Durante el proceso de corte se generan una serie de fuerzas de notable importancia que influirán cuando se realice el diseño del troquel. Por lo tanto, deben ser tenidas en cuenta. Varios factores que conocer enunciados a continuación:

- Resistencia al corte del material
- Estado de las herramientas que se vayan a utilizar
- Longitud de corte
- Espesor de la plancha
- Lubricación de la superficie a operar

Mientras la operación de corte tiene lugar, se generan una serie de esfuerzos entre la herramienta empleada y el material de trabajo. Los esfuerzos generados dan lugar a fuerzas de fricción de magnitud proporcional a los esfuerzos radiales provocados por el punzón y las condiciones de trabajo en las que el usuario se encuentre. Es decir, los factores que se mencionaron con anterioridad.

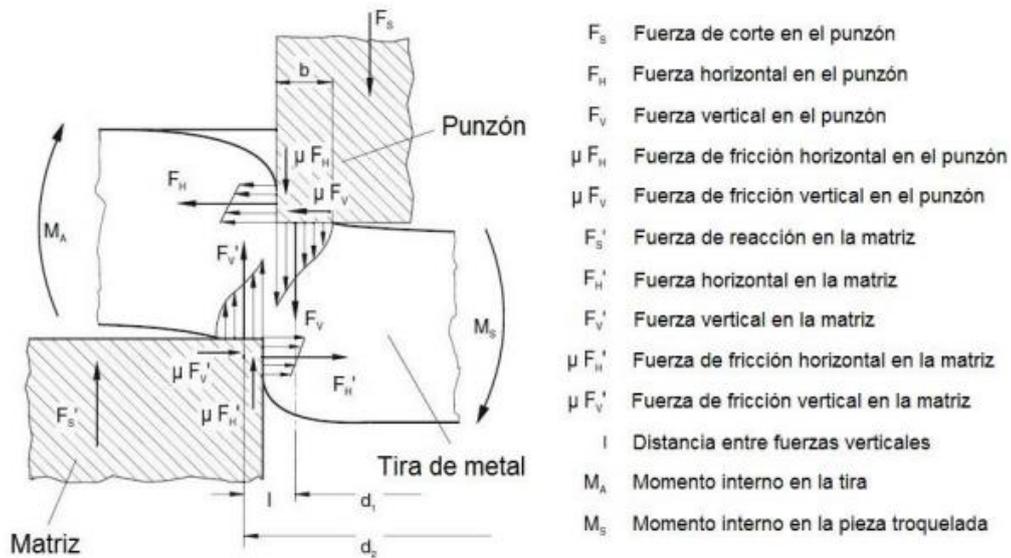


Figura 6 – Esquema de la distribución de fuerzas durante el corte, Kalpakjan S. (1997).

En la imagen se puede apreciar como el punzón produce una fuerza de corte F que genera una reacción opuesta a ella llamada F' . Ambas fuerzas se pueden descomponer en sus respectivas componentes verticales (F_V y F_V') y horizontales (F_H y F_H').

Durante el corte, las fuerzas encargadas de generar compresión en la chapa son las componentes verticales a llevar sentidos opuestos. Además, al existir una pequeña distancia entre sus líneas de acción, aparece un momento de fuerzas que atendiendo al criterio de la mano derecha es de sentido horario y compensa el momento generado por sus homólogos horizontales.

La herramienta de corte sufre desgaste durante el proceso. Esto se debe a la presencia de un ligero desplazamiento del material mientras es cortado. Dicho desplazamiento, provoca unas fuerzas de fricción que se oponen a él, dificultando con ello la acción del punzón y generando su deterioro.

Representación del valor de la fuerza ejercida sobre la chapa por el punzón en función del desplazamiento de éste.

La fuerza llega a su valor máximo aproximadamente cuando el desplazamiento del punzón es la mitad del total a recorrer. A partir de ese punto, el límite de fluencia es traspasado y la deformación producida es plástica en su totalidad. Una vez traspasado ese punto, el valor de la fuerza se reduce hasta finalizar el proceso de corte.



Figura 7 – Curva relacionando la fuerza ejercida sobre la chapa durante el desplazamiento del punzón, Groover, M. P. (2010).

Cuando el material presenta grietas, aparece en la curva un escalón debido a que la fuerza reduce su valor de forma más lenta en ese punto.

2.4 PROCESO DE TROQUELADO

Se define como un proceso mecánico de fabricación en frío para obtener piezas a empleando un troquel como herramienta. El troquel está constituido por un punzón (macho) y una matriz (hembra). El procedimiento consiste en someter a una chapa metálica a gran presión, por medio del troquel, en el interior de una prensa con el motivo de superar su límite elástico y alterar su apariencia mediante la operación deseada (punzonado, doblado...)

Ha tenido una gran acogida en el sector industrial debido a la posibilidad de fabricar una variedad de productos de más calidad y con mejores propiedades además de resultar más económico que otras técnicas como el mecanizado o la forja. Por lo tanto, es muy utilizado en muchos sectores: electrodoméstico, automovilístico o aeronáutico entre otros.

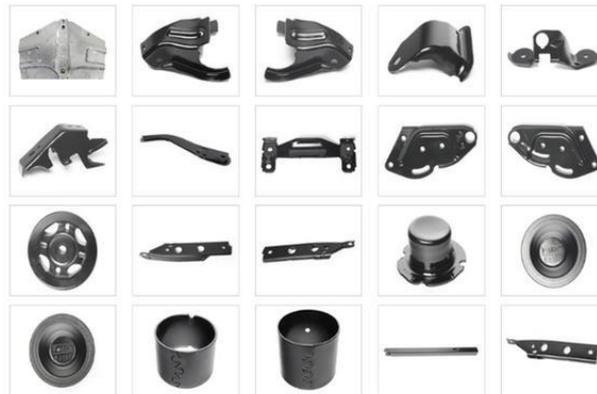


Figura 8 – Piezas metálicas obtenidas gracias al empleo del troquel, uniortools.com

2.4.1 TIPOS DE TROQUEL

Los troqueles se pueden clasificar en tres grupos: simples, compuestos y progresivos.

Troqueles simples:

Aquellos capaces de realizar únicamente una sola operación. Para acabar la pieza lo más usual es necesitar más de uno para poder realizar todos los pasos hasta alcanzar el producto final, por lo que su productividad es baja.

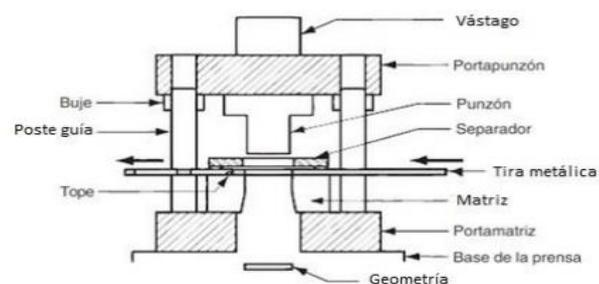


Figura 9 – Troquel simple, Groover, M. P. (2010).

Troqueles compuestos:

Son más productivos que los anteriores, eso se debe a su capacidad de realizar dos o más operaciones simultáneamente. Además, el resultado final es de mejor calidad y mayor precisión que el obtenido mediante troqueles simples.

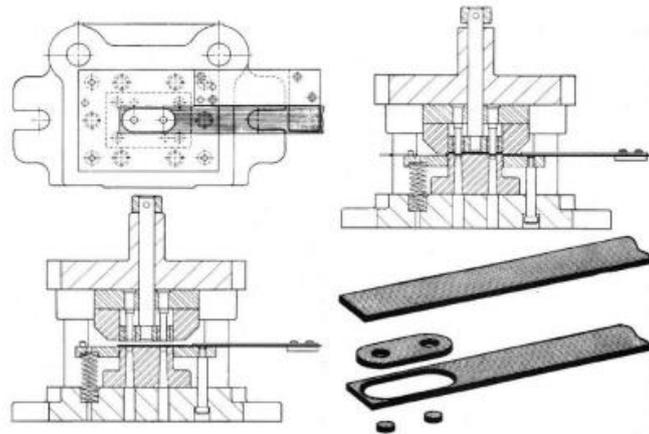


Figura 10 – Troquel compuesto, Boljanovic U. & Pquin J.R. (2006).

Troqueles progresivos:

Los más complejos y desarrollados de los tres tipos. Permiten la posibilidad de obtener varias piezas a la vez gracias a que tienen multitud de pasos (en cada cual se produce una operación) y el operario selecciona la secuencia de operaciones que desee. Evidentemente, son los más productivos, eficientes y precisos. Sin embargo, el mantenimiento es costoso y requiere de personal cualificado para su manipulación por lo que resultan rentables para fabricar grandes lotes de un mismo tipo de pieza donde se amortizan sus gastos.

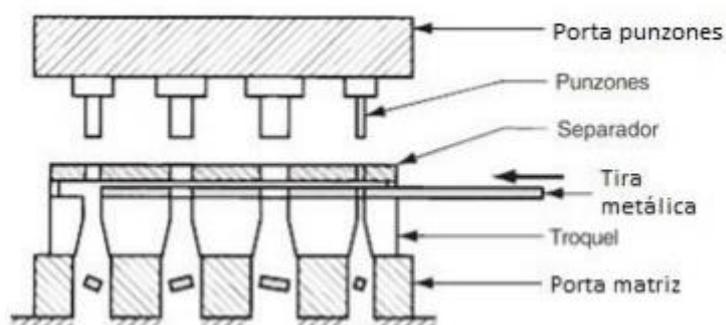


Figura 11 – Troquel progresivo, Groover, M. P. (2010).

El troquel dispone de una tira de material metálico recibiendo alimentación por uno de sus extremos. La alimentación se puede realizar tanto de forma manual como de forma automática por medio de unos alimentadores. La tira avanza de

un extremo a otro del troquel, mientras tanto, van teniendo lugar todas las operaciones requeridas hasta dar por terminada la pieza.

Como los troqueles progresivos unifican varias acciones en una sola máquina y son fácilmente automatizables, la mano de obra se reduce ya que no se precisa tanta cantidad de operarios pendientes. Tampoco es necesario la presencia de varias máquinas para fabricar por completo una pieza porque un solo troquel hace varias operaciones. Todas estas ventajas permiten aumentar la producción debido a que salen más piezas que si se emplean matrices simples. Es un proceso más rentable porque los costes de fabricación son menores al haber menor cantidad de maquinaria.

Sin embargo, como los troqueles progresivos son más complejos que los simples, el coste de diseño y su posterior fabricación es más elevado.

Los troqueles simples tienen más facilidad de reparación y mantenimiento gracias a su simpleza, así como su coste reducido les hace más económicos. Sin embargo, el mismo hecho de que su diseño no sea tan complejo resulta también una desventaja a la hora de trabajar ya que requieren mayor mano de obra por no ser automáticos, y si el proceso es complejo, se requieren varios de ellos para completar una pieza por lo que el tiempo de trabajo es mayor y el número de productos finales que se puede obtener decrece.

Conclusión:

Teniendo en cuenta las características de ambos tipos de troquel y que para obtener el soporte de una grapadora son necesarias varias operaciones en total (corte, punzonado y doblado) la elección más adecuada es decantarse por un troquel progresivo ya que un menor número de prensas, menor necesidad de mano de obra y la capacidad de realizar varias operaciones en un mismo troquel desembocan en una reducción de costes por el abaratamiento del proceso productivo, uno de los objetivos principales en la industria.

Hay que tener en cuenta que estas ventajas se dan para volúmenes de producción elevados donde se fabrica de forma continua e ininterrumpida un único tipo de pieza. Si los lotes de productos son pequeños, entonces los beneficios no compensan el gasto invertido en un troquel progresivo y resulta más rentable varios troqueles simples por ser más baratos, aunque el tiempo de fabricación aumente.

2.4.2 PARTES DE UN TROQUEL

Todos los tipos de troquel tienen una serie de elementos fundamentales en común con una función determinada. Es importante que su diseño sea de la manera más precisa posible para que la pieza sea fabricada sin defectos.

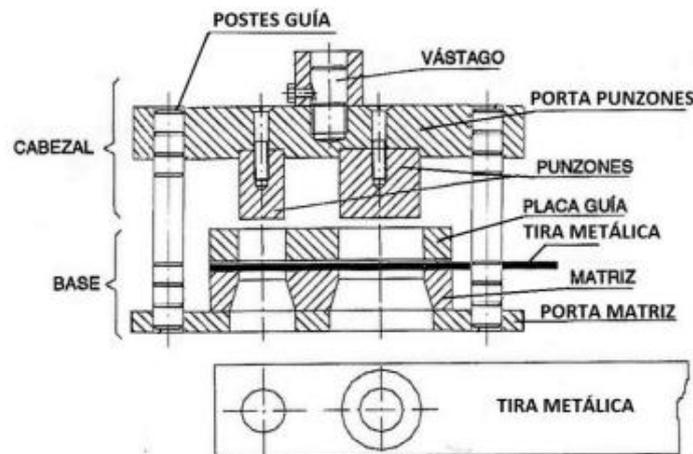


Figura 12 – Esquema de los componentes de un troquel, De La Torre C. & Martínez Peña J. (2003).

En la figura 2.4.2 se indica cuáles son y en qué lugar van ubicados los elementos dentro del troquel.

Base superior o porta punzones:

Es la parte móvil. Soporta los punzones del troquel manteniéndolos fijos e impidiendo que éstos puedan moverse o desprenderse. También es la encargada de conducir el movimiento de la máquina con el fin de que los punzones puedan penetrar en la chapa. El vástago está acoplado a ella y la mantiene fija durante las operaciones.

Base inferior o porta matriz:

Sobre ella se montan todos los componentes que forman la matriz y está sujeta con fuerza a la prensa. También se montan en ella los postes guía que separan la parte inferior y superior y les mantienen en su posición correcta. Por último, la base inferior es la encargada de servir de apoyo al conjunto y de absorber los esfuerzos que tienen lugar durante la operación ya que la matriz es demasiado frágil e incapaz de hacerlo por sí sola.

Matriz:

Junto con los punzones, encargada de realizar el corte. Tiene unos agujeros con la geometría de la pieza deseada por donde descenderán los punzones para realizar el corte.

Punzones:

Realizan el corte provocando el desprendimiento de parte de la chapa al avanzar a través de las cavidades de la matriz. Como es una parte fundamental en el corte, se debe cuidar su fabricación para que no se alteren las propiedades del material del que están compuestos, así como cerciorarse de que estén bien sujetos en la máquina para que la operación sea precisa.

Vástago:

Une el cabezal del troquel a la prensa.

Placa guía:

Tiene dos cometidos fundamentales: el primero, como su propio nombre indica, es el de hacer de guía de los punzones durante su movimiento para que no abandonen la trayectoria deseada. El segundo es el de extraer la chapa mediante resortes una vez la operación ha concluido.

Sistema de guías:

Guía el movimiento de las bases del troquel asegurando una concentricidad entre ellas gracias a los postes guía que posicionan y centran las bases. Este sistema de postes puede ser de dos tipos: de rozamiento y de rodamientos. El primero necesita de una lubricación notable para evitar su deterioro. El segundo tiene un movimiento más ligero además de necesitar menor cantidad de lubricante.

2.4.3 PROCEDIMIENTO

El proceso consiste en ejercer una fuerza con el troquel sobre la lámina hasta que ésta supere su límite elástico y se deforme o se corte.

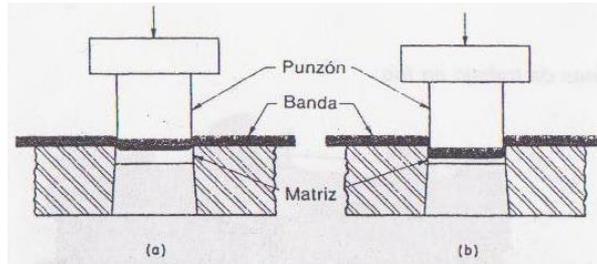


Figura 13 – Esquema del troquelado, Weebly.

La calidad con la que se realice el corte depende de dos aspectos: la holgura en el corte (juego entre el punzón y la matriz) y las propiedades mecánicas del material en uso.

Con una holgura pequeña se provoca la presencia de grietas que dan lugar al bruñido de toda la zona correspondiente al corte. La ventaja de esta holgura es una mayor precisión conseguida. Sin embargo, la cantidad de energía consumida durante el proceso es muy alta además de producirse un mayor desgaste en la herramienta que empleando otras holguras.

Si la holgura es grande la zona de bruñido es más reducida que el caso anterior y se producen rebabas debido a una deformación plástica excesiva de la chapa de trabajo.

Finalmente, incrementando la holgura aproximadamente un 10% del espesor que tenga la lámina se alarga la vida útil de la herramienta.

En conclusión, el objetivo es encontrar un margen dentro del cual los valores no produzcan un exceso de rebaba, una deformación plástica excesiva y cortes secundarios.

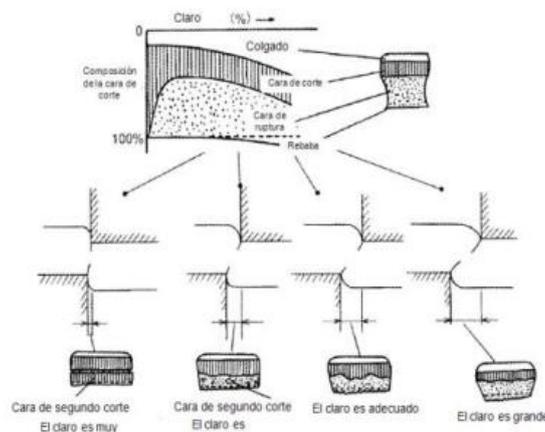


Figura 14 – Diferentes cortes en función de la holgura que se determine, Kalpakjan S. (1997).

Las operaciones que se pueden realizar mediante el troquelado se describen a continuación:

- Estampación: deformación de la lámina o chapa mediante un golpe. La pieza obtenida tiene forma cóncava, ideal para su empleo en la fabricación de electrodomésticos, muebles o recipientes.
- Doblado: el punzón aplica una fuerza sobre la chapa lo suficientemente grande para alterarla sin que finalmente se produzca un desgarro, por lo que produce una pestaña. Es una operación intermedia, ya que la pieza obtenida será sometida a otras operaciones para obtener la forma deseada al final.
- Corte: desprendimiento de la pieza mediante la acción de cizalla por parte de la matriz y el punzón.
- Punzonado: proceso similar al corte para la realización de agujeros en la chapa metálica por parte del punzón.

2.4.4 MATERIAL DEL TROQUEL

A la hora de elegir el material hay que preguntarse qué tipo de actividad se pretende que desempeñe la máquina, ya que puede que el material a trabajar sea muy duro o, todo lo contrario. Además, hay operaciones que pueden provocar un mayor desgaste que otras y sea necesario invertir en materiales de mayor calidad.

Ahora bien, hay una serie de requisitos que debe cumplir cualquier acero que se desee emplear independientemente de lo mencionado anteriormente:

- Un índice muy bajo de deformidad
- Gran estabilidad al temple
- Alta resistencia al corte

Estas características se deben de tener muy en cuenta sobre todo en piezas de geometría compleja. Debido a ésta, y como el troquelado es un proceso que realiza el corte por medio de choques, el número de entrantes y salientes de la matriz aumenta, alterando los momentos de inercia del punzón. Es preciso que éste último sea de gran dureza para preservar su filo.



Figura 15 – Punzones y matrices, Catálogo MDL.

A continuación, se enuncian algunos ejemplos de materiales empleados en la fabricación de las diferentes partes del troquel:

En la base (tanto la superior como la inferior) se puede emplear acero al carbono de mediana resistencia SAE/AISI 1045 o fundición del tipo ASTM A36. Posteriormente son templados de forma convencional para obtener finalmente una dureza de alrededor de 56 HRC.

Es preciso que los punzones estén dotados de alta resistencia al desgaste y tengan una buena capacidad de conservación de su filo. Los aceros SAE/AISI D3 y D6 cumplen estas características y, por tanto, suelen resultar elegidos.

Finalmente, en la matriz puede ser también apto el anteriormente mencionado AISI 1045 o en caso de que se tenga una producción de un volumen notable, el SAE/AISI D2 de alto contenido en cromo y carbono, proporciona una gran resistencia al desgaste gracias a que, junto a un temple y revenido al final, alcanza durezas del orden de 63 HRC.



Figura 16 – Láminas de acero al carbono AISI 1045, Made-In-China

A continuación, se explicará de forma más detallada dos de los componentes más importantes de los troqueles: los punzones y la matriz.

2.4.5 LOS PUNZONES

Los aspectos a considerar en el diseño de punzones son los siguientes:

- Elegir de forma correcta los tratamientos térmicos que sean precisos.
- Para la localización adecuada del punzón, emplear pernos de registro.
- El punzón debe estar en una posición estable una vez colocado, mediante el uso de los tornillos bien seleccionados.

Por último, es importante determinar el tamaño del punzón a partir del de la pieza que se desee obtener.

Para cortar la pieza o atravesarla para realizar una perforación se requiere de una gran cantidad de impactos que los punzones tienen que realizar, por lo que el fenómeno de rotura es bastante común. A pesar de ello, se pueden aplicar una serie de mejoras que reduzcan las posibilidades de ello. Para el empleo de punzones delgados, se debe asegurar la manera en la que esté alineado respecto a los demás elementos. Una vez la rotura se origine, facilitar el poder reponer de forma rápida el punzón y gastar el menor tiempo posible en ello. Se suelen hacer de acero de herramienta con un endurecimiento posterior de manera que sean lo suficientemente resistentes para aguantar los golpes continuos durante la operación que se realice.

Los punzones con base superior son aquellos en los que solo la parte final del corte recibe un endurecimiento, así, la base no es tan dura como el resto del punzón, lo que facilita la introducción de los pernos durante el proceso de ensamblado. Son los más usados a la hora de producir lotes promedio de piezas.

2.4.6 LA MATRIZ

La parte fundamental de un troquel recae en la matriz debido a contener los orificios por donde el punzón debe avanzar para poder atravesar la pieza y realizar el corte. Además, está provista de las cavidades por las que se introducen los pernos guía que la alinean en la posición correcta que también hacen que se fije al portamatriz.

Para fabricar matrices de pequeño tamaño utiliza un único bloque y no es necesario dividir a la matriz en secciones, mientras que cuando la matriz es

grande siempre se dimensionan de esta manera. Sin embargo, aunque la matriz sea pequeña, para los casos en los que la geometría de la pieza que se desea producir sea difícil también es necesario que la matriz esté fabricada por secciones de manera que sea más fácil de maquinar, someter a tratamientos térmicos y su posterior rectificado.

En el diseño de matrices se debe considerar tanto las dimensiones (tamaño, espesor) como la complejidad de la pieza. También se debe tener en cuenta el tipo de troquel en el que se vaya a trabajar.

Para evitar después de realizar una reparación que se originen defectos en los bordes de corte por culpa de una incorrecta colocación de la matriz respecto del punzón una vez ha sido ensamblada, se colocan los pernos de registro a distancias diferentes el uno del otro, tomando como referencia para cada uno la cavidad de tornillo más cercano que tengan. La figura a continuación lo muestra:

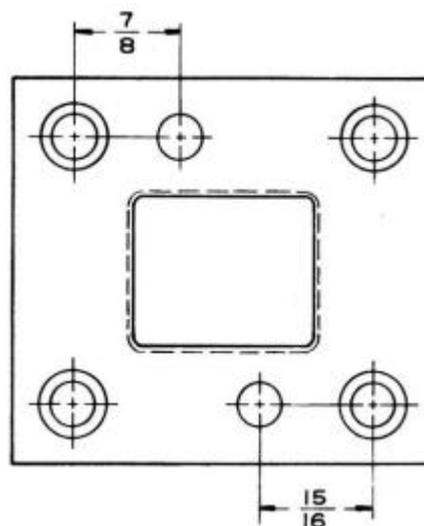


Figura 17 – Pernos de registro colocados a diferentes distancias a su orificio más cercano, Boljanovic U. & Pquin J.R. (2006).

El estandarizar los bloques para construir matrices por su tamaño, permite fabricar los bloques en períodos de tiempo más corto. En el plano de fabricación de la matriz se indica el número de parte de cada una, de manera que facilita su dimensionamiento.

3. ANÁLISIS DEL SOPORTE A FABRICAR

Es importante estudiar la pieza analizando los detalles de la misma para determinar los pasos que requiera su elaboración antes de comenzar con el diseño del troquel.

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL SOPORTE

Es la base de una grapadora que hace de soporte del resto de componentes de la misma.

Tiene 132 mm de largo, 57 mm de ancho y la chapa es de un grosor de 2 mm. Además, hay dos pestañas de 24 mm de largo y 10 mm de alto en uno de los extremos de la base y de su mismo espesor.

Tanto los agujeros de las pestañas como los de las esquinas son de 4 mm de diámetro, mientras que el de los centrales es de 2 mm.

El material del que está hecho es de acero SMC500. Su límite elástico es de 500 MPa mientras que la tensión de rotura oscila entre 550 y 700 MPa.

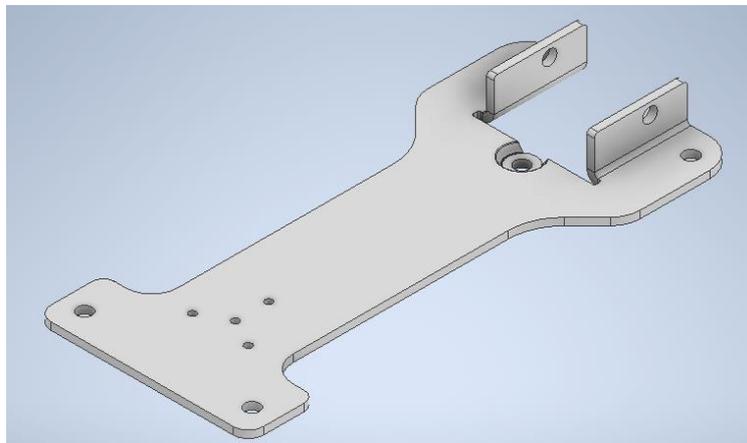


Figura 13 – Modelo 3D del soporte.

4 DISEÑO DE BANDA

Una vez que se ha estudiado la pieza, identificando las partes más complejas de su geometría, se procede a diseñar la banda por donde circula a través del troquel, la chapa metálica que se va a conformar.

En los apartados a continuación, se explica el número de piezas que pueden obtenerse por golpe del punzón, operaciones a las que someter a la chapa y la colocación óptima de las piezas en la banda de manera que se aproveche todo el material posible siempre y cuando se dejen unas holguras mínimas que garanticen una fabricación correcta.

Esta etapa es fundamental debido a que procediendo de manera correcta se consigue desperdiciar la menor cantidad de material posible haciendo que para una demanda grande de piezas el gasto en materias primas no se dispare innecesariamente.

4.1 DESARROLLO PLANO

El soporte de la grapadora que se desea fabricar se obtiene a partir de una plancha de acero. Por lo tanto, lo primero que se ha de hacer es un diseño plano de éste, para conocer las longitudes reales con exactitud.

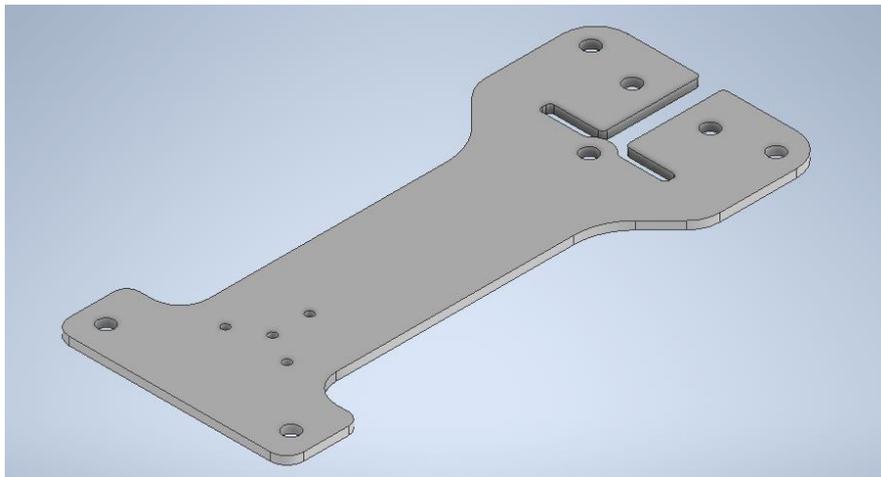


Figura 14 – Desarrollo plano del soporte.

En el caso de este soporte, hay dos pestañas simétricas en el extremo superior de la pieza.

Como se encuentran dentro del ancho no va a afectar al contorno del futuro soporte, sin embargo, se debe conocer la longitud real en el lado que se ha ejecutado el doblado con el fin de determinar la altura exacta de las pestañas y tener el desarrollo plano al completo.

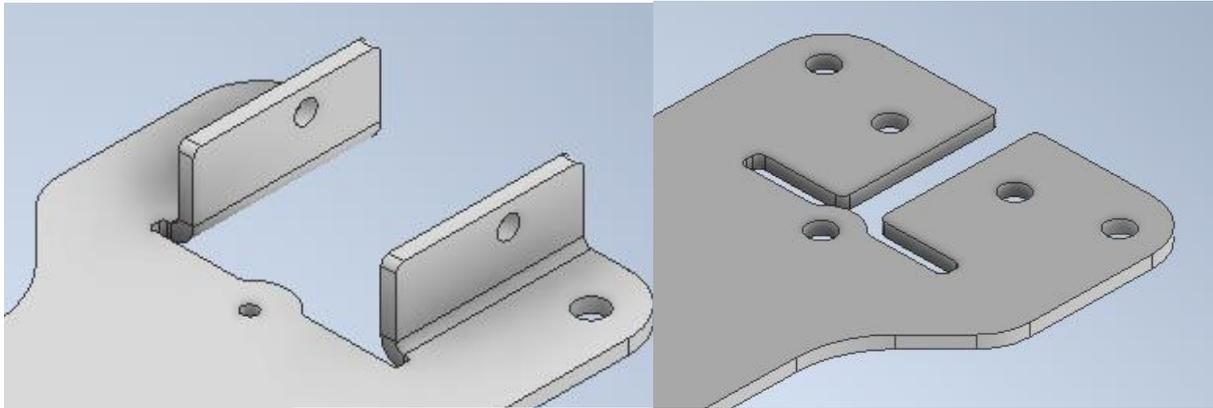


Figura 15 – Pestañas de la parte superior.

Si se quiere hallar la longitud real en la zona del doblado (en rojo), como es el caso, primero se debe comprender los fenómenos que se dan en ese punto de la pieza. Mirando el doblado de perfil, se precian dos caras: superior e inferior. En general, toda la zona es un lugar de gran concentración de tensiones debido a esta operación. En la zona superior las fibras de la chapán están sometidas a compresión. Por lo tanto, la longitud de la zona superior se reduce mientras que la inferior aumenta.

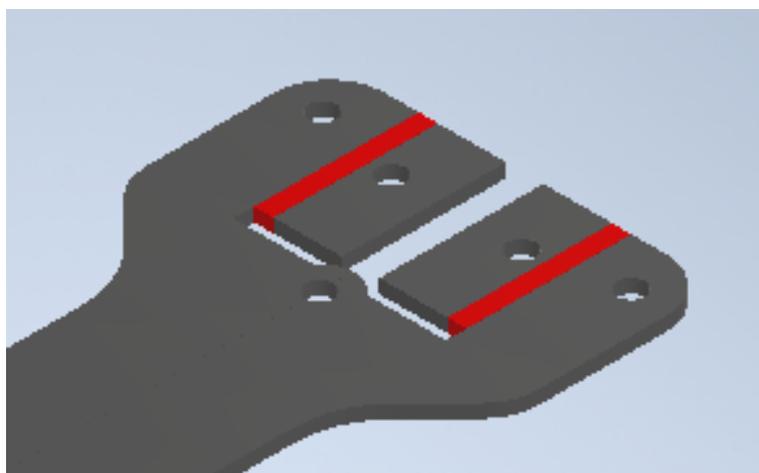


Figura 16 – Longitud de plegado.

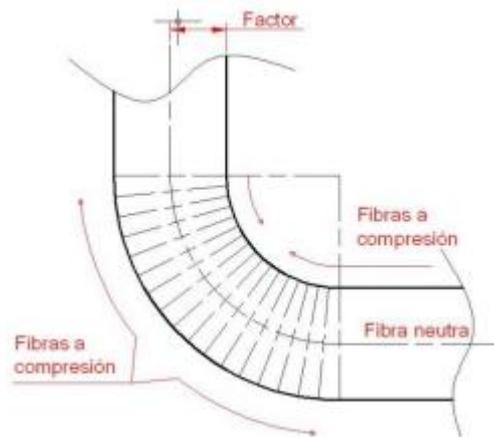


Figura 17 – Esquema de un pliegue de perfil, Core.

Sin embargo, hay una zona entre ellas que no sufre deformaciones por no estar sometida ni a tracción ni a compresión, de manera que su longitud no cambia. Por lo que se debe determinar la longitud de la línea neutra y así completar el desarrollo plano.

El primer paso a realizar es determinar la posición de la línea neutra. Hay que tener en cuenta que no necesariamente tiene por qué estar en el medio de la sección, con lo que dividir por la mitad el espesor no sería exacto. Para calcular su posición de manera correcta, se deben realizar ensayos previos con el mismo material con el que se quiere elaborar el producto final. Hay otra alternativa gracias a los descubrimientos realizados por algunos investigadores que permite determinar su posición a partir de otros valores del material como son el espesor y el radio de plegado.

No siempre es necesario determinar con exactitud la posición de la fibra neutra. En este caso, con la tabla que se encuentra a continuación se halla una constante K resultante de la relación entre el radio de plegado (r) y el espesor (s). Si el cociente se encuentra entre los valores de esta tabla no hay más que buscar su constante correspondiente, mientras que, si el valor no es exacto, basta con interpolar.

r = radio interior de doblado
 s = espesor de la chapa

r/s	Factor
0.2	0,347 * s
0.5	0,387 * s
1	0,421 * s
2	0,451 * s
3	0,465 * s
4	0,470 * s
5	0,478 * s
10	0,487 * s

Figura 18 – Tabla con las relaciones entre radio y espesor, Core.

En este caso, se determinará la longitud gracias a esta ecuación:

$$L = (r + K \times s) \beta$$

Donde:

- L es la longitud real de doblado
- r es el radio interior del doblado
- K es la constante hallada con anterioridad
- s es el espesor de la chapa
- β es el ángulo del pliegue

Conocidos tanto el radio (1 mm) como el espesor (2 mm), el valor de la constante K aparece en la tabla sin la necesidad de interpolar. Ahora basta con sustituir los valores en la fórmula y se determina la longitud:

$$L = (1 + 0,387 \times 2) \frac{\pi}{2} = 2,78 \text{ mm}$$

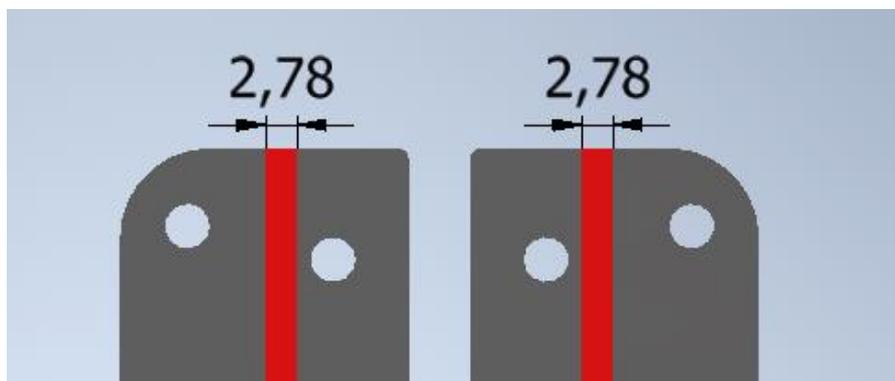


Figura 19 – Longitud de plegado con su valor calculado.

4.2 DISPOSICIÓN EN BANDA

Una vez ya se saben las dimensiones de la pieza en plano es momento de determinar la forma en la que se van a colocar las piezas en la banda de manera que se aproveche la mayor cantidad posible de material de chapa y desperdiciar menos y no incrementar los costes de fabricación.

Hay varios tipos de colocación que dependen de dos aspectos: el número de piezas a fabricar y la orientación de la pieza en función de su forma.

Dependiendo del número de piezas se distingue:

- Simple: en un golpe de prensa se obtiene una pieza.
- Múltiple: por un golpe se obtienen dos o más piezas.

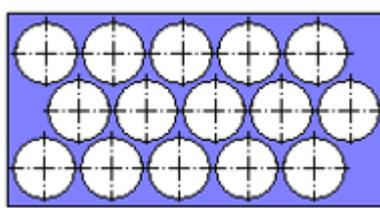


Figura 20 – Configuración múltiple, DPMCM.

En cuanto a la colocación de la pieza:

- Normal: la elección más correcta para piezas que tienen forma de prisma.
- Oblicua: la pieza se gira con la intención de que en una banda entre el mayor número posible. Aplicable a piezas con forma de L.
- Invertida: la pieza siguiente se coloca de forma opuesta a su anterior. El aprovechamiento es claramente visible en piezas cuya forma sea triangular.



Figura 21 – Configuración normal, oblicua e invertida, DPMCM.

Para el caso particular del soporte, se van a elegir dos tipos de configuraciones que estarán sujetas a comparación para que, al final del diseño de banda, se escoja la más conveniente.

La primera configuración (A), será normal ya que es la mejor manera de aprovechar material debido a su geometría, y se colocará en dirección transversal al fleje. Será también múltiple con dos piezas obtenidas por golpe.

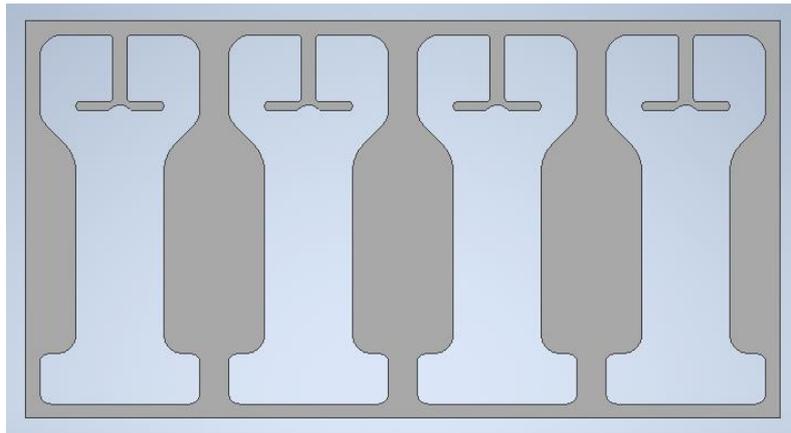


Figura 22 – Configuración A

En la segunda, la configuración B, también se elige una disposición normal por las mismas razones que la anterior, con la diferencia de que esta vez se colocará con el largo de la pieza en la dirección del fleje. También se diferencian en que esta configuración es simple.

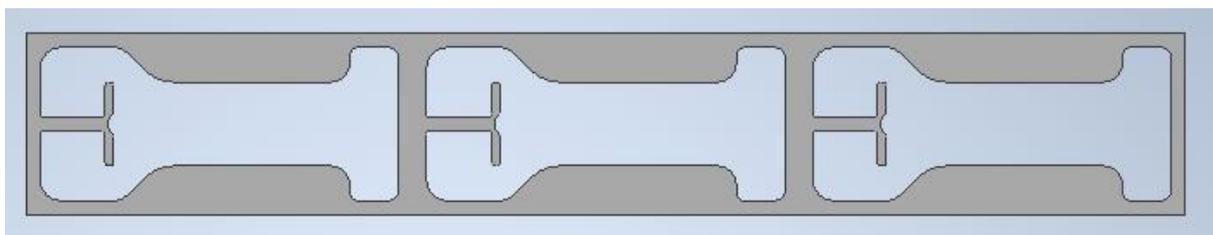


Figura 23 – Configuración B

Por último, se va a estudiar una configuración múltiple a la cual se denominará C en la que se colocan series de dos piezas enfrentadas de forma simétrica de manera que también se obtengan dos soportes por golpe de prensa.

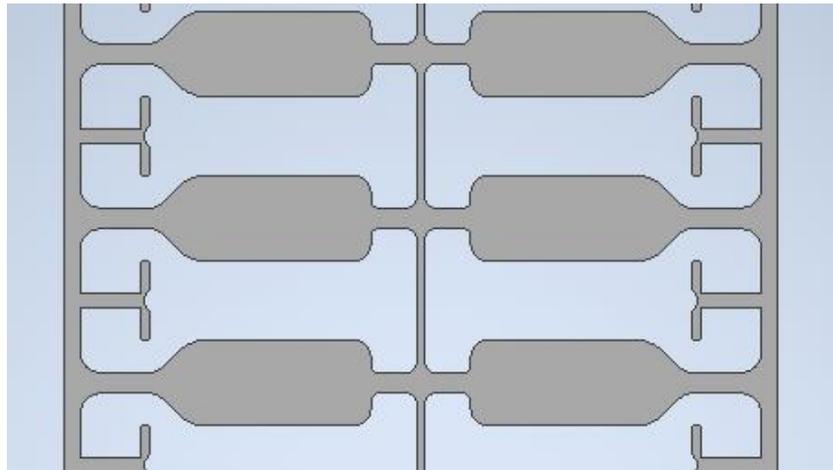


Figura 24 – Configuración C

4.3 SEPARACIÓN ENTRE PIEZAS

Conocida ya la manera en la que las piezas irán colocadas en la banda, se puede pasar a decidir la separación que deben tener una de la otra. Es importante que se determine la mínima distancia a la que estarán separadas para aprovechar al máximo el material de la misma forma que se hizo con la disposición en banda. Se recomienda que la separación sea como mínimo, 1,5 veces el tamaño de su espesor puesto que con valores inferiores se corre el riesgo de que la pieza sufra deformaciones a lo largo del proceso productivo. De todas maneras, la separación nunca podrá ser menor de 1 mm.

Junto a la separación mínima hallada, hay que considerar a los centradores, encargados de mantener a la pieza fija en todo momento durante el proceso de fabricación. Se pueden aprovechar las perforaciones requeridas de la pieza y colocarlos en su interior de manera que solo se tendría en cuenta la separación mínima, pero se corre el riesgo de deterioro de las perforaciones durante el resto de las etapas del proceso además de la posibilidad de obtener unas tolerancias finales en dichas perforaciones demasiado elevadas. Por lo tanto, resulta más conveniente que estén ubicados fuera de la pieza, aunque la separación deba ser por fuerza, mayor que la mínima.

Multiplicando el espesor de la pieza que en este caso es de 2 mm, el valor de la separación mínima es de 3 mm.

Configuración A:

Empleando unos centradores de 10 mm de diámetro que van a ir colocados fuera de la pieza, la separación entre pieza y pieza elegida es de 13 mm.

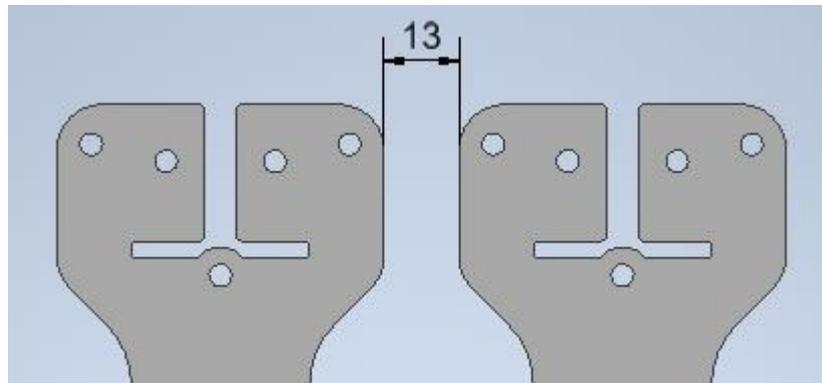


Figura 25 – Separación A

Configuración B:

En este caso también se emplean unos centradores de 10 mm de diámetro, pero esta vez irán colocados a ambos lados de la parte central del soporte por lo que, a la hora de dejar una distancia de separación, no influyen permitiendo los 3 mm de separación mínima calculados antes.

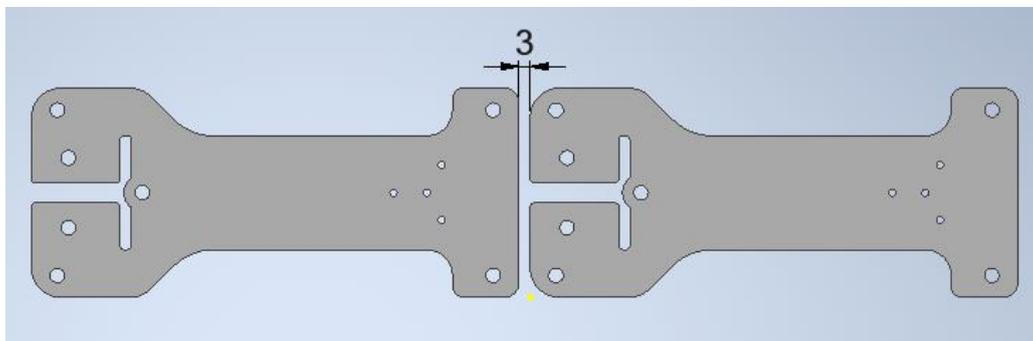


Figura 26 – Separación B

Configuración C:

Contradiciendo lo dicho al comienzo de este apartado, los centradores de esta disposición de banda irán en la pieza. Aprovechando las perforaciones en sus extremos, se pueden colocar unos centradores de 4 mm de diámetro en los agujeros de las esquinas de cada soporte.

Como ya no hay que dejar un margen lo suficientemente grande para que los centradores quepan entre dos piezas, se dejarán los 3 mm de separación mínima entre piezas además de dejar 8 mm de separación entre una pareja de piezas y la siguiente.

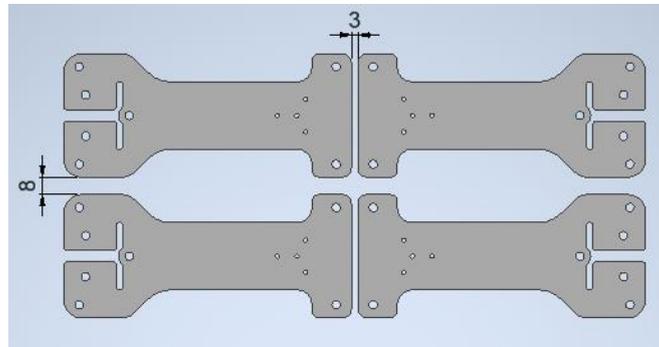


Figura 27 – Separación C

4.4 RETAL DE ENLACE

Durante el conformado, las piezas no están colocadas independientes en la banda, sino que hay una porción de la chapa metálica que durante el corte inicial de la sección de cada pieza no se elimina, se retira en la última operación de la secuencia, manteniendo unidas dos piezas consecutivas. Este trozo de material intermedio recibe el nombre de retal de enlace.

El retal de enlace es el encargado de mantener la rigidez en la banda, por lo tanto, debe ser lo más ancho posible.

Configuración A:

Se podría decir que, observando el soporte desde la planta, tiene forma de *I* latina en mayúscula, por lo que el retal debería ir entre los dos extremos de dos piezas consecutivas. El doblado que se realizará no afecta en este caso para elegir la ubicación del retal. Por lo tanto, se colocará el retal superior con el centrador, de un ancho de 30 mm y el inferior con 18 mm respectivamente. La separación entre piezas que se acordó en el apartado anterior es la encargada de dar la longitud al retal, siendo ésta de 13 mm para ambos. En la figura 28 se ilustra el resultado final.

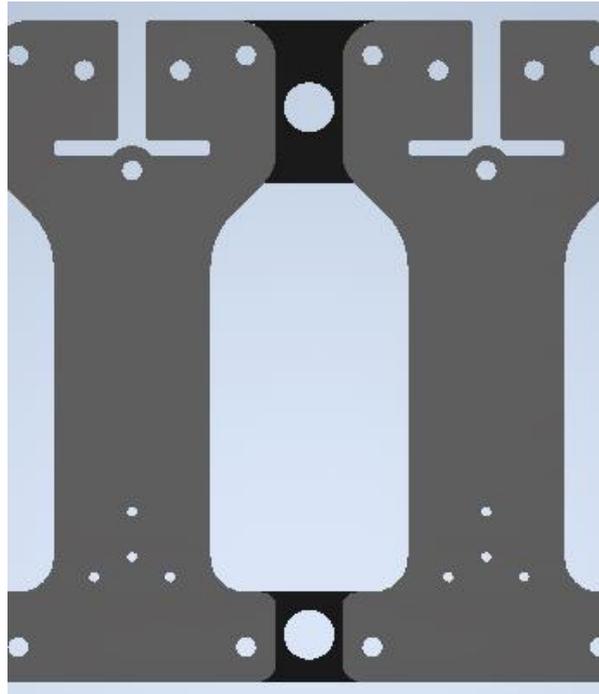


Figura 28 – Retal de la opción A

Configuración B:

En este caso si hay que tener en cuenta la presencia del doblado, que imposibilita el diseño de un único retal. Se harán dos de 3 mm de longitud, puesto que los centradores no van ahí, y el ancho será de 13 mm (desde un lado del soporte al comienzo de la longitud de plegado). La figura 27 indica el resultado final, así como la posición de los centradores (en negro).

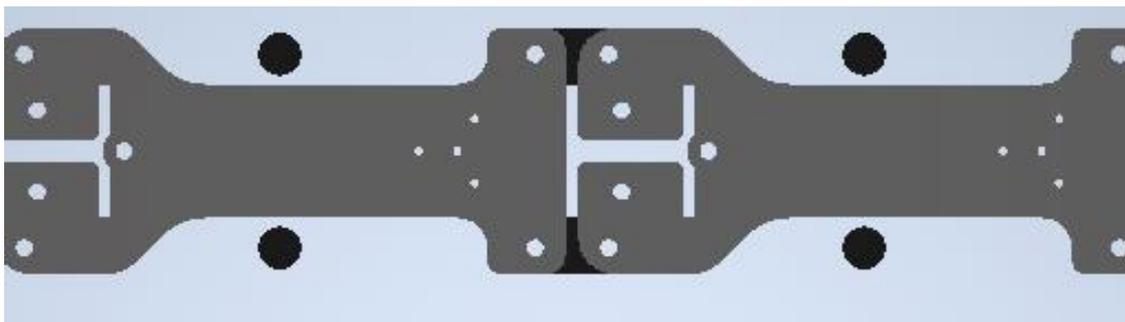


Figura 29 – Retal de la opción B

Configuración C:

El retal se coloca entre las piezas simétricas uniéndolas por sus extremos inferiores. No hay ningún tipo de operación que interfiera por lo que el ancho son los 57 mm que tiene la pieza y su longitud de 3 mm como el caso B.

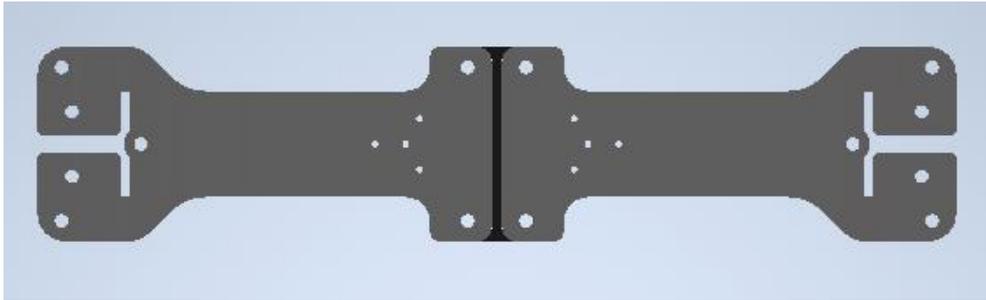


Figura 30 – Retal de la configuración C

4.5 PASO DE BANDA

El paso se puede definir de dos maneras: espacio que recorre la banda entre dos golpes de prensa consecutivos, o bien la distancia existente entre un punto determinado de la pieza y el mismo punto de la siguiente.

Para determinar el paso hay que sumar el valor de la distancia de separación entre piezas y el ancho de la pieza. El ancho se toma en sentido longitudinal, además de coger el ancho de mayor valor, para el caso particular del soporte, el de sus extremos. Por último, si la configuración es múltiple, se multiplica el valor del paso por el número de piezas obtenidas por golpe.

Configuración A:

Sabiendo que la separación son 13 mm y su ancho 57 mm el paso es la suma, es decir 70 mm. Pero como se mencionó en apartados anteriores que se obtienen dos piezas por golpe, el paso real de esta opción es de 140 mm.

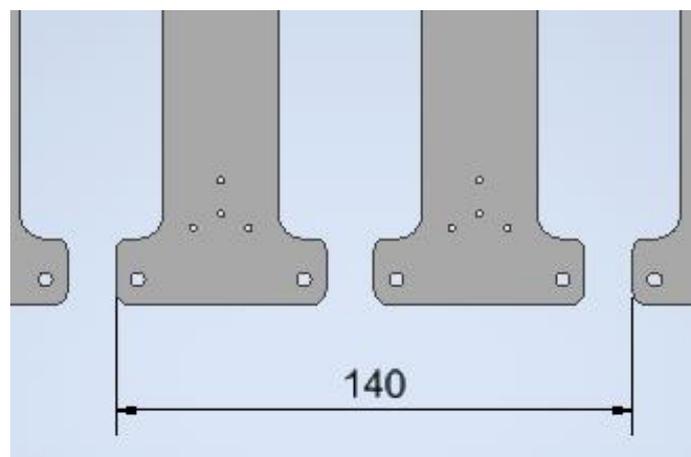


Figura 31 – Paso A

Configuración B:

En este caso no se va a multiplicar el paso ya que su configuración es múltiple. Basta con sumar la separación (3 mm) al ancho de la pieza, que por la forma de estar colocada esta vez es de 132 mm y el paso de la opción B es de 135 mm.

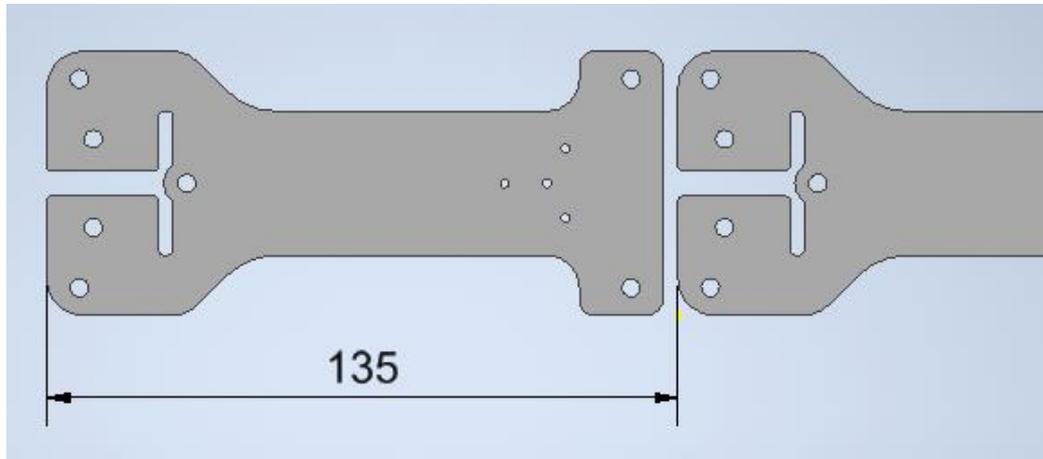


Figura 32 – Paso B

Configuración C:

Sumando la separación entre parejas de piezas (8 mm) y el ancho de cada una, que son 57 mm, el paso son un total de 65 mm. Aunque la configuración sea múltiple, en este caso no habría que multiplicar por dos porque, aunque se obtenga una pareja de piezas por golpe, el valor del paso sigue siendo el mismo al ir unidas a lo ancho y no a lo largo, como es el caso de la primera opción.

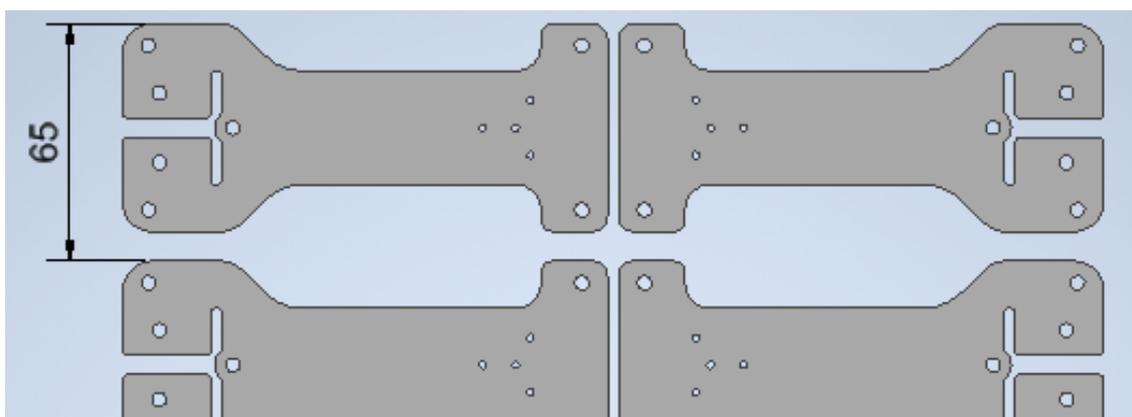


Figura 33 – Paso C

4.6 ANCHO DE BANDA

Al igual que se deja un margen entre una pieza y la siguiente, hay que dejar a lo ancho un espacio por la parte superior e inferior de la pieza. Este espacio se calcula igual que la separación mínima, multiplicando 1,5 veces el espesor. El ancho de banda total, por tanto, será la suma de los dos márgenes (superior e inferior) y el ancho total de la pieza respecto al eje transversal.

Para ambas configuraciones se tomará el valor mínimo de separación que se permite en función del espesor, por lo que se dejarán márgenes de 3 mm en los extremos. El ancho de banda de la configuración A será de 138 mm mientras que el de la configuración B será de 63 mm.

En la tercera configuración se va a dejar una separación mayor, de 6 mm a cada lado de la banda, lo que da un ancho total de 279 mm.

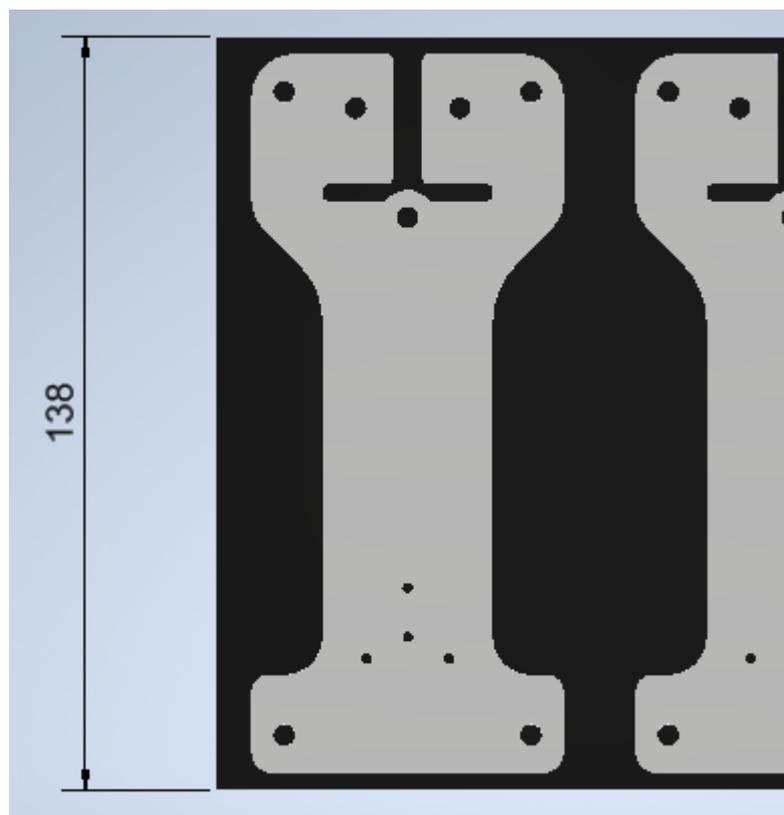


Figura 34 – Ancho de banda de la configuración A

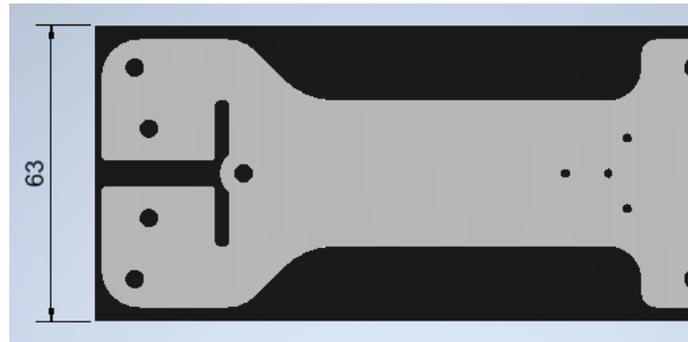


Figura 35 – Ancho de banda de la configuración B

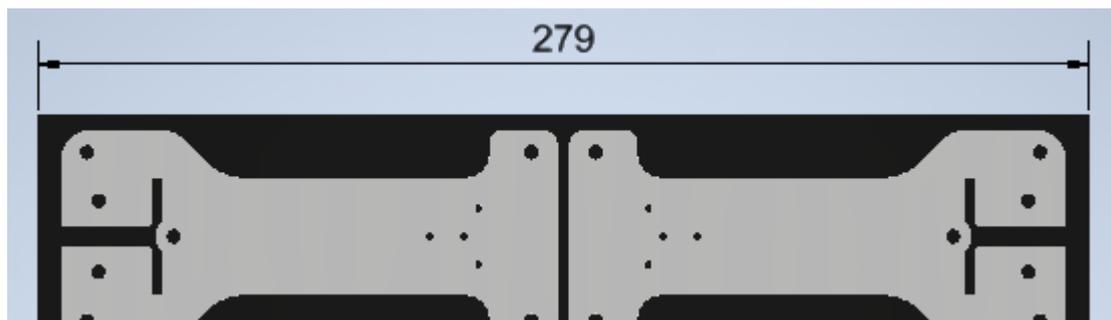


Figura 36 – Ancho de banda de la configuración C

4.7 GRADO DE APROVECHAMIENTO

Definida ya la configuración de las piezas en la banda, es momento de la etapa más importante del diseño de banda, determinar el grado de aprovechamiento del material.

El grado de aprovechamiento es un parámetro que indica al diseñador la cantidad de material que se va a desperdiciar para llegar al producto final. Es de gran importancia conocer su valor puesto que de él depende que el beneficio económico sea suficiente para determinar que el proceso sea rentable.

Un grado de aprovechamiento aceptable asegura que la cantidad de material desperdiciado no es excesiva además de que los costes energéticos no se disparen. Desde un punto de vista medioambiental también es importante controlar estos aspectos.

El grado de aprovechamiento se puede calcular a partir de la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{A_p}{A_t} = \frac{A_p}{p \times w}$$

Donde:

- A_p es el área de la pieza
- A_t es el área total de la chapa (con márgenes y separación)
- p es el paso de banda
- w es el ancho de banda

El área de la pieza es de 5185,851 mm²

Configuración A:

En este caso, hay dos piezas resultantes por golpe, por lo que hay que multiplicar el área por dos.

Siendo el paso 140 mm y el ancho de banda 138 mm ya se tienen todos los datos necesarios para calcular el grado de aprovechamiento de esta alternativa:

$$\rho = \frac{2 \times 5185,851}{140 \times 138} = 0,54$$

El grado de aprovechamiento A es del 54%

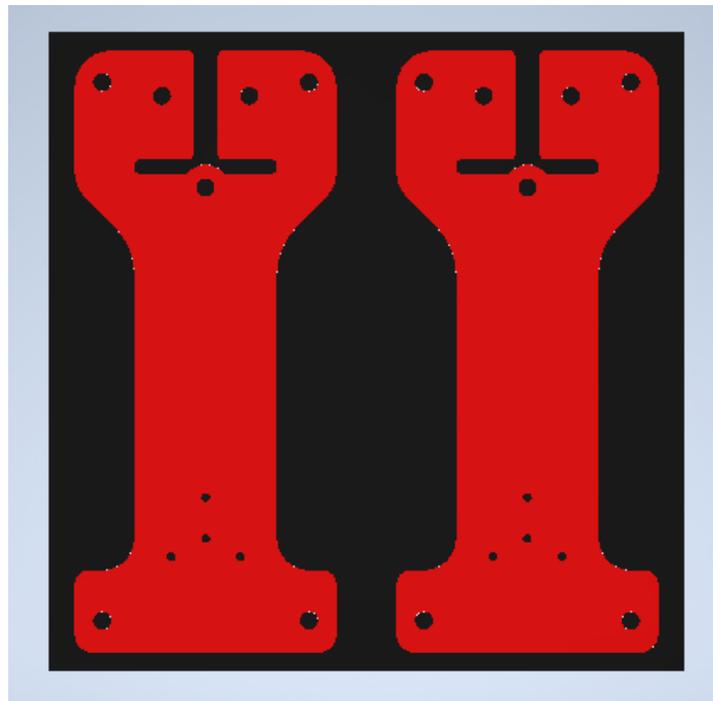


Figura 37 – Comparativa del área de la pieza frente al de la chapa

Configuración B:

Con el área ya determinada, en este caso sólo se obtiene una pieza por golpe así que solo hay que sustituir los valores en la fórmula para obtener el resultado.

El ancho de banda es de 63 mm y el paso de 135 mm.

$$\rho = \frac{5185,851}{135 \times 63} = 0,61$$

El grado de aprovechamiento B es del 61%

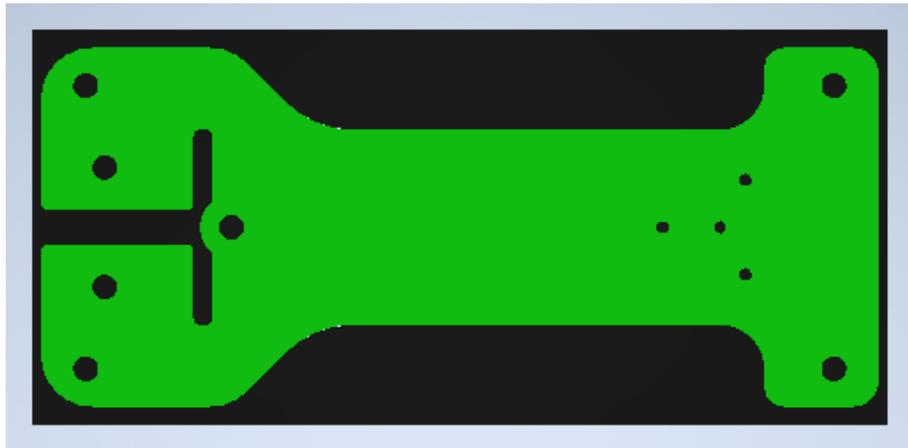


Figura 38 – Comparativa del área de la chapa frente al de la pieza de la configuración B

Configuración C:

El ancho es de 279 mm y el largo de 65 mm. Por lo tanto, al sustituir estos valores en la fórmula el resultado obtenido es el siguiente:

$$\rho = \frac{2 \times 5185,851}{65 \times 279} = 0,57$$

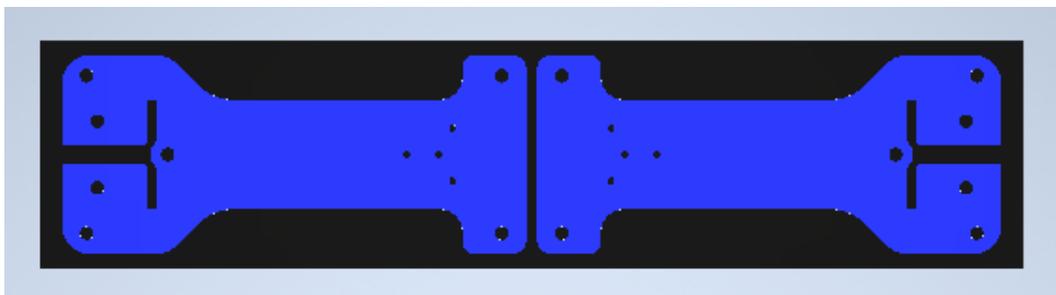


Figura 39 – Comparativa del área de la chapa frente al de la pieza de la configuración C

4.8 CONCLUSIÓN

Observando los resultados obtenidos a partir del grado de aprovechamiento, lo lógico es decantarse por la configuración B, ya que indica que es la opción en la que menos material se va a desaprovechar, por lo tanto, los costes de fabricación necesarios serán menores también.

Sin embargo, esta es la única configuración de las tres donde las fibras de las pestañas a doblar se encuentran en la misma dirección que la de fleje. Es una inconveniencia bastante grande puesto que la calidad del doblado no será tan alta como en las otras dos, lo que hace que sea descartada.

Tanto en la configuración A como en la B se obtienen dos piezas por golpe de prensa, obteniendo en el mismo tiempo el doble de productos, lo que representa una ventaja adicional de éstas frente a la ya descartada configuración B.

Entre la opción A o la C es recomendable elegir la C por dos razones. La primera la indica el grado de aprovechamiento, que es mayor en la tercera. Es debido a que, a pesar de tener unos márgenes mayores, la separación entre piezas de la configuración C no es tan grande por incorporar los centradores en sus agujeros. La segunda es la simetría entre piezas. Al fabricar dos piezas a la vez que se encuentran enfrentadas de forma simétrica, se va a conseguir un equilibrio de fuerzas durante la fabricación que no hará necesario tener que compensar la fuerza que genere el troquel.

Cabe destacar que seleccionando unos centradores más pequeños para la primera opción, el porcentaje de material aprovechado aumente haciendo de la configuración A más atractiva para su selección. Sin embargo, por las dos razones anteriormente expuestas, la elección definitiva será la de la configuración C.

4.9 ETAPAS DE FABRICACIÓN

Con la configuración seleccionada a conveniencia, es momento de elaborar una secuencia que realiza una detrás de otra todas las operaciones que son necesarias para, partiendo de la chapa mecánica, obtener como resultado el resorte para la grapadora.

Antes de realizar el orden en el que serán realizadas, se debe observar el modelo de la pieza para identificar las cuáles serán los procesos de fabricación.

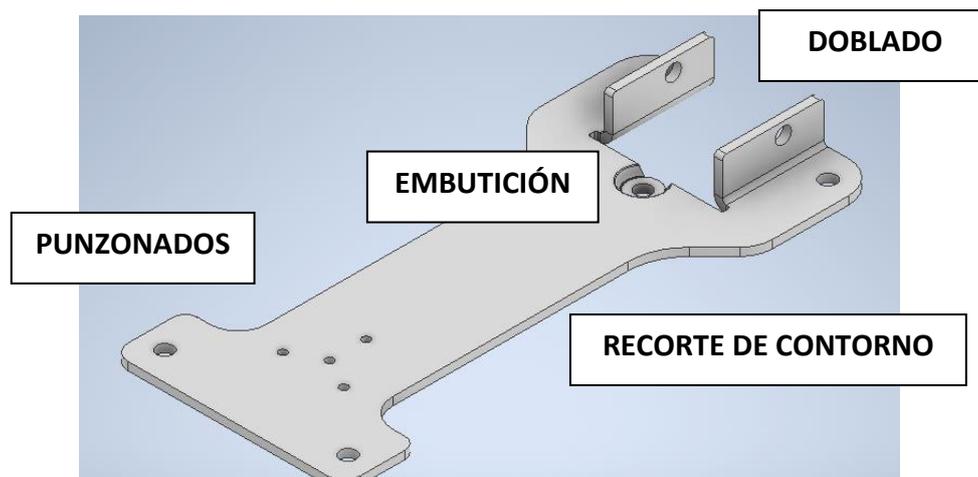


Figura 40 – Operaciones necesarias del soporte

Como se aprecia en la figura anterior, son precisos un par de doblados en cada pestaña, once punzonados para hacer los agujeros, una embutición en el extremo superior y evidentemente, un corte alrededor de toda la sección.

Cuando todas las operaciones han sido identificadas, es momento de realizar el orden en el que se quiere que tengan lugar:

- 1) Punzonado de centradores (agujeros de los extremos).
- 2) Primer punzonado de parte de los agujeros necesarios.
- 3) Segundo punzonado de los agujeros restantes. Se realizan en dos etapas ya que hay un gran número de éstos en una distancia pequeña y se facilita la colocación de punzones en el troquel si el proceso se divide en dos.
- 4) Primer corte del contorno de la pieza. Se elimina el material de la ranura interior dando forma a lo que posteriormente serán las pestañas del soporte y el hueco que forman en el interior de dicha pieza.
- 5) Etapa vacía entre el primer y segundo corte del contorno.

- 6) Segundo corte. Se da forma a todo el extremo del soporte sin llegar todavía a la parte central de éste.
- 7) Etapa vacía entre el segundo y el tercer corte.
- 8) Se elimina el material de todo el contorno de la pieza exceptuando el retal que une a dos piezas enfrentadas.
- 9) Doblado de las pestañas. Es conveniente que se realice previamente a la embutición, de manera que haya espacio suficiente para que el punzón encargado de practicarlo descienda sin problemas.
- 10) Embutición.
- 11) Etapa vacía previa al corte final de la pieza.
- 12) Corte final del retal de unión entre piezas enfrentadas.

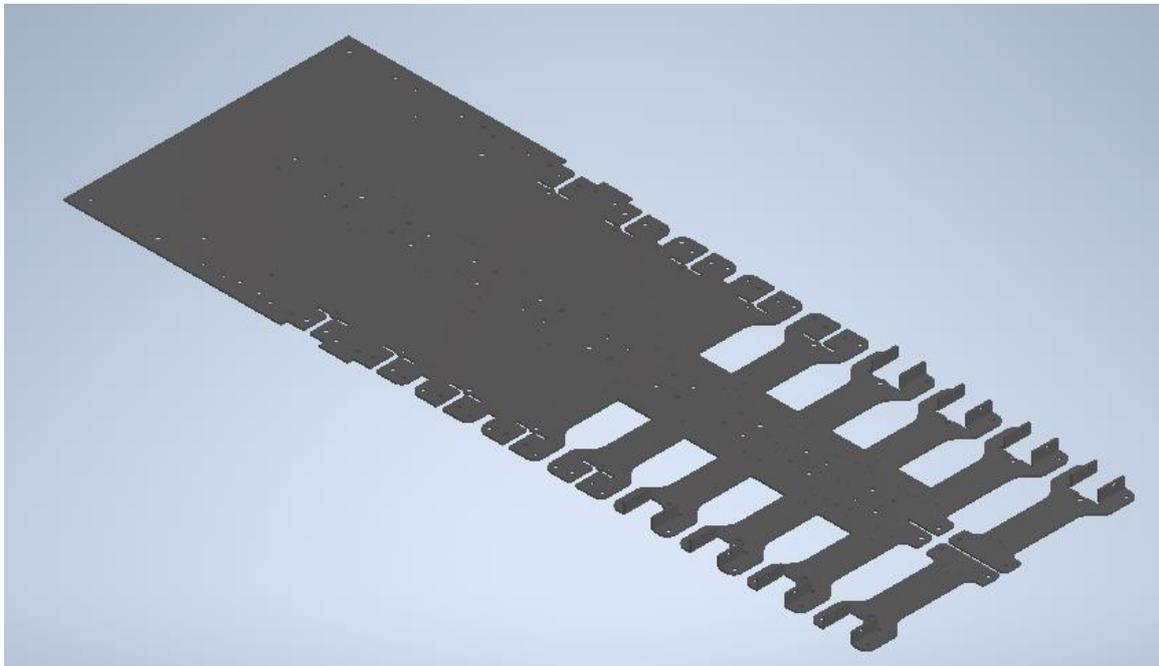


Figura 41 – Secuencia completa de todas las operaciones

A continuación, se muestra el diseño de banda visto desde la planta donde se indica cada una de las etapas totales que tienen lugar en el interior del troquel para obtener finalmente dos soportes completamente realizados.

4.10 FUERZAS NECESARIAS

Por último, es necesario calcular el valor de los esfuerzos de cada etapa. Las fuerzas dependen exclusivamente de la geometría de la pieza, el material del que está compuesta y cuál sea cada operación a realizar.

Valores comunes de las fuerzas:

- Radio de los agujeros grandes: 2 mm
- Radio de los agujeros pequeños: 1 mm
- Espesor de la chapa: 2 mm
- σ_R : 550 MPa

4.10.1 FUERZAS DE CORTE

En el corte, el valor de la fuerza es directamente proporcional a la resistencia a rotura del material y el área de corte, siendo ésta última el producto entre su perímetro y su espesor:

$$F = \sigma_R \times A = \sigma_R \times P \times e$$

Corte de la ranura interior entre las pestañas:

$$F_1 = \sigma_R \times A_1 = \sigma_R \times P_1 \times e = 550 \times 188,835 \times 2 = 207719 \text{ N}$$

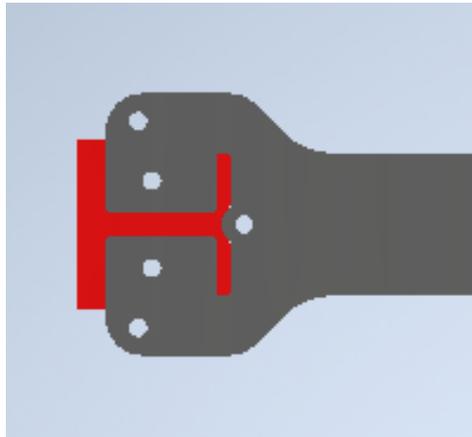


Figura 41 – Ranura interior a cortar (en rojo el perímetro de corte)

Segundo corte del contorno del extremo no unido del soporte:

$$F_2 = \sigma_R \times A_2 = \sigma_R \times P_2 \times e = 550 \times 251,133 \times 2 = 276246 \text{ N}$$

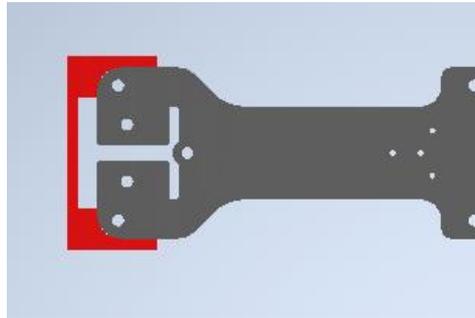


Figura 42 – Segundo perímetro de corte

Corte de la parte central del soporte:

$$F_3 = \sigma_R \times A_3 = \sigma_R \times P_3 \times e = 550 \times 185,395 \times 2 = 203935 \text{ N}$$

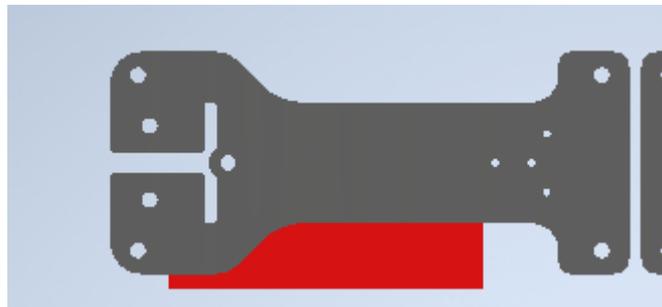


Figura 43 – Tercer perímetro de corte

Corte final del retal de unión entre piezas:

$$F_4 = \sigma_R \times A_4 = \sigma_R \times P_4 \times e = 550 \times 511,965 \times 2 = 563162 \text{ N}$$

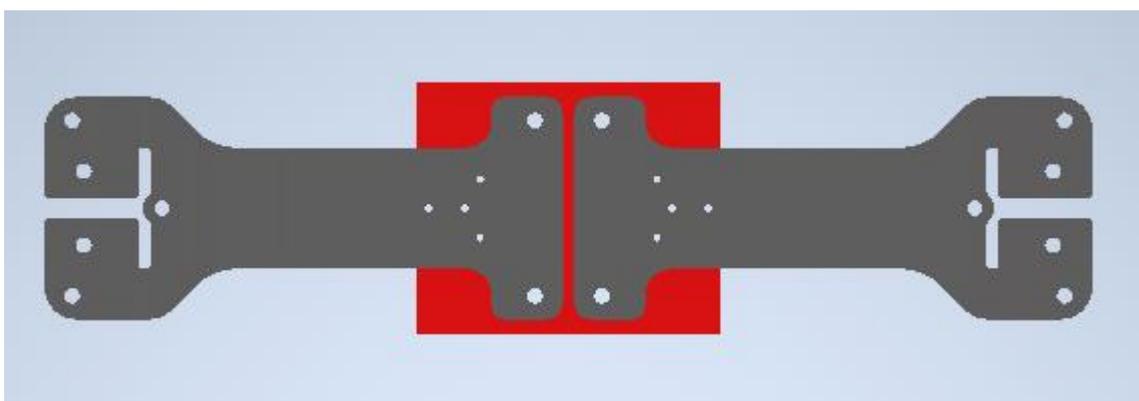


Figura 44 – Corte final del retal de unión entre piezas

4.10.2 FUERZAS DE DOBLADO

Los parámetros que se deben conocer en el doblado si se quiere determinar la fuerza son: el ancho de la pestaña, el espesor y la resistencia a flexión. Para determinar esta última basta con aproximar su valor al doble de la resistencia a rotura, en este caso unos 1100 MPa.

$$F = \frac{\sigma_F \times e \times w}{6}$$

Particularizando para las pestañas de la pieza: $F = \frac{1100 \times 2 \times 24}{6} = 8800 \text{ N}$

4.10.3 FUERZAS DE EMBUTICIÓN

Se utiliza una fórmula análoga a la de corte incluyendo una constante cuyo valor resulta de dividir el perímetro de corte final entre el inicial. Los valores vienen indicados en la tabla a continuación.

$$F = \sigma_R \times A \times n = \sigma_R \times P \times e \times n = \sigma_R \times 2\pi \times r \times e \times n$$

Pf/Pi	n
0.55	1
0.60	0.86
0.65	0.72
0.70	0.60
0.75	0.50
≥0.80	0.40

Figura 45 – Valores de la constante en función de la relación de perímetros, Oehler – Kaiser, G. (1977).

En este caso, para un diámetro inicial de 10 mm y el final de 8, la relación entre perímetros es de 0,8. Por lo tanto, se aplicará a la fórmula un coeficiente de 0,4 de acuerdo con lo indicado en la tabla anterior.

Con todos los datos necesarios, el valor de la fuerza necesaria para practicar a la pieza una embutición es el siguiente:

$$F = 550 \times 2\pi \times 4 \times 2 \times 0,4 = 11058 \text{ N}$$

4.10.4 FUERZAS DE PUNZONADO

Este caso es exactamente igual que el corte, ya que la fórmula parte del mismo punto, con la única diferencia en que el perímetro es diferente por tratarse de circunferencias.

$$F = \sigma_R \times A = \sigma_R \times P \times e = \sigma_R \times 2\pi \times r \times e$$

Fuerza de punzonado de los agujeros grandes:

$$F_{4mm} = \sigma_R \times A = \sigma_R \times P \times e = 550 \times 2\pi \times 2 \times 2 = 13823 \text{ N}$$

Fuerzas de punzonado de los agujeros pequeños:

$$F_{2mm} = \sigma_R \times A = \sigma_R \times P \times e = 550 \times 2\pi \times 1 \times 2 = 6911,5 \text{ N}$$

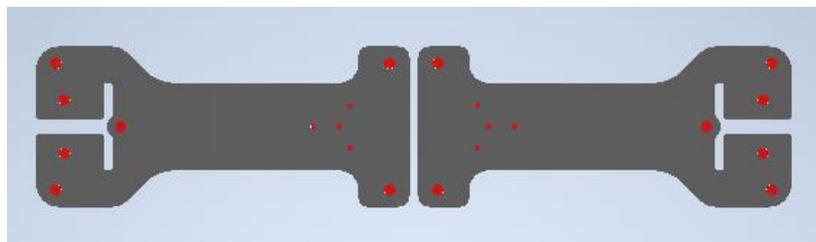


Figura 46 – Punzonados totales de la pieza

4.10.5 FUERZA RESULTANTE Y FUERZA DE PISADO

El valor de la fuerza total es la suma de todas las fuerzas que existen en cada operación. La prensa es la encargada de ejercer dicha fuerza. Como el valor de la mayoría de las fuerzas se corresponde a, por ejemplo, un único perímetro de corte o solamente un agujero, habrá que multiplicar su magnitud por el número de perímetros de corte, agujeros o pestañas que tenga el soporte.

La fuerza total de punzonado será la suma de todos los agujeros de 4 mm junto a los de 2 mm:

$$F = 14 \times F_{4mm} + 8 \times F_{2mm} = 248814 \text{ N}$$

Para la fuerza de corte total se emplea el mismo procedimiento:

$$F = 2 \times F_1 + 2 \times F_2 + 4 \times F_3 + F_4 = 2346832 \text{ N}$$

Sumando a los cálculos anteriores el valor de la fuerza de embutición y las fuerzas de doblado, se determina el valor de la fuerza total:

$$F_T = 248814 + 2346832 + 2 \times 11058 + 4 \times 8800 = 2652962 \text{ N}$$

La fuerza de pisado es un porcentaje de la fuerza resultante. El valor del porcentaje que se debe aplicar depende del espesor que tenga la pieza.

Espesor (mm)	Fuerza total %
1	5+8
1-2.5	8+10
2.5-4	10+12.5
4-6	12+16

Figura 47 – Porcentajes en función del espesor de chapa, Oehler – Kaiser, G. (1977).

De acuerdo con los valores de la tabla anterior, para un espesor de 2 mm el porcentaje que se debe tomar es de un 9% aproximadamente.

$$F_p = 2652962 \times 0,09 = 238766,6 \text{ N}$$

4.11 MOMENTOS DE FUERZA

Una vez calculadas todas las fuerzas necesarias durante el proceso de fabricación, es momento de determinar los momentos que van a generar en la banda. Se va a tomar un punto de referencia en dicha banda que va a dividir el total de fuerzas en dos grupos: uno a la derecha de dicho punto mientras que el segundo grupo se encontrará a su izquierda.

Para determinar de forma aproximada la localización del punto de equilibrio se van a realizar dos cálculos. En la primera iteración se tomará el punto en la mitad geométrica de la banda, es decir, a 394 mm del extremo izquierdo.

Se calculará el equilibrio de fuerzas y de momentos. En base a los resultados que se obtengan, se decidirá la zona aproximada donde la referencia real se puede encontrar (más a la derecha o más a la izquierda de la mitad de la banda).

En el grupo de la izquierda se encontrarán todos los punzonados, el primer corte y el segundo. La suma de todas sus fuerzas es la siguiente:

$$F_{izq} = 14 \times 13823 + 8 \times 6911,5 + 2 \times 207719 + 2 \times 276246 = 1216,7 \text{ kN}$$

El grupo de la derecha engloba las fuerzas restantes: tercer corte, doblados, embutición y corte final:

$$F_{der} = 4 \times 203935 + 4 \times 8800 + 2 \times 11058 + 563162 = 1436,2 \text{ kN}$$

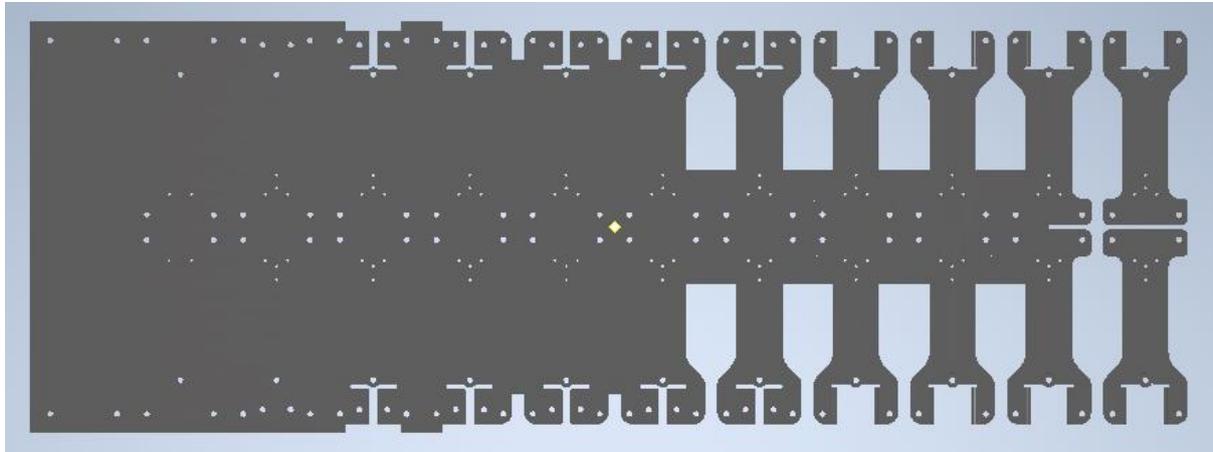


Figura 48 – Primer centro para el equilibrio de momentos.

Se puede apreciar que el valor de la suma de fuerzas de cada grupo es parecido. Por lo tanto, se deduce que los grupos de fuerzas están bien divididos y el punto de referencia se encontrará a poca distancia de la mitad de la banda.

Haciendo ahora el sumatorio de los momentos de fuerza del grupo de la izquierda se obtiene el siguiente resultado:

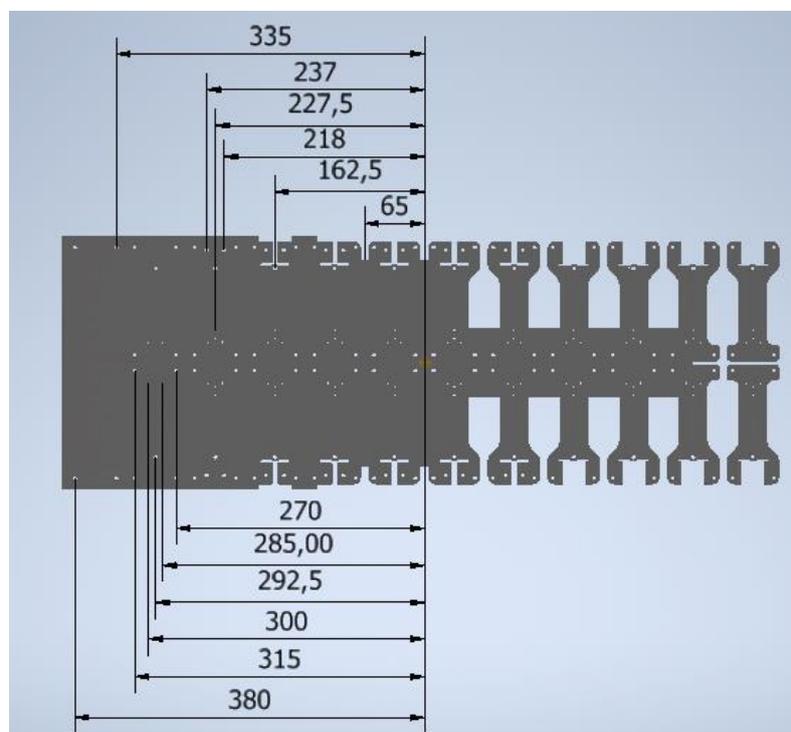


Figura 49 – Distancia de cada fuerza de la izquierda respecto del punto medio

$$\begin{aligned}
 M_{izq} = & 2 \times 13823 \times 380 + 2 \times 13823 \times 333 + 2 \times 13823 \times 313 + 2 \times 6911,5 \times 300 \\
 & + 2 \times 13823 \times 292,5 + 2 \times 6911,5 \times 285 + 2 \times 13823 \times 270 \\
 & + 2 \times 13823 \times 237 + 4 \times 6911,5 \times 227,5 + 2 \times 13823 \times 218 \\
 & + 2 \times 207719 \times 162,5 + 2 \times 276246 \times 65 = 175,8 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

El sumatorio de momentos de todas las fuerzas de la derecha:

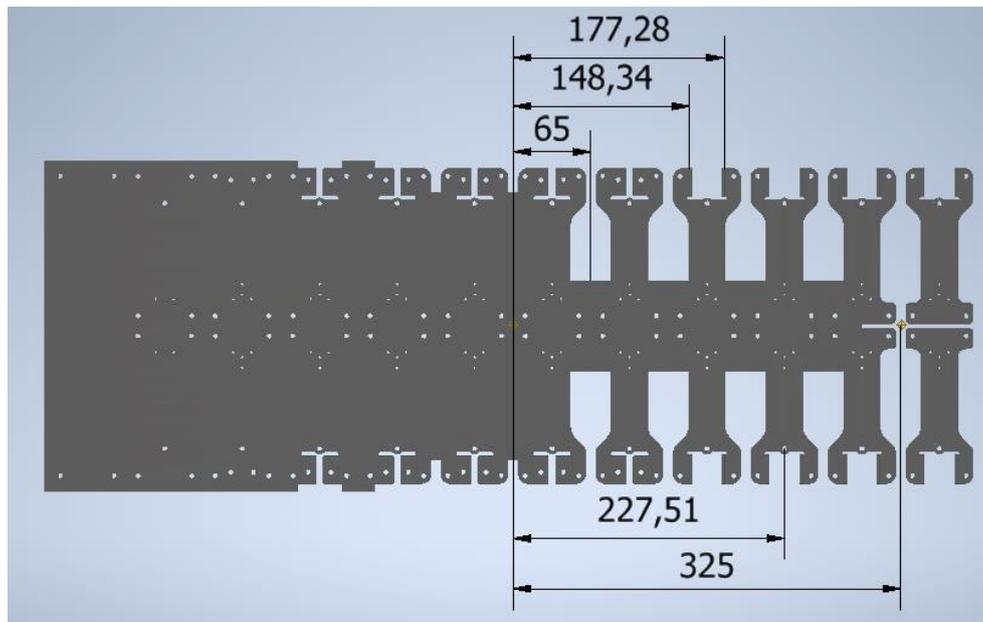


Figura 50 – Distancia de cada fuerza de la derecha al punto medio.

$$\begin{aligned}
 M_{der} = & 4 \times 203935 \times 65 + 2 \times 8800 \times 148,34 + 2 \times 8800 \times 177,28 \\
 & + 2 \times 11058 \times 227,51 + 563162 \times 325 = 242,4 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

A partir de los resultados obtenidos se deduce que el punto medio estará a la derecha de los 394 mm que se han tomado inicialmente, entre la sexta y la séptima etapa, sin pasar al grupo de la izquierda la fuerza de corte del tercer perímetro ya que se alteraría el equilibrio de fuerzas calculado anteriormente.

Para la segunda iteración, se toma una distancia de 426,5 mm respecto del extremo izquierdo, es decir, a 32,5 mm del punto medio anterior, que coincide con el punto medio de la séptima etapa de conformado.

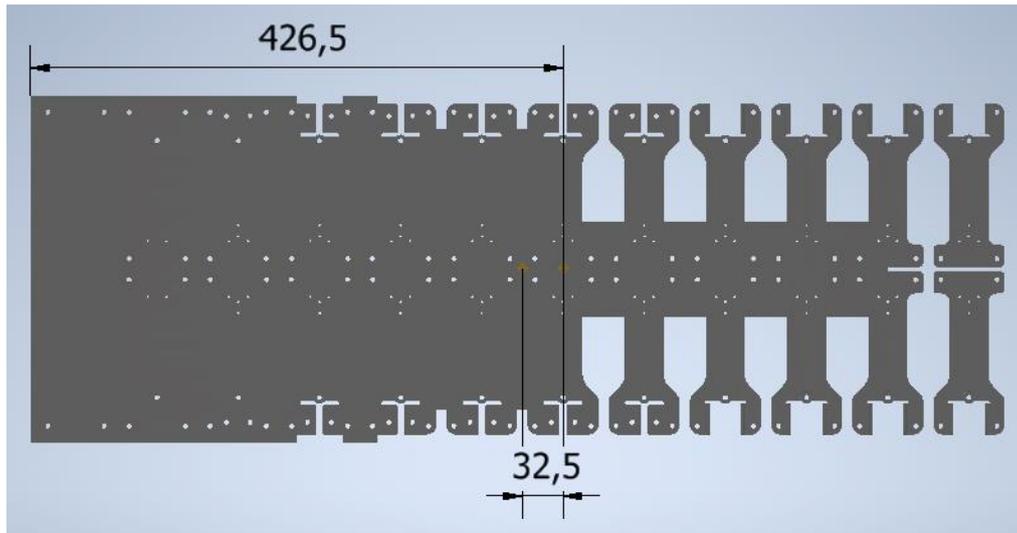


Figura 51 – Localización del nuevo punto de equilibrio.

Momentos del grupo izquierdo:

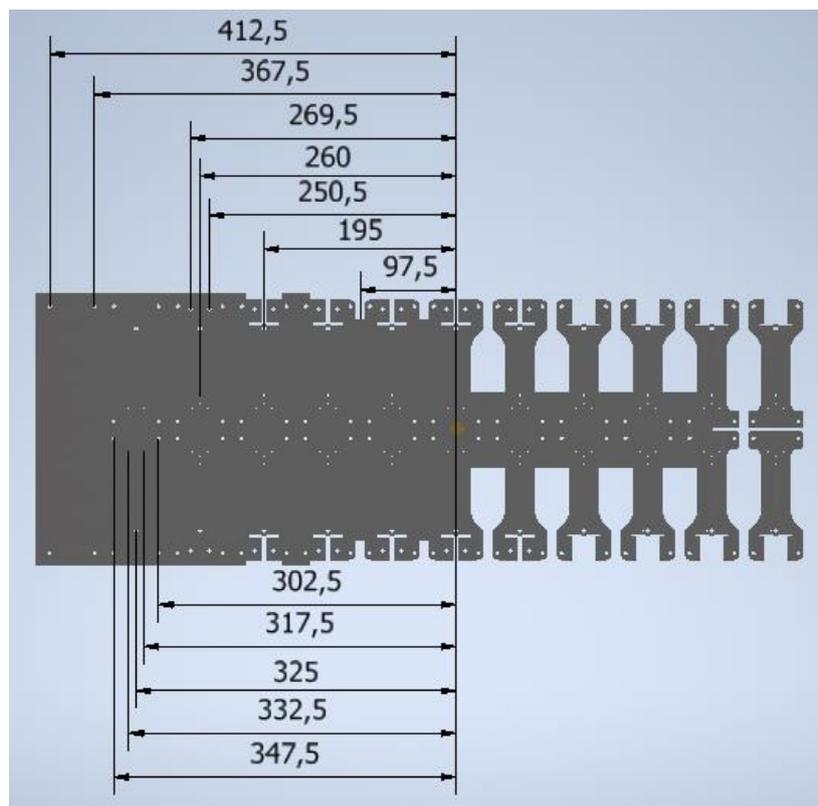


Figura 52 – Distancia de cada fuerza de la izquierda al nuevo punto.

$$\begin{aligned}
 M_{izq} &= 2 \times 13823 \times 412,5 + 2 \times 13823 \times 367,5 + 2 \times 13823 \times 347,5 \\
 &+ 2 \times 6911,5 \times 332,5 + 2 \times 13823 \times 325 + 2 \times 6911,5 \times 317,5 \\
 &+ 2 \times 13823 \times 302,5 + 2 \times 13823 \times 269,5 + 4 \times 6911,5 \times 260 \\
 &+ 2 \times 13823 \times 250,5 + 2 \times 207719 \times 195 + 2 \times 276246 \times 97,5 \\
 &= 214 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

Momentos del grupo derecho:

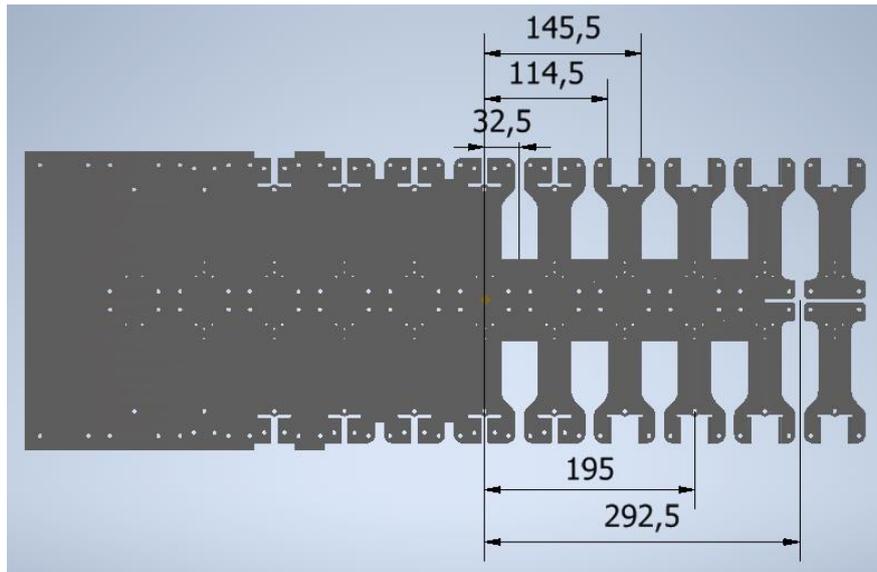


Figura 53 – Distancia de cada fuerza de la derecha al nuevo punto de equilibrio.

$$\begin{aligned}
 M_{der} &= 4 \times 203935 \times 32,5 + 2 \times 8800 \times 114,5 + 2 \times 8800 \times 145,5 \\
 &+ 2 \times 11058 \times 195 + 563162 \times 292,5 = 200,1 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

Como los valores obtenidos no tienen una diferencia notablemente grande, se puede dar por buena la distancia tomada en la segunda iteración, aunque el equilibrio no sea matemáticamente exacto.

5. DISEÑO DEL TROQUEL

En el diseño de banda se planifica la forma más eficiente en la que se debe fabricar el soporte, así como las dimensiones y cantidad de material que será necesario para la consecución final. Además, se calculan las fuerzas que el troquel necesitará aplicar. Es momento ahora de dar forma a todos los procesos anteriores en base a todas las decisiones que se tomaron en la etapa anterior.

Para un diseño adecuado, se debe comenzar por los elementos más próximos a la banda hasta alcanzar los elementos de los extremos tanto superior, como inferior. Esto es debido a que es la banda la que debe condicionar las dimensiones del futuro troquel ya que actuará como referencia en cuanto a las medidas.

Otra recomendación es el empleo del mayor número de elementos comerciales posible, lo que resulta en un coste de fabricación menor, un dimensionado más fácil, así como su mantenimiento y una sustitución en caso de rotura más rápido.

Por último, es importante detenerse el tiempo suficiente para una elección correcta de los materiales que se necesitan para fabricar las placas, sufrideras, matrices y punzones del troquel, ya que se traducirá en un rendimiento alto a la hora de fabricar los soportes, que no es otra cosa que uno de los fines principales que se busca.

Una vez claros estos aspectos, es momento de describir de forma superficial las partes que forman el troquel.

Un troquel se divide fundamentalmente en dos partes, las cuales están divididas por la banda. La parte inferior, compuesta por la placa base inferior y la placa portamatrices, está sujeta a la mesa de la prensa y es, por lo tanto, fija. La parte superior, compuesta por la placa base superior, la placa portapunzones y la placa pisadora, es móvil ya que se encarga de descender hacia la banda para que los punzones corten el material sobrante y den forma a la pieza.

En la imagen a continuación, se muestra un esquema simplificado del troquel con las placas que lo componen.



Figura 54 – Esquema de las partes de un troquel

5.1 FUNCIONAMIENTO DEL TROQUEL

Previo a la enumeración de las placas y elementos que forman un troquel, es necesario detenerse en la explicación de su funcionamiento.

En la posición de reposo se encuentra la banda colocada justo encima de la placa portamatrices mientras que todo el conjunto móvil permanece separado del resto del troquel. Se considera que el troquel está expandido (imagen a).

La distancia comprendida entre la placa portapunzones y la pisadora se denomina carrera de pisado.

Al comienzo del descenso, toda la parte superior baja a la vez siendo la placa pisadora la primera que alcanza la banda, fijándola entre ella y la placa portamatrices para asegurar que las operaciones se realizan con la mayor precisión posible (imagen b). Aunque la placa pisadora se detenga al alcanzar la banda, la placa portapunzones continúa descendiendo hasta llegar a la placa pisadora, mientras tanto, los punzones van perforando la chapa al descender dando la forma requerida en cada operación. Una vez que el movimiento finaliza, el troquel se ha cerrado por completo (imagen c).

Por último, comienza el ascenso. La base superior junto a la placa portapunzones se empiezan a elevar mientras la placa pisadora continúa inmóvil hasta que finaliza la carrera de pisado, es entonces cuando ésta asciende liberando la banda. En el tiempo en el que asciende todo el conjunto superior la

banda describe un movimiento horizontal recorriendo un espacio igual al paso que se determina en el diseño de banda para una vez finalizado, repetir todo el proceso de nuevo.

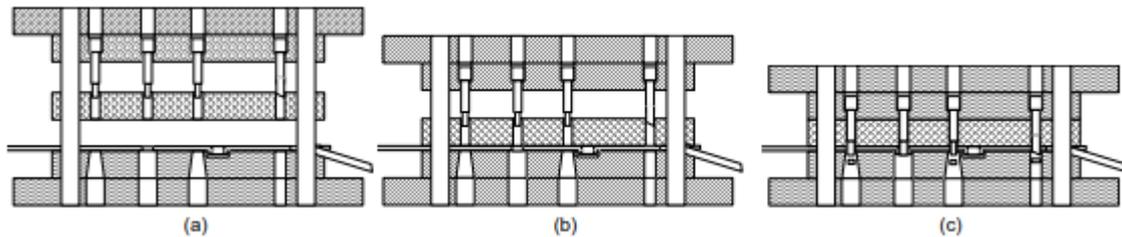


Figura 55 – Etapas de funcionamiento de un troquel progresivo, Cerón Hoyos, J. E. (2013).

5.2 PLACAS DEL TROQUEL

5.2.1 PLACA BASE INFERIOR

Actúa de enlace entre el troquel y la prensa. Al igual que su homóloga superior, es de mayor tamaño que las demás. Para esta placa en cuestión, se han tomado unas dimensiones de 1200 mm de largo, 700 mm de ancho y 70 mm de altura. Es simétrica respecto del eje longitudinal e incorpora unas cavidades de gran tamaño que permiten que el material sobrante producto de las etapas de punzonado y corte pueda ser expulsado correctamente.

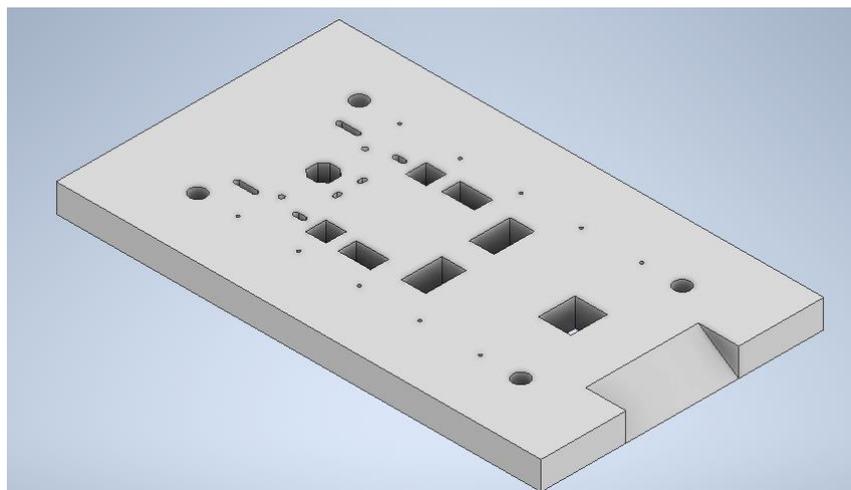


Figura 56- Placa base inferior.

5.2.2 PLACA PORTAMATICES

Como su propio nombre indica, es en esta placa donde se alojan las matrices de todas las etapas pertinentes. Sus dimensiones son algo más pequeñas que la placa anterior: 1000 mm de largo, 600 mm de ancho y una altura de 100 mm. Además de ubicar las matrices aquí, se colocará también una sufridera para cada matriz de un material de mayor dureza que resista mejor los esfuerzos para evitar que sea la propia placa la que los soporte.

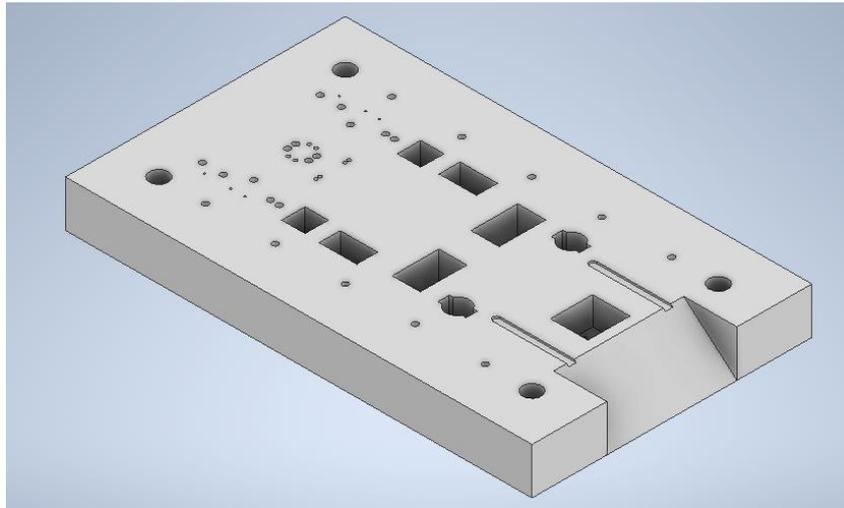


Figura 57 – Placa portamatrices.

5.2.3 PLACA PISADORA

Es la placa que mantiene centrada la banda cuando la parte superior del troquel baja y realiza las operaciones. Además, incorpora agujeros para que los punzones la atraviesen lo que ayuda a evitar que el fenómeno de pandeo se manifieste en ellos. Tiene las mismas dimensiones que la placa portamatrices (1000x700 mm) con la diferencia en este caso de contar con una altura menor, de 35 mm.

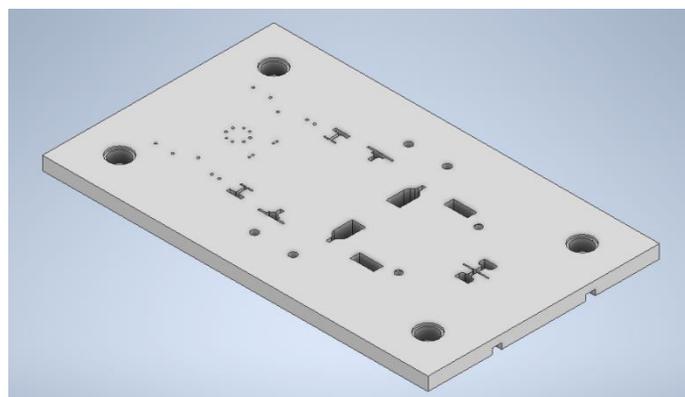


Figura 58 – Placa pisadora.

5.2.4 PLACA PORTAPUNZONES

El cometido de esta placa es el mismo que la placa portamatrices, con la diferencia de que esta placa aloja a los punzones en ella. Las dimensiones que tiene son también iguales salvo por la altura (40 mm).

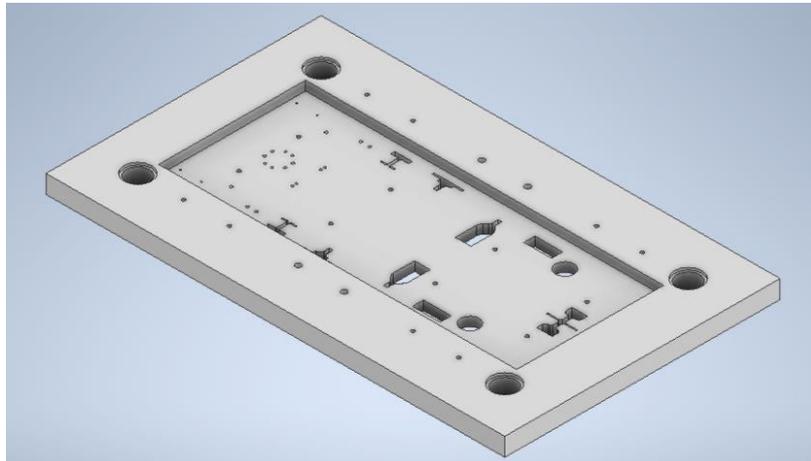


Figura 59 – Placa portapunzones.

A diferencia de la placa portamatrices, ésta incorpora una única sufridera en la que se alojan todos los punzones del troquel, de manera que la placa portapunzones no se resiente durante el proceso de conformado. Las dimensiones de esta sufridera son de 720 mm de largo, 320 mm de ancho y 20 mm de grosor. En la sufridera se han diseñado unas cavidades de 5 mm de profundidad para facilitar el alojamiento de los punzones y su correcto posicionamiento en ella.

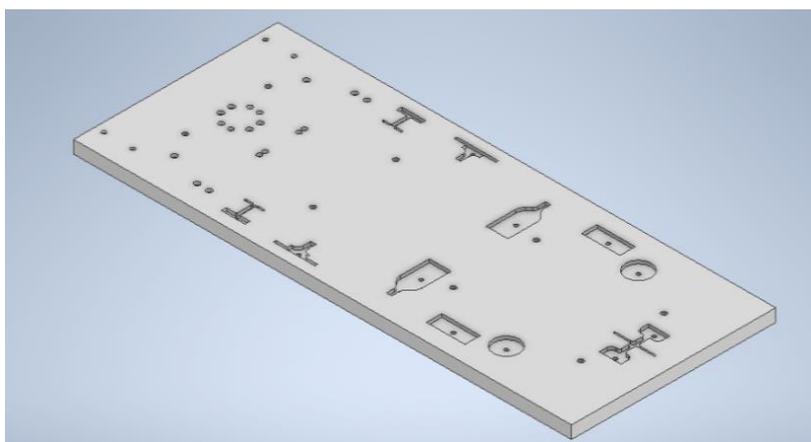


Figura 60 - Placa sufridera portapunzones.

5.2.5 PLACA BASE SUPERIOR

La placa base superior hace de anclaje del conjunto de elementos de la parte móvil por lo que debe incorporar todos los agujeros necesarios para alojar los elementos de unión con el resto de placas. Es, al igual que la inferior, más grande que las demás. Por lo tanto, se emplearán las mismas dimensiones que se usaron en la primera a excepción de la altura (1200x700x40 mm).

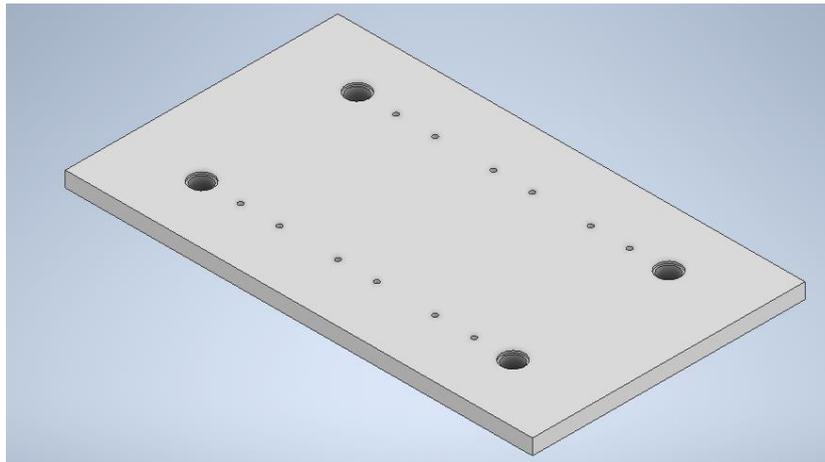


Figura 61 – Placa base superior.

5.3 PUNZONES Y MATRICES DEL TROQUEL

5.3.1 RECORTE DE PERFIL

Para estas etapas de corte tanto los punzones como las matrices se diseñan aparte en vez de tomar elementos comerciales de un catálogo ya que ambos tienen formas irregulares que se adaptan a la forma de la pieza en cuestión.

En el caso de los punzones, basta con que sean diseñados con la forma y medidas exactas del contorno que se desea eliminar, es decir, con la vista en planta de los perímetros que fueron calculados durante el diseño de banda.

Aunque para las matrices el procedimiento es similar, han de tomarse también una serie de consideraciones. Para tener un buen acabado final en el producto y facilitar la entrada del punzón en su matriz correspondiente, es preciso dejar cierto margen en el contorno de éstas. En este caso se va a tomar un 8% del espesor de chapa. Como el del soporte a fabricar es de 2 mm, la holgura final entre punzón y matriz para las etapas de corte será de 0,16 mm.

Además, en la matriz se distinguen dos partes. La primera, denominada vida, es de una altura pequeña respecto al total de la matriz y sus paredes serán completamente rectas. En las paredes de la segunda parte se da una pequeña inclinación con motivo de facilitar el desprendimiento de material innecesario durante el descenso de los punzones.



Figura 62 – Ángulo de inclinación en la matriz bajo la vida de ésta. Rossi, M. (1971).

El valor mínimo de altura de la vida de la matriz debe ser al menos, un 30% del espesor de la chapa. De nuevo, para un espesor de 2 mm, el valor mínimo será de 0,6 mm, pero se va dar finalmente 3 mm de altura para las matrices de corte. Por último, el ángulo de inclinación elegido será de 3° .

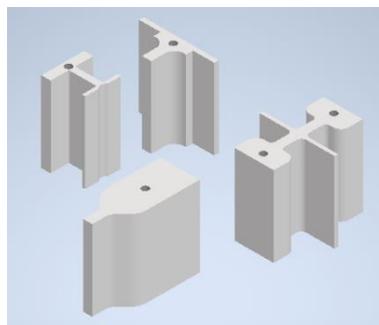


Figura 63 – Punzones de recorte de perfil.

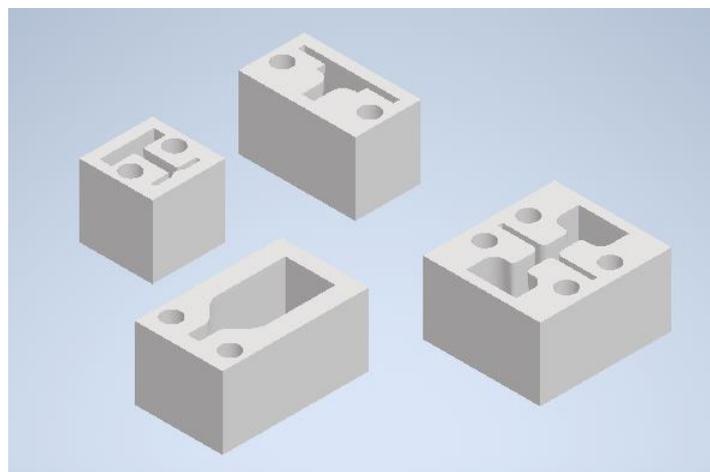


Figura 64 – Matrices de recorte de perfil.

5.3.2 DOBLADO DE PESTAÑAS

En el doblado el procedimiento es muy parecido al corte, con la única diferencia de no suponer pérdida de material, simplemente se altera la forma de la parte de la chapa que se requiere.

Debido a las características del soporte, el doblado ha de hacerse hacia arriba, de manera que el proceso de doblado en este caso es contrario a los demás (punzones descendiendo para perforar la banda metálica).

En este doblado, la matriz se ha diseñado como si fuera un punzón y desde la placa portamatrices es el macho de doblado el que asciende gracias a la ayuda de un cilindro de gas (una vez asentada la matriz en la banda) doblando las pestañas y dándoles la forma deseada mientras asciende.

Cuando la operación termina, el cilindro vuelve a descender, arrastrando con él al punzón de doblado y ocultándolo en la cavidad de la placa portamatrices de manera que la banda pueda avanzar para repetir de nuevo la operación. Se incorpora una sufridera intermedia entre punzón y cilindro.

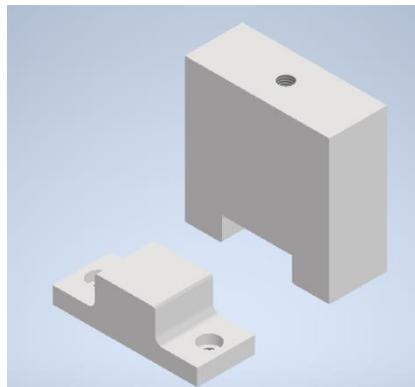


Figura 65 – Útiles de doblado.

El cilindro de gas se ha obtenido de la casa *Tecapres*. Se ha elegido de la serie *Micro* debido a que sus dimensiones reducidas hacen posible que entre en la placa portamatrices ya que el resto de componentes no dan la posibilidad de que el espacio resultante sea muy grande.

Otro factor a tener en cuenta es la fuerza de doblado, en este caso unos 8800 N, por lo tanto, el cilindro elegido debe ser capaz de suministrar como mínimo esa fuerza. El modelo elegido es el MICRO 50x13.1 con una fuerza de 9200 N. Las características se adjuntan en la siguiente ilustración.

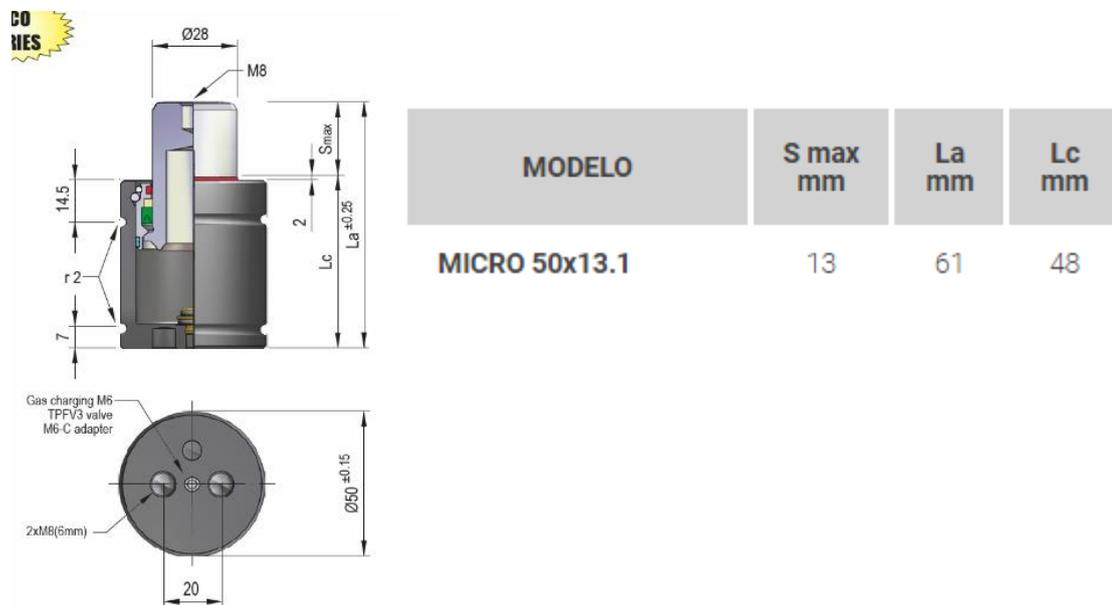


Figura 66 - Características del cilindro de gas. Catálogo TECAPRES (2019).

5.3.3 EMBUTICIÓN

El principio de la embutición es similar al corte con la particularidad de no desprenderse del material, simplemente es deformado.

El punzón de embutición tiene una forma cilíndrica de 40 mm de diámetro y una longitud de 25 mm. Posteriormente se le aplica un cambio de sección de 10 mm y una longitud final de 37 mm con un redondeo de 8 mm en la cara inferior con la forma deseada que se quiere practicar al soporte.

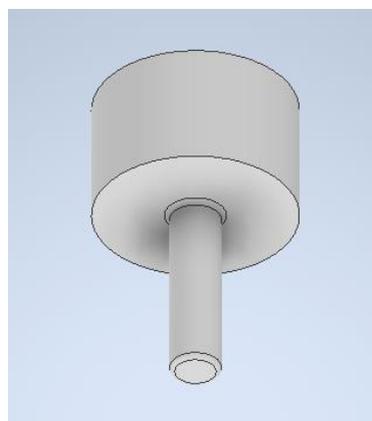


Figura 67 – Punzón de embutición.

5.3.4 PUNZONADO

Para poder practicar todos los agujeros del soporte, se empleará el mismo sistema que para las etapas de recorte de perfil salvando las distancias, ya que se encuentran algunas diferencias.

En el diámetro de la matriz, se debe dejar una holgura al igual que sucedía en el caso anterior, pero con una fórmula diferente:

$$\varnothing_{matriz} = \varnothing_{punzón} + 0,2 \times e$$

Particularizando para los dos tipos de agujeros que se encuentran en el soporte:

Diámetro de la matriz de agujeros de 4 mm:

$$\varnothing_{matriz} = 4 + 0,2 \times 2 = 4,4 \text{ mm}$$

Diámetro de la matriz de agujeros de 2 mm:

$$\varnothing_{matriz} = 2 + 0,2 \times 2 = 2,4 \text{ mm}$$

Una vez que el tamaño que deben tener las matrices se ha determinado, es momento de calcular la longitud máxima admisible para los punzones de manera que éstos no sufran fenómenos de pandeo.

El pandeo es un esfuerzo que se manifiesta en elementos de gran longitud al ser sometidos a fuerzas de compresión. Dichas fuerzas provocan una deformación del elemento en cuestión haciendo que su resistencia disminuya.

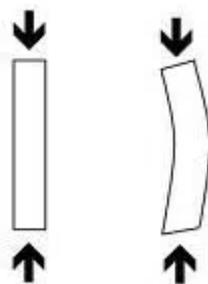


Figura 68 – Fenómeno de pandeo, Definicion.de

Teniendo en cuenta que el valor de la fuerza a la que están sometidos los punzones ya se había determinado, empleando la fórmula a continuación, se puede hallar la longitud máxima que podrán tener de cara a su elección y diseño.

$$L_{max} = \sqrt{\pi^2 \times E \times \frac{I}{F}}$$

Donde:

- E: módulo de elasticidad; E = 210000 MPa
- I: momento de inercia; $I = \pi \times \frac{d^4}{64}$ mm⁴
- F: fuerza de punzonado; F_{4mm} = 13823 N y F_{2mm} = 6911,5 N

La longitud máxima admisible para los agujeros grandes será:

$$L_{max} = \sqrt{\pi^2 \times 210000 \times \pi \times \frac{4^4}{64 \times 13823}} = 43,4 \text{ mm}$$

La longitud máxima para los agujeros pequeños será de:

$$L_{max} = \sqrt{\pi^2 \times 210000 \times \pi \times \frac{2^4}{64 \times 6911,5}} = 15,34 \text{ mm}$$

Estos valores que se han calculado son para un punzón ideal en el que tenga una sección uniforme con esos diámetros. En la práctica, como tienen una cabeza además de cambios de sección, el valor de su longitud total puede ser más alto siempre y cuando la parte del punzón con ese diámetro no supere la longitud que se ha determinado.

Para elegir tanto los punzones como las matrices se ha tomado el catálogo *ROYME* con las características que se describen a continuación:

Los punzones de los agujeros de 4 mm de diámetro son del modelo RPAC, de acero 1.3343 HSS, una dureza en el cuerpo de 62-66 HRV y en el cabezal entre 45-55 HRV, con las siguientes características geométricas:

D = 6 mm

DK = 9 mm

L = 71 mm

L1 = 13 mm

Para los punzones de los agujeros de 2 mm también se ha seleccionado este modelo, pero escogiendo un tamaño menor que cumpla con las exigencias de su longitud máxima. Las medidas son las siguientes:

D = 5 mm

DK = 8 mm

L = 71 mm

L1 = 14 mm

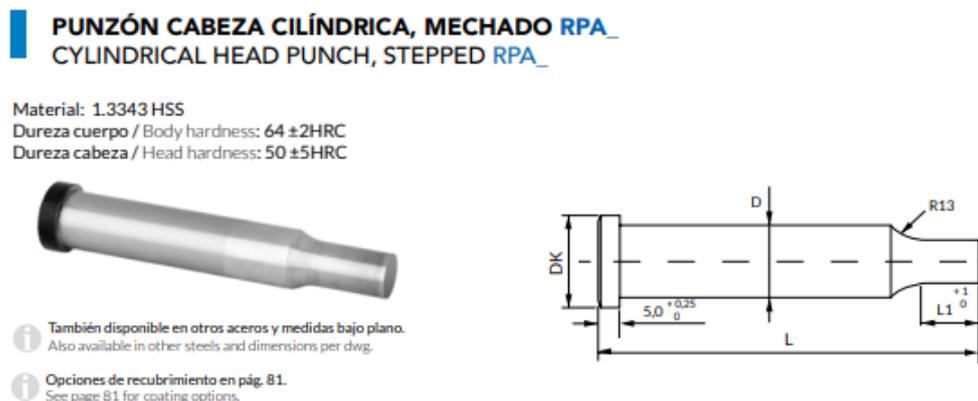


Figura 69 – Punzones para los agujeros del soporte. Catálogo ROYME (2021).

Para las matrices, se han escogido dos modelos diferentes debido a la dificultad a la hora de ser colocadas en la placa portamatrices para la realización de los punzonados en los agujeros pequeños de la parte central del soporte.

Por lo tanto, el modelo elegido para los punzones de 4 mm es el de la matriz con valona salida cónica RMFC, material 1.2379 HWS y una dureza que oscila entre 60 a 64 HRC.

Las características geométricas de dicha matriz son las siguientes:

D = 10 mm

D1 = 13 mm

L = 35 mm

L1 = 4 mm

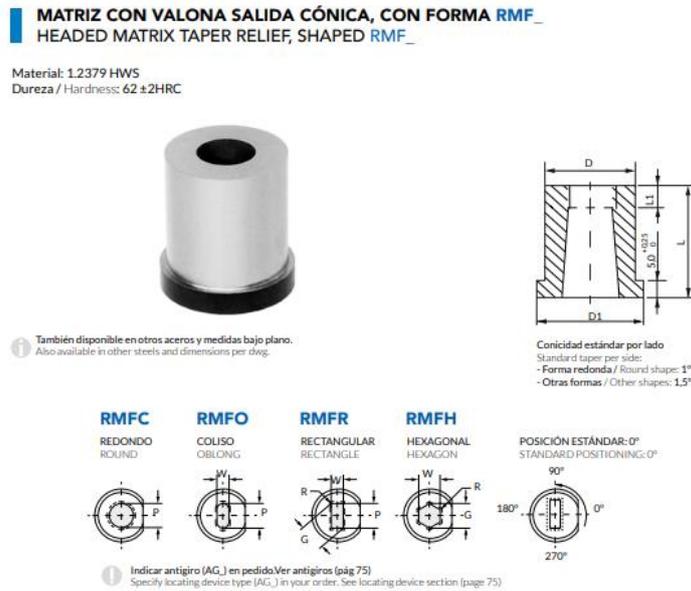


Figura 70 – Modelo RMFC para punzonado de 4 mm. Catálogo ROYME (2021).

Para los agujeros de 2 mm de diámetro, el modelo escogido es el de matriz lisa salida cónica RMEC de mismo material y misma dureza que la matriz anterior. La geometría de dicha matriz es:

$D = 8 \text{ mm}$

$L = 35 \text{ mm}$

$L1 = 4 \text{ mm}$



Figura 71 – Modelo de matriz RMEC para el punzonado de 2 mm. Catálogo ROYME (2021).

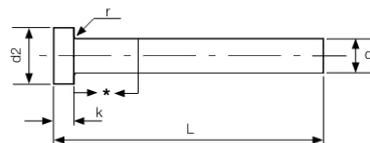
5.4 ELEMENTOS ADICIONALES

5.4.1 CENTRADORES

Mencionados anteriormente durante el diseño de banda, los centradores son un tipo de punzón cuya tarea es fijar la banda previamente a todas las operaciones del troquel para que ésta se mantenga firme y el proceso de conformado sea lo más preciso posible.

Los centradores empleados tienen un diámetro algo menor que el agujero donde se ubican. Como van en los agujeros de las esquinas del soporte, de 4 mm de diámetro, se va a seleccionar un diámetro de 3,5 mm para dejar cierto juego, lo que hace que tanto su entrada como su salida se realice de una manera más sencilla.

Para su fabricación, se ha seleccionado del catálogo *ROYME* el modelo de expulsor nitrurado forma AP DIN 1530 – ISO 6751 con su geometría y medidas



MATERIAL	DUREZA/HARDNESS			Temperatura de trabajo máxima Maximum working temperature
	SUPERFICIE/SURFACE	NÚCLEO/CORE	CABEZA/HEAD	
1.2344	70HRC	40-45HRC	45±5HRC	650°C

Figura 72 – Expulsor nitrurado AP. Catálogo ROYME.

indicadas en la figura a continuación junto a sus propiedades.

A partir de este modelo de centrador, se recorta en función de la longitud que se requiera y se obtiene la pieza final con las siguientes medidas:

$$D2 = 7 \text{ mm}$$

$$D1 = 3,5 \text{ mm}$$

$$R = 0,2 \text{ mm}$$

$$K = 3 \text{ mm}$$

$$L = 71 \text{ mm}$$

5.4.2 GUÍAS DE BANDA

Para asegurar el posicionamiento de la banda sobre la placa portamatrices, además de los centradores se utiliza las guías de banda. Son unas regletas que incorporan un chaflán para ajustar la banda y evitar descentramientos, que inducirían a una falta de precisión en las operaciones, a medida que ésta circula a través del troquel.

Se van a colocar al comienzo del troquel ya que al principio sólo se realizan punzonados tanto para los centradores como para el resto de agujeros, por lo tanto, la geometría de la banda ayuda a un encaje adecuado y no estorba a los punzones de recorte de perfil.

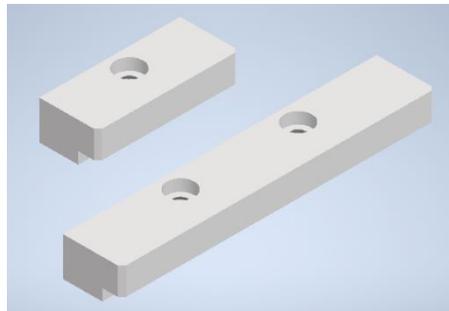


Figura 73 – Guías de banda.

5.4.3 COLUMNAS GUÍA

Las columnas guía son empleadas para mantener un correcto alineamiento entre la parte fija (inferior) y la móvil (superior) del troquel, garantizando un buen rendimiento en las operaciones. Además, permiten el desplazamiento vertical de todo el conjunto superior a través de ellas, por tanto, deben estar hechas de un material con buena resistencia al desgaste, puesto que el rozamiento es continuo.

Para el troquel, se ha elegido dentro del catálogo *ROYME* el modelo de columnas guía CIS, de acero de cementación y una dureza entre 61 y 63 HRC. El resto de características geométricas se indican a continuación:

$D1 = 40 \text{ mm}$

$L1 = 315 \text{ mm}$



Figura 74 – Columna guía CIS. Catálogo ROYME (2021).

Para evitar el desgaste y favorecer una circulación más limpia a través de las placas, en la pisadora, la portapunzones y la placa base superior se han instalado unos casquillos obtenidos del mismo fabricante.

Los casquillos empleados son del modelo autolubricado B de bronce sinterizado y una dureza de 35 HB. Se utilizarán dos tamaños diferentes del mismo modelo: de 35 mm de longitud para la placa pisadora y de 40 mm de longitud para las restantes. Las medidas comunes son las siguientes:

D1 = 40 mm

D2 = 50 mm

D3 = 60 mm

L1 = 5 mm

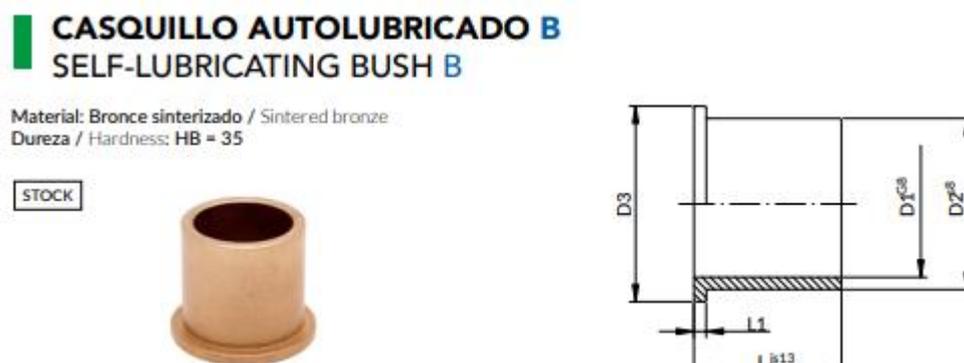


Figura 75 – Casquillo guía. Catálogo ROYME (2021).

5.4.4 MUELLES DE EXTRACCIÓN

En el apartado 5.1 de funcionamiento del troquel, se explica cómo en la última etapa la placa base superior asciende junto a la portapunzones mientras que la placa pisadora tarda más en subir debido al espacio comprendido entre ellas. Para separar del material sobrante los punzones fruto de las operaciones de corte, es necesario el "empuje" de unos muelles colocados entre la placa pisadora y la placa portapunzones.

Estos muelles se encuentran alrededor de un tornillo guía y deben tener una fuerza elástica similar o ligeramente superior para llevar a cabo dicho proceso.

En este caso, se recurre de nuevo a la casa *ROYME* para emplear unos muelles rectangulares, concretamente el modelo de carga híper-fuerte RNW. Se ha escogido este tipo de muelle debido a que, gracias a sus dimensiones, el alojamiento entre placas es bastante fácil ya que no ocupan apenas espacio.

Además, el modelo elegido tiene una fuerza elástica máxima de 6000 N por lo que con cuatro unidades del mismo se consigue una fuerza total de 24000 N, ligeramente superior a la de pisado, unos 238766,6 N. La forma del muelle viene especificada en la ilustración a continuación y sus características geométricas del modelo concreto inmediatamente después.

$$D1 = 19 \text{ mm}$$

$$D2 = 8 \text{ mm}$$

$$B = 5,1 \text{ mm}$$

$$H = 6,5 \text{ mm}$$

$$L = 50 \text{ mm}$$

$$R = 1000 \text{ N/mm}$$

$$\text{Desplazamiento bajo carga máxima} = 6 \text{ mm}$$

$$F_{\text{max}} = 6000 \text{ N}$$

MUELLE RECTANGULAR CARGA HÍPER-FUERTE RNW
HYPER-STRONG LOAD RECTANGULAR SPRINGS RNW

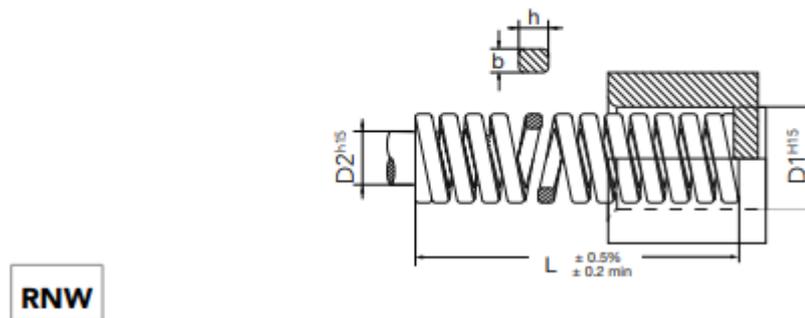


Figura 76 – Muelle rectangular RNW. Catálogo ROYM (2021).

Por último, se ha diseñado un tornillo guía para que el muelle circule a través de él y que une la placa pisadora y el resto del conjunto superior. El tornillo se ha diseñado en base al diseño del tornillo de tope con cabeza plana del catálogo *FIBRO*. Las medidas que se han tomado son las que el propio fabricante proporciona mientras que se ha alterado la longitud a conveniencia para que el muelle entre en el espacio existente entre placas.

D1 = 8 mm

D2 = 6 mm

D3 = 13 mm

L1 = 55 mm

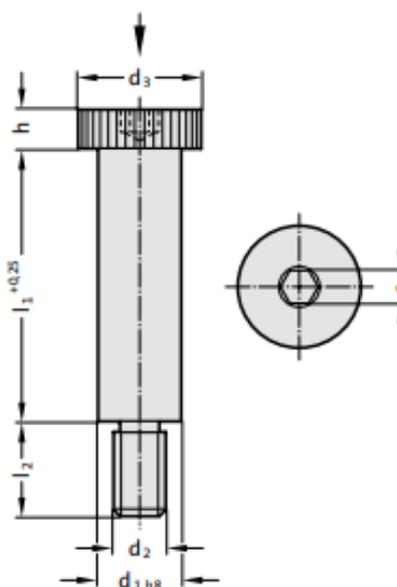


Figura 77 – Cotas del tornillo guía. Catálogo FIBRO (2022).

$L2 = 11 \text{ mm}$

$H = 5,5 \text{ mm}$

$S = 4 \text{ mm}$

5.4.5 RAMPA DE SALIDA

Una vez todas las operaciones han terminado y se practica el corte final para separar a cada pareja de soportes resultantes, se ha mecanizado directamente tanto en la propia placa portamatrices como en la placa base inferior una rampa de salida con motivo de facilitar su la expulsión del producto final del troquel hacia un contenedor de almacenamiento de todos los soportes obtenidos a lo largo de todo el proceso productivo.

5.5 MATERIALES

De todo el conjunto de componentes del troquel que se ha ido enumerando a lo largo de los apartados anteriores, se puede hacer una división de éstos en dos grupos siguiendo el siguiente criterio: los componentes adquiridos por catálogo y los componentes que se han diseñado específicamente para este troquel en cuestión.

En los componentes adquiridos mediante catálogo tanto sus características como su geometría viene dada por el propio fabricante por lo que no se tiene que decidir nada salvo su elección en función de la finalidad que el comprador les quiera dar y a partir de ahí su adquisición en consecuencia.

Sin embargo, para los elementos que han sido diseñados, es preciso que se escoja el material del que posteriormente estarán hechos. En el caso del presente troquel, los tipos de materiales se subdividen en tres nuevos grupos: placas, punzones y matrices, y, por último, sufrideras.

Para la construcción de las placas del troquel se va a emplear el acero A 36 bajo la norma ASTM. La buena relación entre sus propiedades mecánicas (resistencia, soldabilidad) y su precio, además de tener una distribución universal lo cual facilita su adquisición ayuda en decantarse por dicho material.

Entre sus propiedades mecánicas interesa saber su resistencia a tracción, entre 400 y 550 MPa, su límite elástico, de 250 MPa y su dureza Brinell de 120 HB.

C	Si	Mn*	S	P	Cu**
≤ 0.25	≤ 0.40	~	≤ 0.05	≤ 0.04	≥ 0.20

Figura 78 – Composición química del acero A 36, Catálogo METINVEST (2022).

Los punzones y las matrices son, evidentemente, los elementos del troquel que van a estar sometidos a los mayores esfuerzos durante el conformado. Es por ello que se debe elegir un acero con gran dureza y resistencia al desgaste.

El acero elegido es el acero rápido 1.3343 ya que reúne las características demandadas para este tipo de piezas. Su dureza es de hasta 260 HB.

C	Cr	Mo	V	W
0,90	4,10	5,00	1,80	6,20

Figura 79 – Composición química de acero 1.3343, Catálogo BÖHLER (2022).

Por último, para la construcción de las sufrideras, también será necesario un material de altas prestaciones puesto que éstas son las encargadas de recibir la mayor parte de los esfuerzos y que las placas portamatrices y portapunzones no se desgasten rápidamente.

Las sufrideras serán fabricadas de acero 1.2379, un acero bastante común en la matricería. De buena resistencia al desgaste y una dureza que llega hasta los 230 HB tras el tratamiento de recocido.

C	Si	Mn	Cr	Mo	V
1,55	0,30	0,30	11,30	0,75	0,75

Figura 80 – Composición química del acero 1.2379, Catálogo BÖHLER (2022).

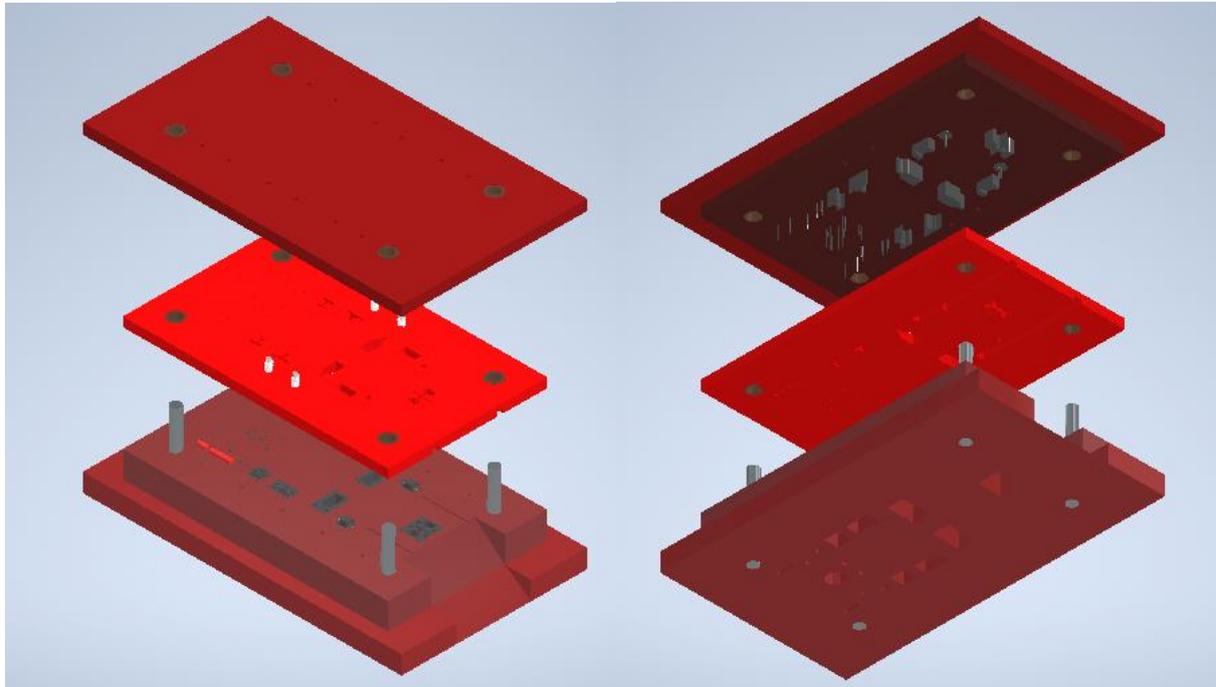


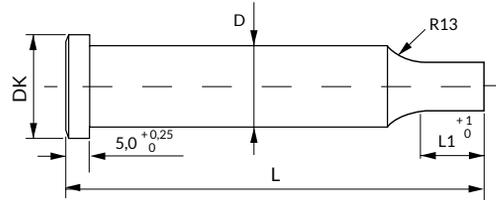
Figura 81 – Troquel final.

ANEXOS

PUNZÓN CABEZA CILÍNDRICA, MECHADO RPA_

CYLINDRICAL HEAD PUNCH, STEPPED RPA_

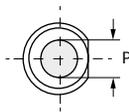
Material: 1.3343 HSS
 Dureza cuerpo / Body hardness: 64 ±2HRC
 Dureza cabeza / Head hardness: 50 ±5HRC



- i** También disponible en otros aceros y medidas bajo plano.
Also available in other steels and dimensions per dwg.
- i** Opciones de recubrimiento en pág. 81.
See page 81 for coating options.

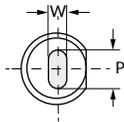
RPAC

REDONDO
ROUND



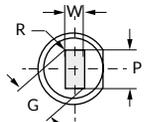
RPAO

COLISO
OBLONG



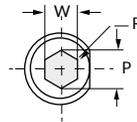
RPAR

RECTANGULAR
RECTANGLE

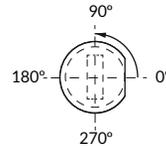


RPAH

HEXAGONAL
HEXAGON



POSICIÓN ESTÁNDAR: 0°
STANDARD POSITIONING: 0°



i Indicar antigiro (AG_) en pedido. Ver antigiros (pág 75)
Specify locating device type (AG_) in your order. See locating device section (page 75)

Norma / Standard: ISO 8020 B

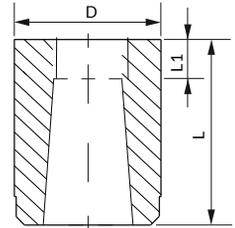
D ^{m5}	Redondo / Round	Forma / Shape		Cabeza / Head		L ^{+0.5} L ₀						L1	
	P	Min W	Max G/P	DK ⁰ -0.25	63	71	80	90	100	110	125	Estándar / Standard	Max.
5	1,60 - 4,99	1,6	5	8	•	•	•	•	•	•	•	13	19
6	1,6 - 4,99	1,6	6	9	•	•	•	•	•	•	•	13	19
8	1,6 - 5,99	2,5	8	11	•	•	•	•	•	•	•	19	25
10	2,5 - 7,99	3,2	10	13	•	•	•	•	•	•	•	19	25
13	3,2 - 9,99	4,5	13	16	•	•	•	•	•	•	•	19	25
16	5 - 12,99	6	16	19	•	•	•	•	•	•	•	19	25
20	10 - 19,99	8	20	23	•	•	•	•	•	•	•	19	25
25	12 - 24,99	9	25	28	•	•	•	•	•	•	•	19	25
32	16 - 31,99	10	32	35	•	•	•	•	•	•	•	25	30
40	30 - 39,99	14	40	43	-	-	•	•	•	•	•	25	30
45	25 - 44,99	10	44,99	48	-	-	•	•	•	•	•	25	30
50	30 - 49,99	12	49,99	53	-	-	•	•	•	•	•	25	30
56	35 - 55,99	13	55,99	59	-	-	•	•	•	•	•	25	30
63	40,00 - 62,99	14	62,99	66	-	-	•	•	•	•	•	25	30

Forma de pedido / How to order:

Indicar / Specify	RPA_	D	L	Mat.	P o PxW	L1	AG_
Ejemplo / Example	RPAC	8	71	HSS	P3,0	L1=20	AG1
Ejemplo / Example	RPAO	13	80	HSS	P12,0 W6,0	L1=17	AG2

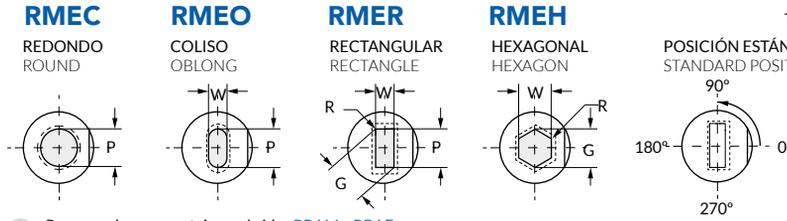
MATRIZ LISA SALIDA CÓNICA, CON FORMA RME_ HEADLESS MATRIX TAPER RELIEF, SHAPED RME_

Material: 1.2379 HWS
Dureza / Hardness: 62 ±2HRC



Conicidad estándar por lado
Standard taper per side:
- Forma redonda / Round shape: 1°
- Otras formas / Other shapes: 1,5°

i También disponible en otros aceros y medidas bajo plano.
Also available in other steels and dimensions per dwg.



- i** Recomendamos montaje con bridas RBAM y RBAF
Recommended assembly with RBAM and RBAF flanges
- i** Indicar antigiro (AG_) en pedido. Ver antigiros (pág 76)
Specify locating device type (AG_) in your order. See locating device section (page 76)

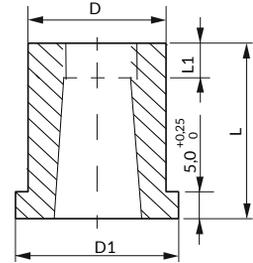
D m5	L1 ^{+1,5} ₀	Redondo / Round		Forma / Shape		L ^{+0,5} ₀						
		P	Min W	Max G/P	20	22	25	28	30	32	35	40
8	4	1,50 - 3,20	1,5	3,2	•	•	•	•	•	•	•	-
10	4	1,6 - 5,0	1,6	5	•	•	•	•	•	•	•	•
13	5	3,0 - 7,20	1,8	7,2	•	•	•	•	•	•	•	•
16	5	5,0 - 8,8	2,5	8,8	•	•	•	•	•	•	•	•
20	5	5,5 - 11,00	3,2	11	•	•	•	•	•	•	•	•
22	6	7,5 - 14,0	4	14	•	•	•	•	•	•	•	•
25	6	9,5 - 16,5	4,8	16,5	•	•	•	•	•	•	•	•
32	6	13,0 - 20,0	5,5	20	•	•	•	•	•	•	•	•
38	8	16,0 - 26,0	6,4	26	•	•	•	•	•	•	•	•
40	8	16,0 - 26,0	6,4	26	•	•	•	•	•	•	•	•
45	8	22,0 - 31,0	7,5	31	-	-	•	•	•	•	•	•
50	8	24,0 - 34,0	8	34	-	-	•	•	•	•	•	•
56	8	26,0 - 38,0	8,5	38	-	-	•	•	•	•	•	•
63	8	30,0 - 43,0	9	43	-	-	•	•	•	•	•	•
71	8	34,0 - 48,0	9,5	48	-	-	•	•	•	•	•	•
76	8	36,0 - 52,0	10	52	-	-	-	-	-	-	•	•
85	8	40,0 - 58,0	11	58	-	-	-	-	-	-	•	•
90	8	43,0 - 61,0	12	61	-	-	-	-	-	-	•	•
100	8	48,0 - 68,0	13	68	-	-	-	-	-	-	•	•

Forma de pedido / How to order:

Indicar / Specify	RME_	D	L	Mat.	P o PxW	AG_
Ejemplo / Example	RMEC	10	20	HWS	P4,0	AG4
Ejemplo / Example	RMEO	32	30	HWS	P15,0 W6,0	AG5

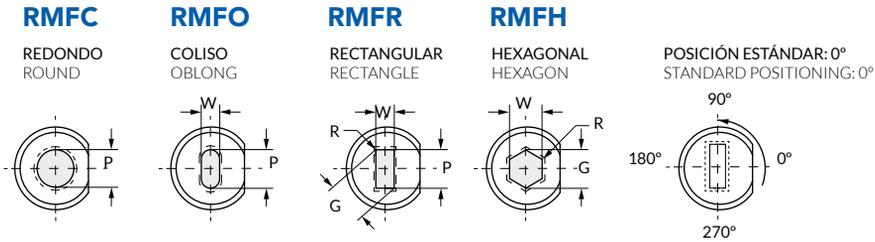
MATRIZ CON VALONA SALIDA CÓNICA, CON FORMA RMF_ HEADED MATRIX TAPER RELIEF, SHAPED RMF_

Material: 1.2379 HWS
Dureza / Hardness: 62 ±2HRC



Conicidad estándar por lado
Standard taper per side:
- Forma redonda / Round shape: 1°
- Otras formas / Other shapes: 1,5°

i También disponible en otros aceros y medidas bajo plano.
Also available in other steels and dimensions per dwg.



i Indicar antigiro (AG_) en pedido. Ver antigiros (pág 75)
Specify locating device type (AG_) in your order. See locating device section (page 75)

D	D1 -0.25	L1	Redondo / Round	Forma / Shape		L +0.5 / 0								
			P	Min W	Max G/P	20	22	25	28	30	32	35	40	
8	11	4	1,50 - 3,20	1,5	3,2	•	•	•	•	•	•	•	•	-
10	13	4	1,60 - 5,00	1,6	5	•	•	•	•	•	•	•	•	•
13	16	5	1,80 - 7,20	1,8	7,2	•	•	•	•	•	•	•	•	•
16	19	5	5,0 - 8,80	2,5	8,8	•	•	•	•	•	•	•	•	•
20	23	5	5,50 - 11,00	3,2	11	•	•	•	•	•	•	•	•	•
22	25	6	7,50 - 14,00	4	14	•	•	•	•	•	•	•	•	•
25	28	6	9,50 - 16,50	4,8	16,5	•	•	•	•	•	•	•	•	•
32	35	6	13,00 - 20,00	5,5	20	•	•	•	•	•	•	•	•	•
38	41	8	16,00 - 26,00	6,4	26	•	•	•	•	•	•	•	•	•
40	43	8	16,00 - 26,00	6,4	26	•	•	•	•	•	•	•	•	•
45	48	8	22,00 - 31,00	7,5	31	•	•	•	•	•	•	•	•	•

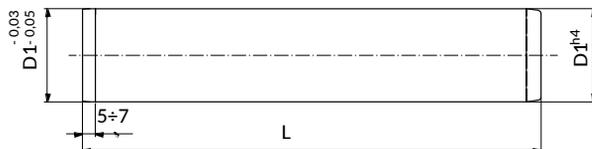
Forma de pedido / How to order:

Indicar / Specify	RMF_	D	L	Mat.	P o PxW	AG_
Ejemplo / Example	RMFC	10	20	HWS	P4,0	AG2
Ejemplo / Example	RMFO	32	30	HWS	P15,0 W6,0	AG3

COLUMNA GUÍA CIS GUIDE PILLAR CIS

Material: Acero Cementación / Case Hardened Steel
Dureza / Hardness: 61-63 HRC

STOCK



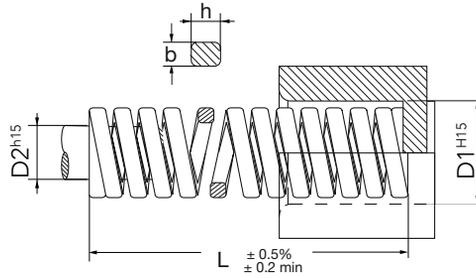
Norma / Standard: DIN 9825 - ISO 9182-2

D1	L																												
	90	100	112	120	125	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	224	230	240	250	260	270	280	300	315	355	400	450	500	
15	•	•	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•
16	•	•	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•
18	-	-	-	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	•	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•	-	•
24	-	-	-	-	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
25	-	-	-	-	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
30	-	-	-	-	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
32	-	-	-	-	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

D1	L																											
	160	170	180	190	200	210	220	224	230	240	250	260	270	280	300	315	320	350	355	360	400	450	500	600	700	800		
38	•	-	•	-	•	-	-	•	-	-	•	-	-	•	-	•	-	-	•	-	•	•	•	-	-	-	-	
40	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-	-	
42	-	•	•	•	•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	•	-	•	•	-	-	•	-	-	-	-	-	-	
48	-	-	-	-	•	-	-	•	-	-	•	-	-	•	-	•	-	-	•	-	•	•	•	-	-	-	-	
50	-	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-	-	
52	-	-	•	•	•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	•	-	•	•	-	-	•	-	-	-	-	-	-	
60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	-	•	-	•	-	-	•	-	•	•	•	•	-	-	-	-	
63	-	-	-	-	•	-	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Forma de pedido: CIS + D1*L
How to order: CIS + D1*L

MUELLE RECTANGULAR CARGA HÍPER-FUERTE RNW
HYPER-STRONG LOAD RECTANGULAR SPRINGS RNW



RNW

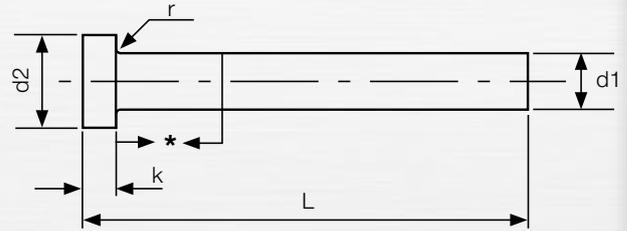
- Carga máxima hasta 6 veces la de la serie extrafuerte (color amarillo).
- Carga máxima hasta 2 veces la de la serie ultra fuerte (color plata). Ideal para cargas extremadamente altas con carreras cortas. Máxima durabilidad en ambientes agresivos con contaminantes y altas temperaturas.
- Maximum force up to 6 times the extra strong springs (ISO yellow color).
- Maximum force over 2 times the ultra strong springs (Special Springs standard silver coulor). Ideal for extremely high loads with small work strokes. Maximum duration in difficult environments with contaminants and high temperatures."

D1	D2	L	R		F
Diámetro del alojamiento Hole diameter	Diámetro de la guía Spring inside diameter	Longitud libre Free length	Constante elástica ±10 Spring constant ±10		max
b x h			±10%		
mm	mm	mm	N/mm	mm	N
16	6,3	20	1818,0	2,2	4000
		35	1000,0	4,0	4000
		50	615,0	6,5	4000
		75	400,0	10,0	4000
4,6 x 5,0		100	286,0	14,0	4000
19	8	25	2400,0	2,5	6000
		40	1333,0	4,5	6000
		50	1000,0	6,0	6000
		75	600,0	10,0	6000
5,1 x 6,5		100	429,0	14,0	6000
25	10	30	4800,0	2,5	12000
		50	2400,0	5,0	12000
		75	1500,0	8,0	12000
		100	1000,0	12,0	12000
6,9 x 9,1		125	857,0	14,0	12000

D1	D2	L	R		F
Diámetro del alojamiento Hole diameter	Diámetro de la guía Spring inside diameter	Longitud libre Free length	Constante elástica ±10 Spring constant ±10		max
b x h			±10%		
mm	mm	mm	N/mm	mm	N
32	12,5	35	6667,0	3,0	20000
		50	3636,0	5,5	20000
		75	2222,0	9,0	20000
		100	1538,0	13,0	20000
9,25 x 10,8		125	1250,0	16,0	20000
10,5 x 12,6		150	1053,0	19,0	20000
38	16	40	7143,0	3,5	25000
		50	5000,0	5,0	25000
		75	2778,0	9,0	25000
		100	1923,0	13,0	25000
10,5 x 12,6		150	1316,0	19,0	25000
10,5 x 12,6		200	926,0	27,0	25000

Forma de pedido: RNW + D1 * L
 How to order: RNW + D1 * L

EXPULSOR NITRURADO PULIDO FORMA "AP" DIN 1530 - ISO 6751
 EJECTOR PIN BRIGHT NITRIDED TYPE "AP" DIN 1530 - ISO 6751

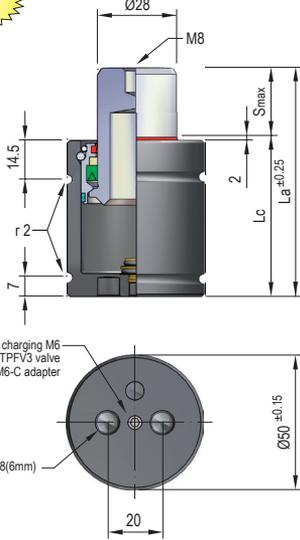


MATERIAL	DUREZA/HARDNESS			Temperatura de trabajo máxima Maximum working temperature
	SUPERFICIE/SURFACE	NÚCLEO/CORE	CABEZA/HEAD	
1.2344	70HRC	40-45HRC	45±5HRC	650°C

- * En los expulsores se admite una desviación de la rugosidad o de la cota d1 en parte de la longitud.
- * A deviation of the surface roughness or diameter d1 over a certain length is permitted for ejector pins.

d1 g6	d2 -0,2	K -0,05	r	L +2											
				100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	3	1,5	0,2	•	•	•	•								
2	4	2	0,2	•	•	•	•	•	•						
2,2	4	2	0,2	•	•	•	•	•	•						
2,5	5	2	0,3	•	•	•	•	•	•						
2,7	5	2	0,3	•	•	•	•	•	•						
3	6	3	0,3	•	•	•	•	•	•	•					
3,2	6	3	0,3	•	•	•	•	•	•	•					
3,5	7	3	0,3	•	•	•	•	•	•	•					
3,7	7	3	0,3	•	•	•	•	•	•	•					
4	8	3	0,3	•	•	•	•	•	•	•	•				
4,2	8	3	0,3	•	•	•	•	•	•	•					
4,5	8	3	0,3	•	•	•	•	•	•	•					
5	10	3	0,3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
5,2	10	3	0,3	•	•	•	•	•	•	•	•				
5,5	10	3	0,3	•	•	•	•	•	•	•	•				
6	12	5	0,5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
6,2	12	5	0,5	•	•	•	•	•	•	•	•				
6,5	12	5	0,5	•	•	•	•	•	•	•	•				
7	12	5	0,5	•	•	•	•	•	•	•	•				
8	14	5	0,5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
8,2	14	5	0,5	•	•	•	•	•	•	•	•				
8,5	14	5	0,5	•	•	•	•	•	•	•	•				
9	14	5	0,5	•	•	•	•	•	•	•	•				
10	16	5	0,5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
10,2	16	5	0,5	•	•	•	•	•	•	•	•				
10,5	16	5	0,5	•	•	•	•	•	•	•	•				
11	16	5	0,8	•	•	•	•	•	•	•	•				
12	18	7	0,8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
12,2	18	7	0,8	•	•	•	•	•	•	•	•				
12,5	18	7	0,8	•	•	•	•	•	•	•	•				
14	22	7	0,8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
16	22	7	0,8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
18	24	7	0,8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
20	26	8	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
25	32	10	1					•	•	•	•	•	•	•	
32	40	10	1					•	•	•	•	•	•	•	
40	50	10	1					•	•	•	•	•	•	•	

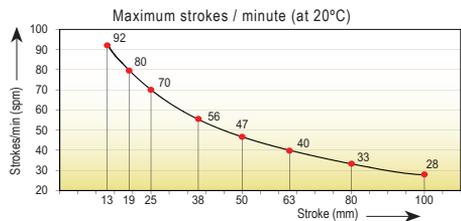
Forma de pedido/ How to order:
 DIN 1530 AP d1 x L



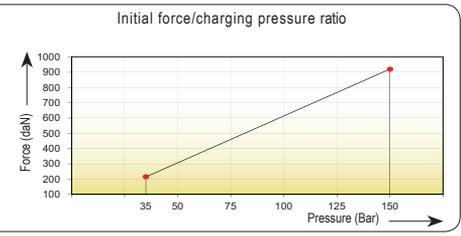
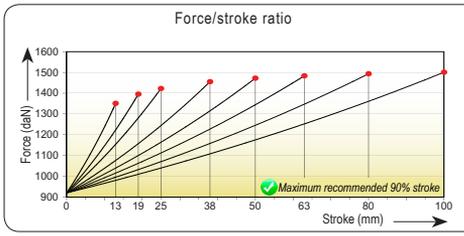
i Pressure medium	Gas Nitrógeno (N₂)
Max. charging pressure	150 Bar
Min. charging pressure	35 Bar
Rod seal area	6,16 cm²
Operating temperature	0°C - 80°C
Force increase by temperature	0,33 %/°C
Max. stem speed	1,6 m/s
Maintenance kit	Kit M50.1



VDI SAFETY



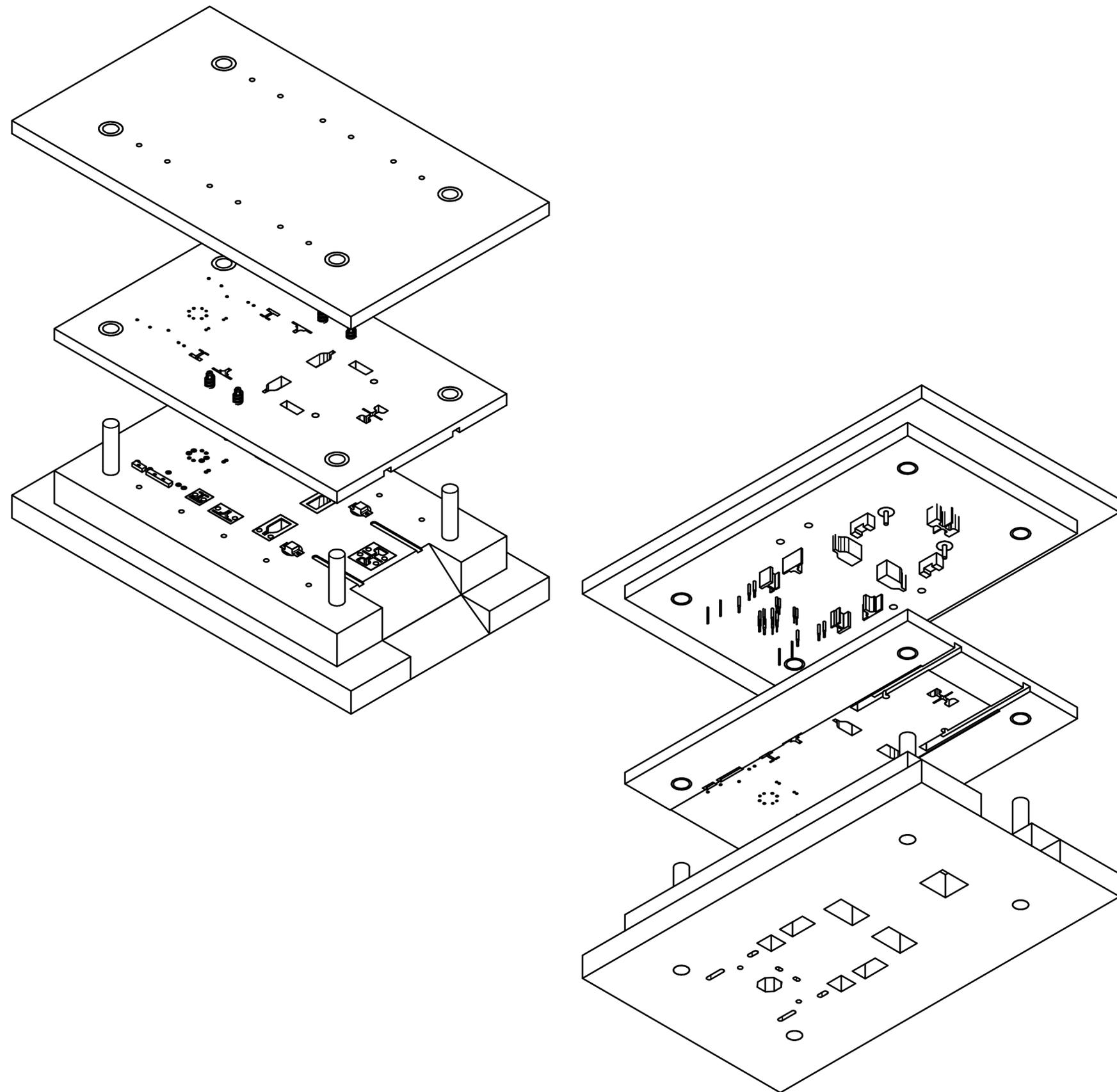
Code	Smax mm	La mm	Lc mm		Fa daN		F daN		Fc daN		P Bar	V l		Kg				
MICRO 50x13.1	13	61	48	920 ±5% (20°C)	1295		1355		1355	150	(20°C)	0,025		0,57				
MICRO 50x19.1	19	73	54												1330	1400	0,034	0,60
MICRO 50x25.1	25	85	60												1355	1430	0,044	0,67
MICRO 50x38.1	38	111	73												1380	1460	0,064	0,79
MICRO 50x50.1	50	135	85												1395	1480	0,082	0,89
MICRO 50x63.1	63	161	98												1405	1490	0,102	1,02
MICRO 50x80.1	80	195	115												1410	1500	0,128	1,18
MICRO 50x100.1	100	235	135												1415	1505	0,159	1,39



- MICRO
- TITAN
- TPH
- TPS
- TPSP
- TPF
- TPK
- TPC
- TPCT
- TPB
- TPR
- TPA
- TPG
- TPSR
- TPSRs
- TPNS
- STOP CYLINDER
- HOT FORMING
- TPHT
- TPSL

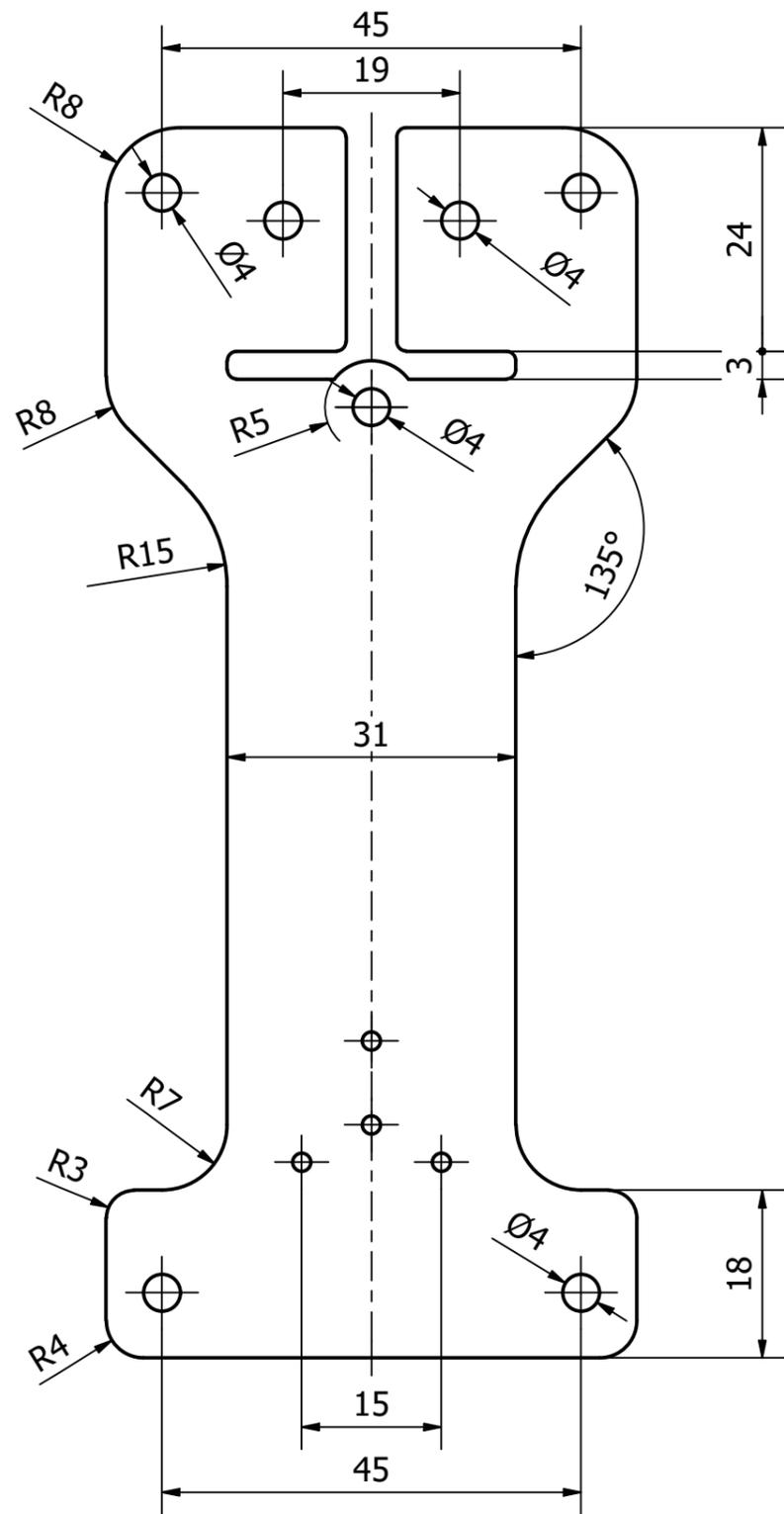
TFGAS 07 01-2018

PLANOS



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Placa base inferior	
2	1	Placa portamatrices	
3	4	Columna guía	
4	14	Matriz punzonado 4mm	
5	8	Matriz punzonado 2mm	
6	2	Guía 1	
7	2	Guía 2	
8	2	Matriz corte 1	
9	2	Sufridera matriz 1	
10	2	Matriz corte 2	
11	2	Sufridera matriz 2	
12	2	Sufridera matriz 3	
13	2	Matriz corte 3	
14	1	Mtariz corte final	
15	1	Sufridera matriz corte final	
16	2	Cilindro de gas	
17	2	Sufridera macho doblado	
18	2	Macho de doblado	
19	4	DIN 84 - M5 x 6	Tornillos de cabeza cilíndrica ranurada
20	6	DIN 84 - M8 x 10	Tornillos de cabeza cilíndrica ranurada
21	6	DIN 84 - M4 x 14	Tornillos de cabeza cilíndrica ranurada
22	16	DIN 84 - M8 x 40	Tornillos de cabeza cilíndrica ranurada
23	10	DIN 84 - M8 x 50	Tornillos de cabeza cilíndrica ranurada
24	1	Placa pisadora	
25	4	Casquillos 35 mm	
26	4	Tornillo guía	
27	1	Sufridera punzones	
28	2	Punzón corte 1	
29	2	Punzón corte 2	
30	2	Herramienta corte 3	
31	1	Punzón corte final	
32	4	Centrador	
33	8	Punzón 2mm	
34	10	Punzón 4mm	
35	2	Matriz de doblado	
36	2	Punzón embutición	
37	1	Placa portapunzones	
38	8	Casquillos 40mm	
39	1	Placa base superior	
40	8	DIN 84 - M8 x 25	Tornillos de cabeza cilíndrica ranurada
41	12	DIN 84 - M6 x 25	Tornillos de cabeza cilíndrica ranurada
42	8	DIN 84 - M8 x 30	Tornillos de cabeza cilíndrica ranurada
43	4	Muelle carga híper-fuerte RNW	

Departamento	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento			
Propietario	UC UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Creado por	Título, Título suplementario	Nº de identificación		
		Modificado por	Troquel progresivo	Rev.	Fecha	Idioma
						Hoja 1 / 1



Tolerancias dimensionales:
ISO 2768-F
Tolerancias geométricas:
ISO 2768-H

Departamento	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento			
Propietario	Creado por	Título, Título suplementario	Nº de identificación			
	Modificado por	Desarrollo plano	Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
						1 / 1

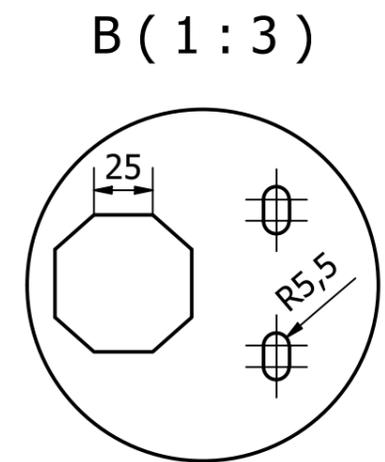
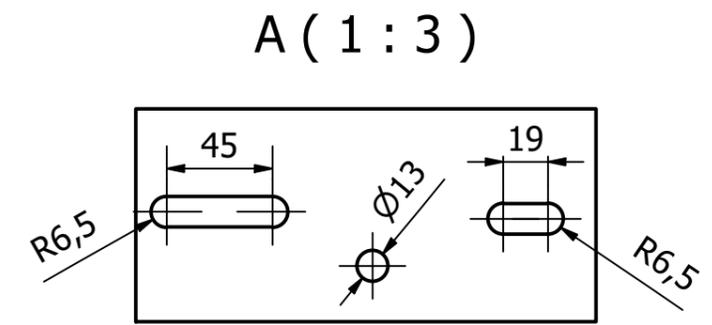
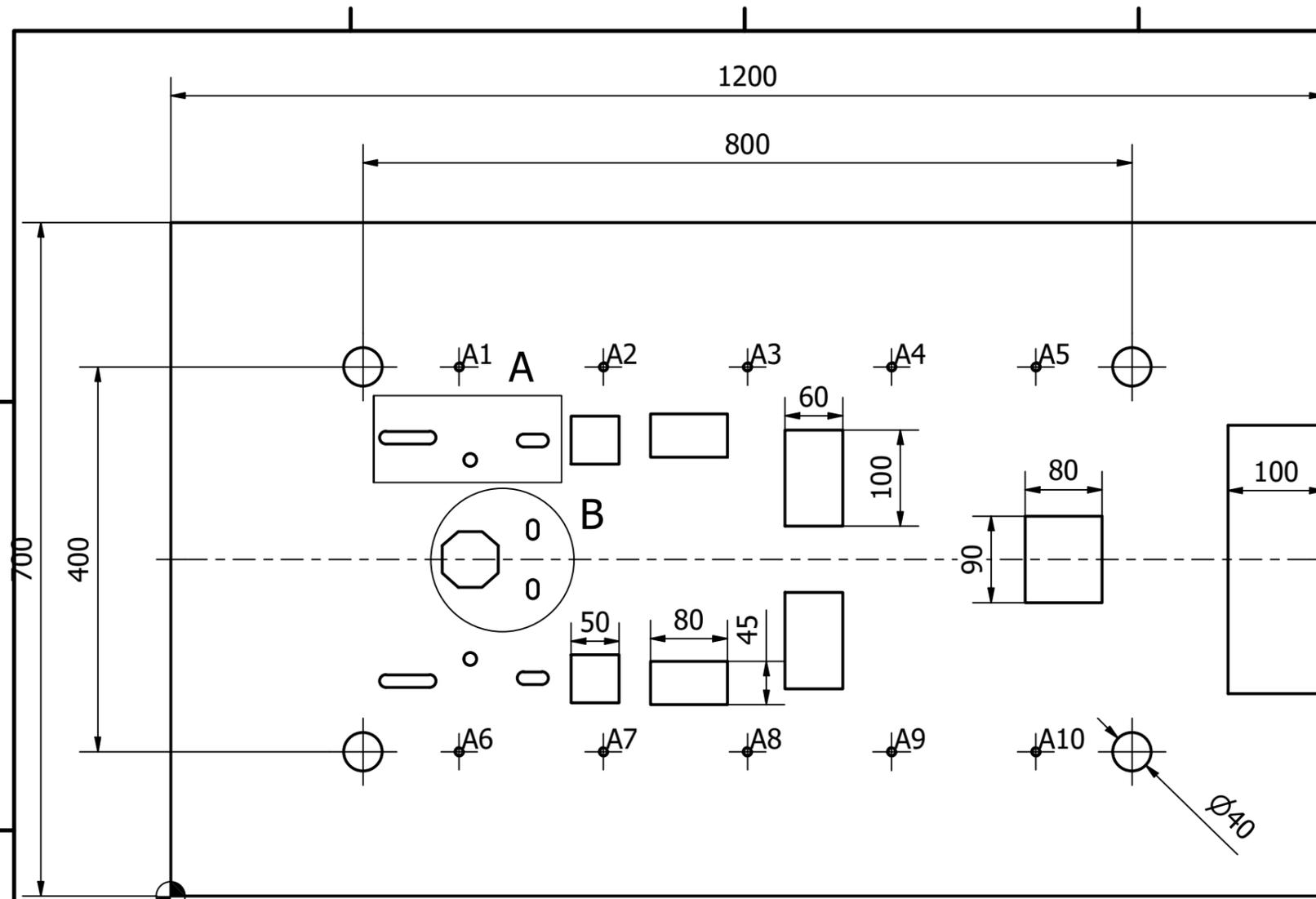
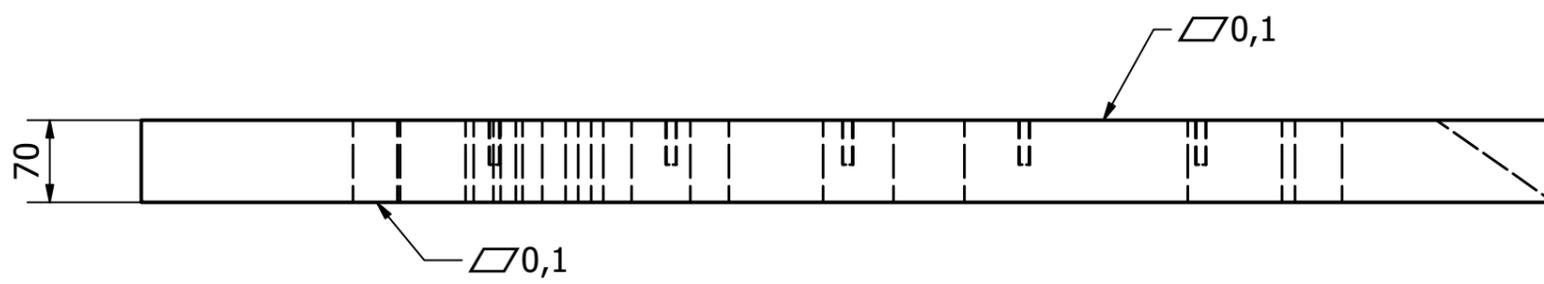


TABLA DE AGUJEROS

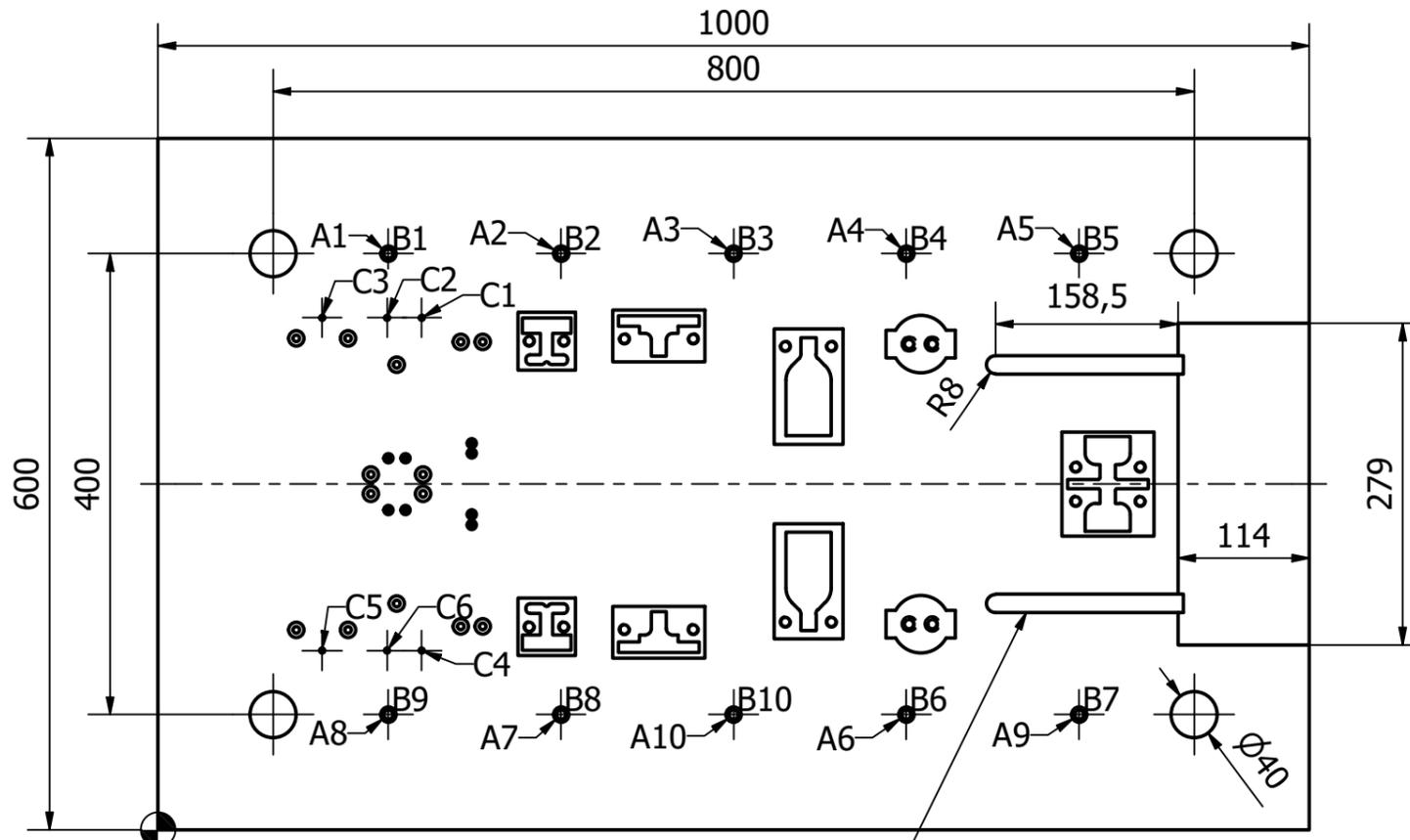
AGUJERO	COTA EN X	COTA EN Y	DESCRIPCIÓN
A1	300,00	550,00	Ø8,00 -38,00 Profundidad
A2	450,00	550,00	Ø8,00 -38,00 Profundidad
A3	600,00	550,00	Ø8,00 -38,00 Profundidad
A4	750,00	550,00	Ø8,00 -38,00 Profundidad
A5	900,00	550,00	Ø8,00 -38,00 Profundidad
A6	300,00	150,00	Ø8,00 -38,00 Profundidad
A7	450,00	150,00	Ø8,00 -38,00 Profundidad
A8	600,00	150,00	Ø8,00 -38,00 Profundidad
A9	750,00	150,00	Ø8,00 -38,00 Profundidad
A10	900,00	150,00	Ø8,00 -38,00 Profundidad



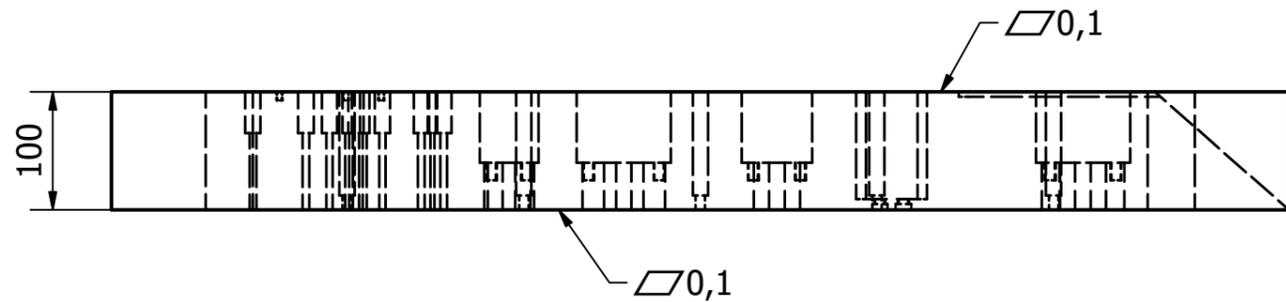
Tolerancias dimensionales:
ISO 2768-F
Tolerancias geométricas:
ISO 2768-H

Departamento	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento			
Propietario	Creado por	Título, Título suplementario	Nº de identificación			
	Modificado por	Placa base inferior	Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
						1 / 1

La profundidad de los huecos para las matrices y sufrideras es de 60 mm, excepto en las de punzonado que es de 35 mm



La profundidad de los canales para la embutición es de 4 mm

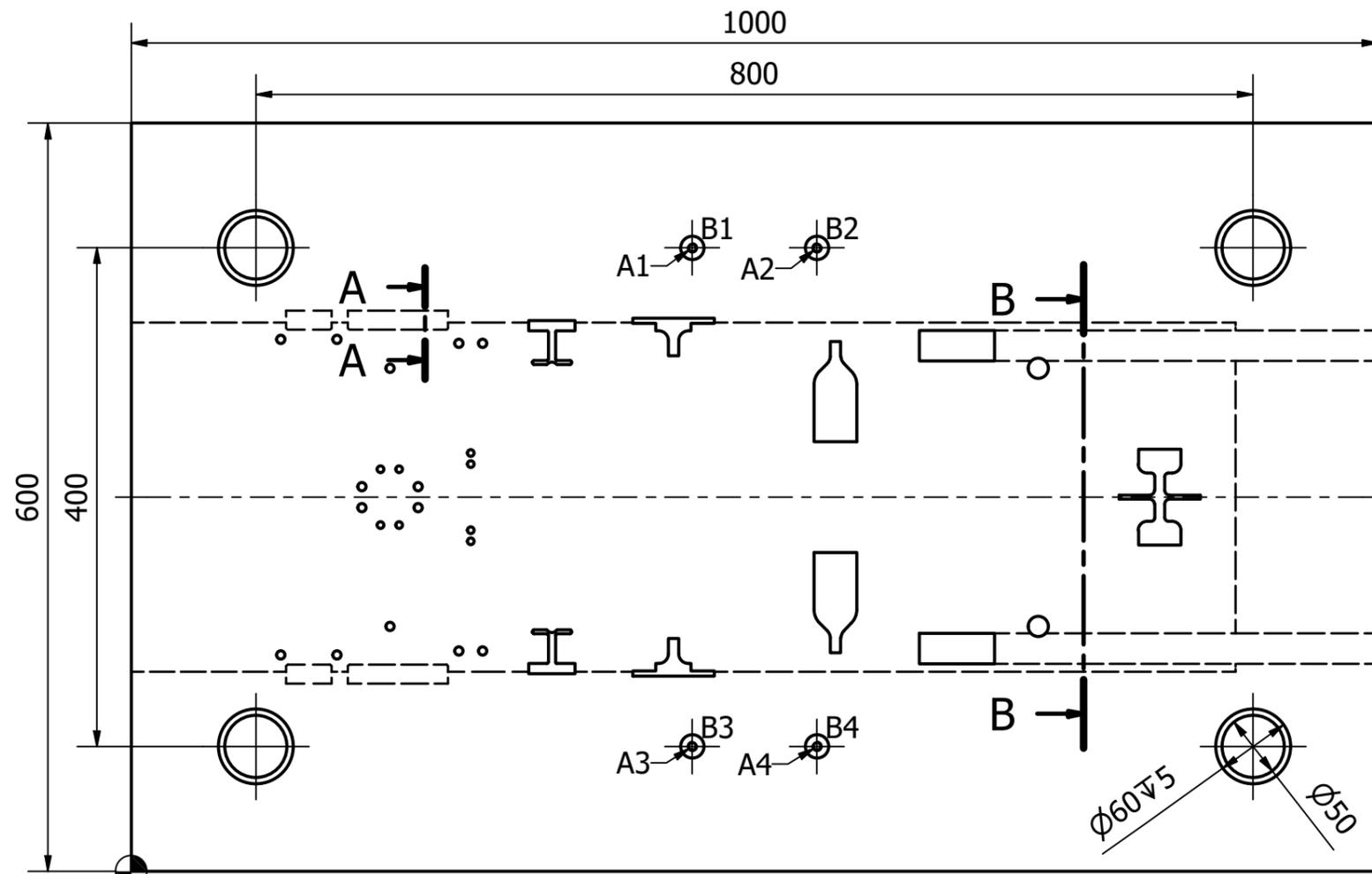


Tolerancias dimensionales:
ISO 2768-F
Tolerancias geométricas:
ISO 2768-H

TABLA DE AGUJEROS

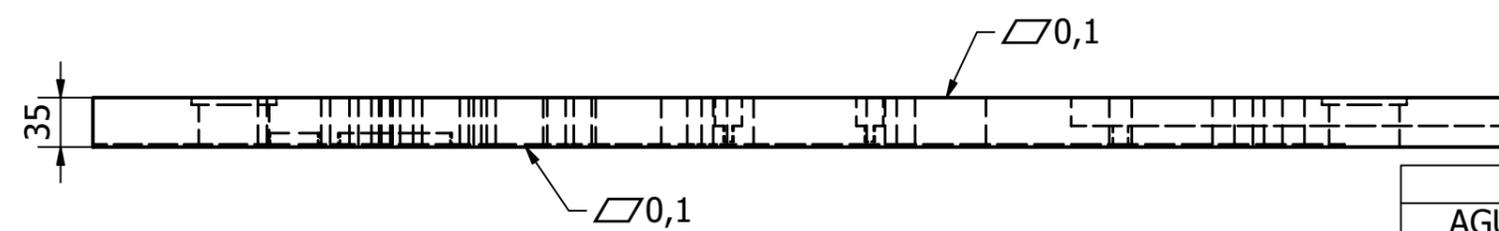
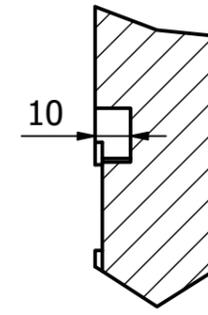
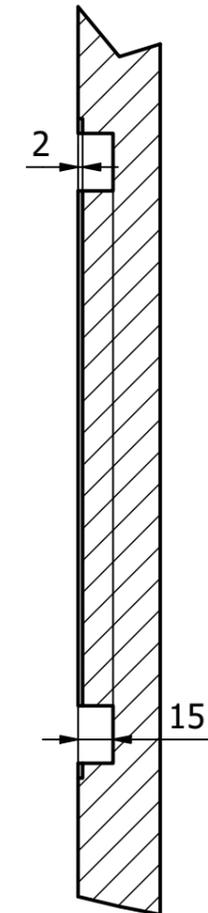
AGUJERO	COTA EN X	COTA EN Y	DESCRIPCIÓN
A1	200,00	500,00	Ø13,00 -88,00 Profundidad
A2	350,00	500,00	Ø13,00 -88,00 Profundidad
A3	500,00	500,00	Ø13,00 -88,00 Profundidad
A4	650,00	500,00	Ø13,00 -88,00 Profundidad
A5	800,00	500,00	Ø13,00 -88,00 Profundidad
A6	650,00	100,00	Ø13,00 -88,00 Profundidad
A7	350,00	100,00	Ø13,00 -88,00 Profundidad
A8	200,00	100,00	Ø13,00 -88,00 Profundidad
A9	800,00	100,00	Ø13,00 -88,00 Profundidad
A10	500,00	100,00	Ø13,00 -88,00 Profundidad
B1	200,00	500,00	Ø8,00 Pasante
B2	350,00	500,00	Ø8,00 Pasante
B3	500,00	500,00	Ø8,00 Pasante
B4	650,00	500,00	Ø8,00 Pasante
B5	800,00	500,00	Ø8,00 Pasante
B6	650,00	100,00	Ø8,00 Pasante
B7	800,00	100,00	Ø8,00 Pasante
B8	350,00	100,00	Ø8,00 Pasante
B9	200,00	100,00	Ø8,00 Pasante
B10	500,00	100,00	Ø8,00 Pasante
C1	229,00	444,50	Ø4,00 -7,00 Profundidad
C2	199,00	444,50	Ø4,00 -7,00 Profundidad
C3	142,50	444,50	Ø4,00 -7,00 Profundidad
C4	229,00	155,50	Ø4,00 -7,00 Profundidad
C5	142,50	155,50	Ø4,00 -7,00 Profundidad
C6	199,00	155,50	Ø4,00 -7,00 Profundidad

Departamento	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento				
Propietario	Creado por	Título, Título suplementario		Nº de identificación			
	Modificado por	Placa portamatrices		Rev.	Fecha	Idioma	
							Hoja
							1 / 1



B-B (1 : 3)

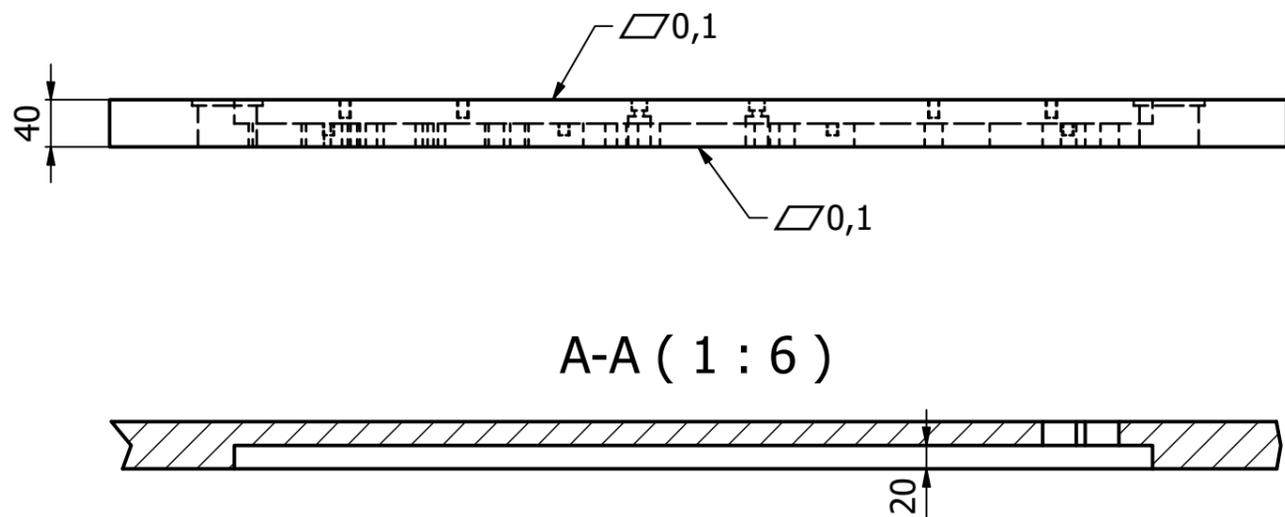
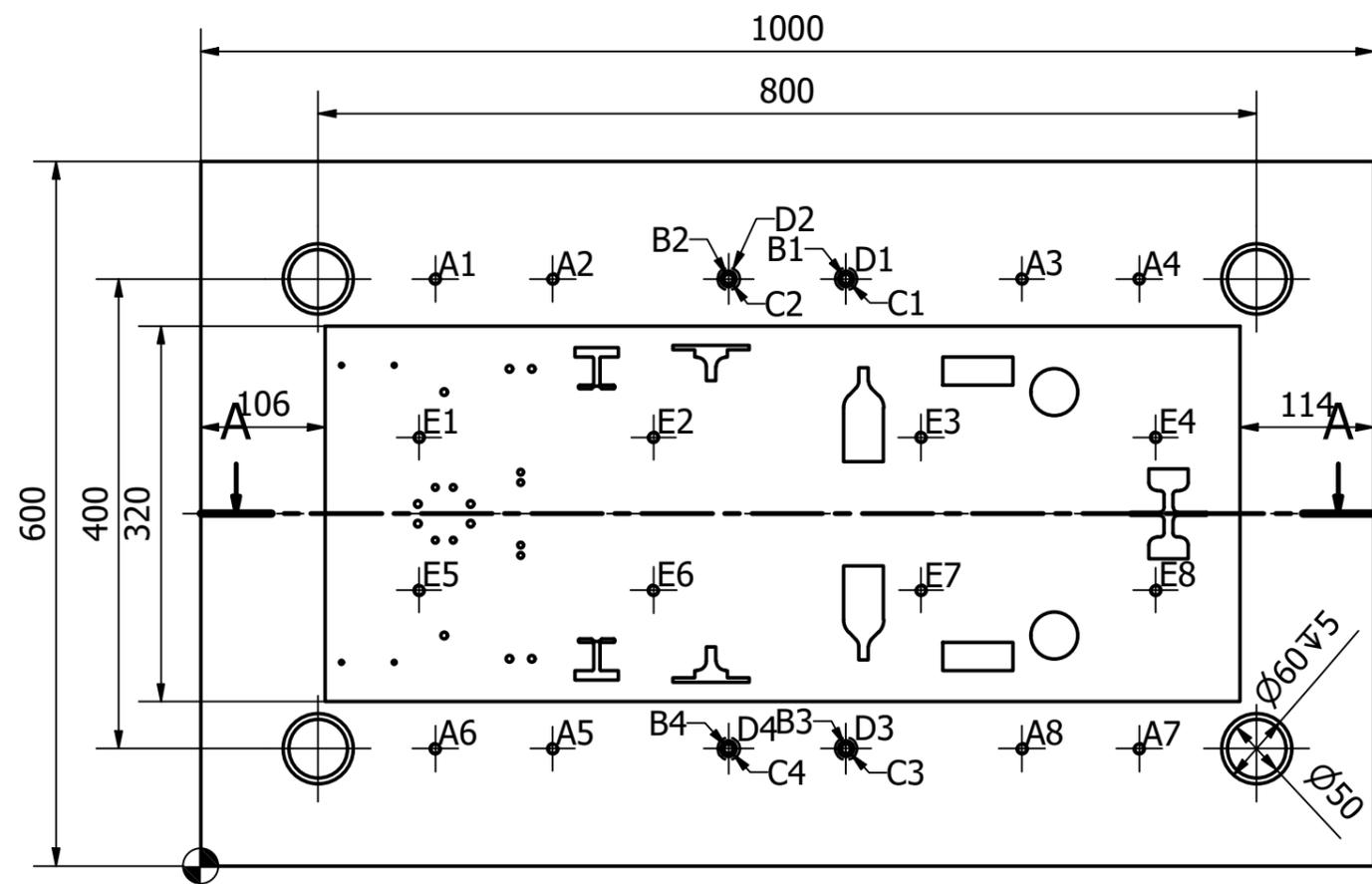
A-A (1 : 2)



Tolerancias dimensionales:
ISO 2768-F
Tolerancias geométricas:
ISO 2768-H

TABLA DE AGUJEROS			
AGUJERO	COTA EN X	COTA EN Y	DESCRIPCIÓN
A1	450,00	500,00	Ø6,00 -11,00 Profundidad
A2	550,00	500,00	Ø6,00 -11,00 Profundidad
A3	450,00	100,00	Ø6,00 -11,00 Profundidad
A4	550,00	100,00	Ø6,00 -11,00 Profundidad
B1	450,00	500,00	Ø19,00 -20,00 Profundidad
B2	550,00	500,00	Ø19,00 -20,00 Profundidad
B3	450,00	100,00	Ø19,00 -20,00 Profundidad
B4	550,00	100,00	Ø19,00 -20,00 Profundidad

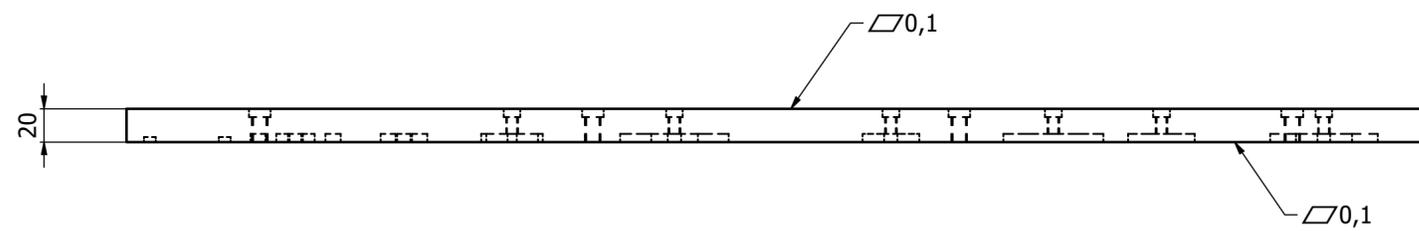
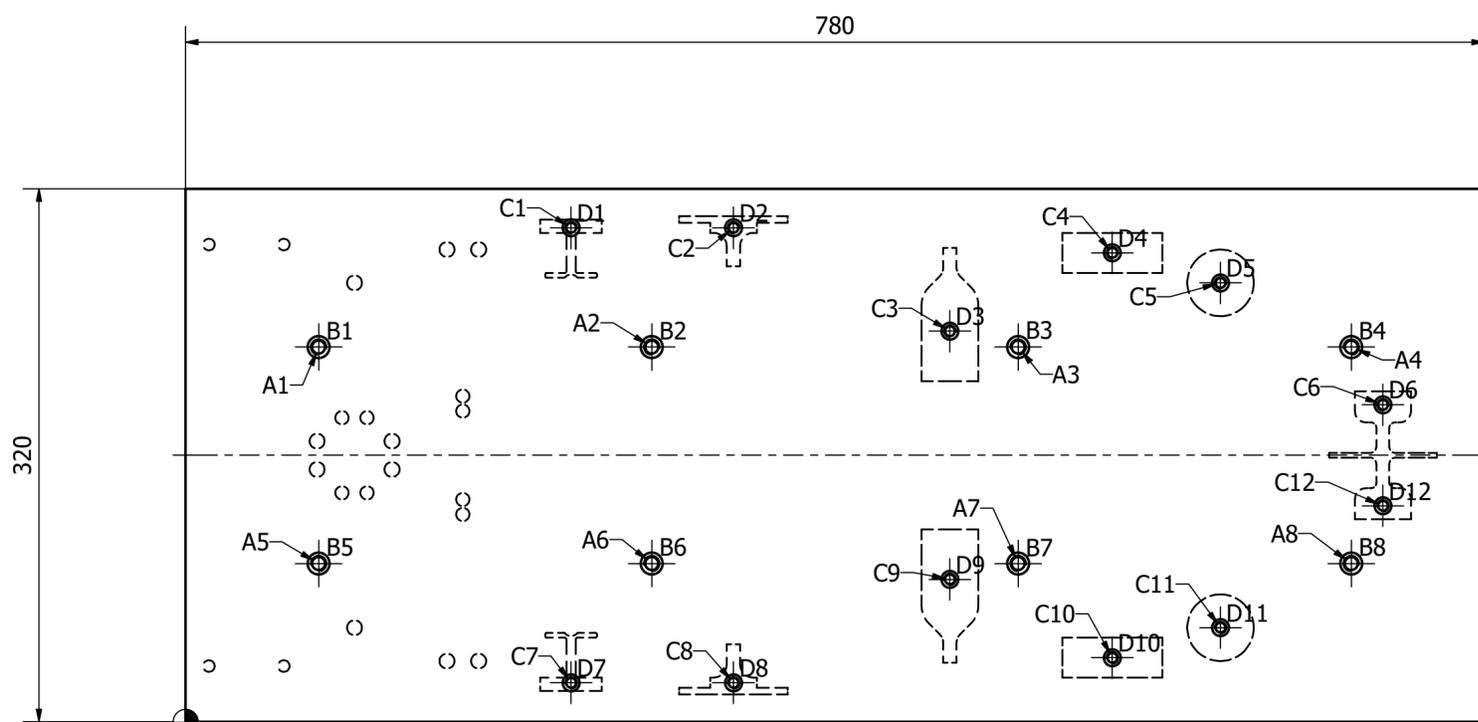
Departamento	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento			
Propietario	UC UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Creado por	Título, Título suplementario		Nº de identificación	
		Modificado por	Placa pisadora		Rev.	Fecha
					Idioma	Hoja
						1 / 1



Tolerancias dimensionales:
ISO 2768-F
Tolerancias geométricas:
ISO 2768-H

TABLA DE AGUJEROS			
AGUJERO	COTA EN X	COTA EN Y	DESCRIPCIÓN
A1	200,00	500,00	Ø8,00 -15,00 Profundidad
A2	300,00	500,00	Ø8,00 -15,00 Profundidad
A3	700,00	500,00	Ø8,00 -15,00 Profundidad
A4	800,00	500,00	Ø8,00 -15,00 Profundidad
A5	300,00	100,00	Ø8,00 -15,00 Profundidad
A6	200,00	100,00	Ø8,00 -15,00 Profundidad
A7	800,00	100,00	Ø8,00 -15,00 Profundidad
A8	700,00	100,00	Ø8,00 -15,00 Profundidad
B1	550,00	500,00	Ø8,00 Pasante
B2	450,00	500,00	Ø8,00 Pasante
B3	550,00	100,00	Ø8,00 Pasante
B4	450,00	100,00	Ø8,00 Pasante
C1	550,00	500,00	Ø13,00 -9,00 Profundidad
C2	450,00	500,00	Ø13,00 -9,00 Profundidad
C3	550,00	100,00	Ø13,00 -9,00 Profundidad
C4	450,00	100,00	Ø13,00 -9,00 Profundidad
D1	550,00	500,00	Ø19,00 -26,00 Profundidad
D2	450,00	500,00	Ø19,00 -26,00 Profundidad
D3	550,00	100,00	Ø19,00 -26,00 Profundidad
D4	450,00	100,00	Ø19,00 -26,00 Profundidad
E1	186,00	365,00	Ø8,00 -10,00 Profundidad
E2	386,00	365,00	Ø8,00 -10,00 Profundidad
E3	614,00	365,00	Ø8,00 -10,00 Profundidad
E4	814,00	365,00	Ø8,00 -10,00 Profundidad
E5	186,00	235,00	Ø8,00 -10,00 Profundidad
E6	386,00	235,00	Ø8,00 -10,00 Profundidad
E7	614,00	235,00	Ø8,00 -10,00 Profundidad
E8	814,00	235,00	Ø8,00 -10,00 Profundidad

Departamento	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento			
Propietario	UC UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Modificado por	Título, Título suplementario		Nº de identificación	
			Placa portapunzones		Rev.	Fecha
					Idioma	Hoja
						1 / 1



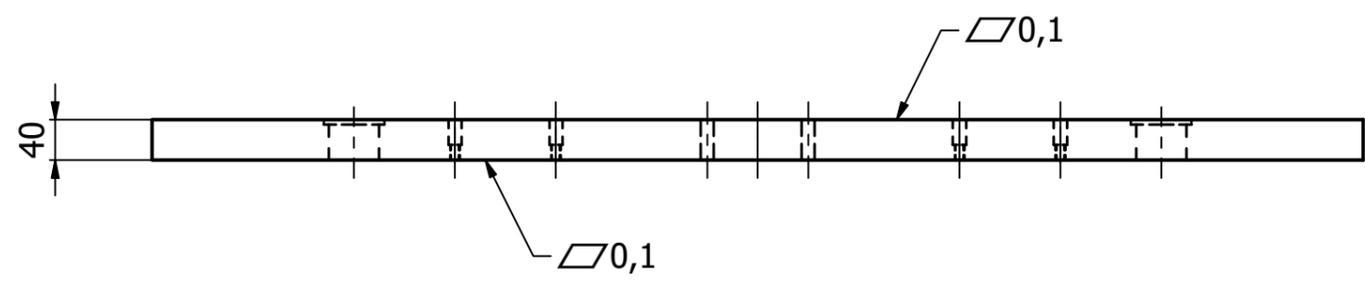
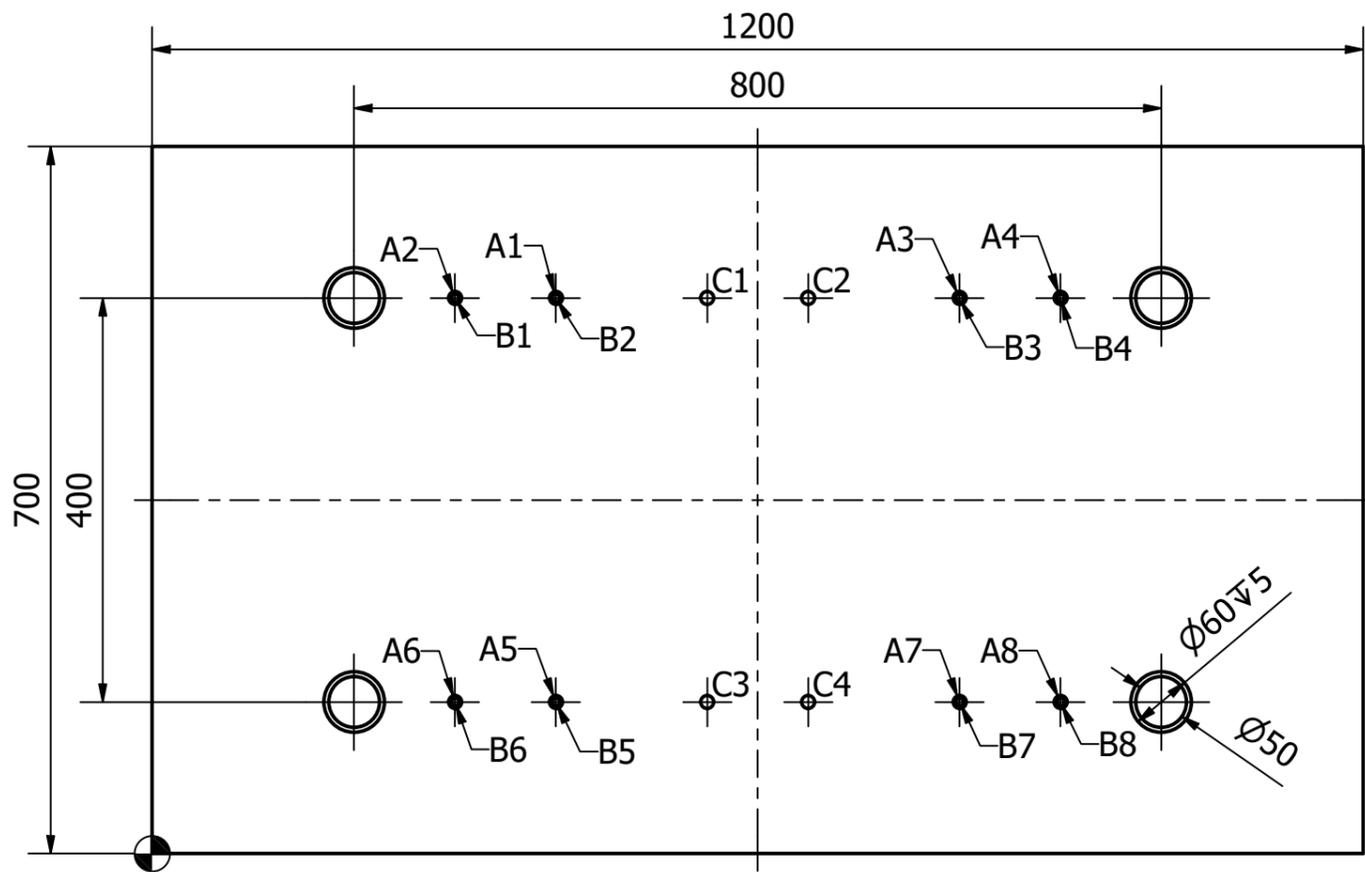
La profundidad del hueco para los punzones es de 5 mm

Tolerancias dimensionales:
ISO 2768-F
Tolerancias geométricas:
ISO 2768-H

TABLA DE AGUJEROS

AGUJERO	COTA EN X	COTA EN Y	DESCRIPCIÓN
A1	80,00	225,00	Ø8,00 Pasante
A2	280,00	225,00	Ø8,00 Pasante
A3	500,00	225,00	Ø8,00 Pasante
A4	700,00	225,00	Ø8,00 Pasante
A5	80,00	95,00	Ø8,00 Pasante
A6	280,00	95,00	Ø8,00 Pasante
A7	500,00	95,00	Ø8,00 Pasante
A8	700,00	95,00	Ø8,00 Pasante
B1	80,00	225,00	Ø13,00 -5,00 Profundidad
B2	280,00	225,00	Ø13,00 -5,00 Profundidad
B3	500,00	225,00	Ø13,00 -5,00 Profundidad
B4	700,00	225,00	Ø13,00 -5,00 Profundidad
B5	80,00	95,00	Ø13,00 -5,00 Profundidad
B6	280,00	95,00	Ø13,00 -5,00 Profundidad
B7	500,00	95,00	Ø13,00 -5,00 Profundidad
B8	700,00	95,00	Ø13,00 -5,00 Profundidad
C1	231,50	296,50	Ø6,00 Pasante
C2	329,00	296,50	Ø6,00 Pasante
C3	459,00	234,50	Ø6,00 Pasante
C4	556,50	281,50	Ø6,00 Pasante
C5	621,50	263,50	Ø6,00 Pasante
C6	718,99	190,34	Ø6,00 Pasante
C7	231,50	23,50	Ø6,00 Pasante
C8	329,00	23,50	Ø6,00 Pasante
C9	459,00	85,50	Ø6,00 Pasante
C10	556,50	38,50	Ø6,00 Pasante
C11	621,50	56,50	Ø6,00 Pasante
C12	718,99	129,66	Ø6,00 Pasante
D1	231,50	296,50	Ø10,00 -5,00 Profundidad
D2	329,00	296,50	Ø10,00 -5,00 Profundidad
D3	459,00	234,50	Ø10,00 -5,00 Profundidad
D4	556,50	281,50	Ø10,00 -5,00 Profundidad
D5	621,50	263,50	Ø10,00 -5,00 Profundidad
D6	718,99	190,34	Ø10,00 -5,00 Profundidad
D7	231,50	23,50	Ø10,00 -5,00 Profundidad
D8	329,00	23,50	Ø10,00 -5,00 Profundidad
D9	459,00	85,50	Ø10,00 -5,00 Profundidad
D10	556,50	38,50	Ø10,00 -5,00 Profundidad
D11	621,50	56,50	Ø10,00 -5,00 Profundidad
D12	718,99	129,66	Ø10,00 -5,00 Profundidad

Departamento	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento			
Propietario	Creado por	Título, Título suplementario	Nº de identificación			
	Modificado por	Sufridera portapunzones	Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
						1 / 1

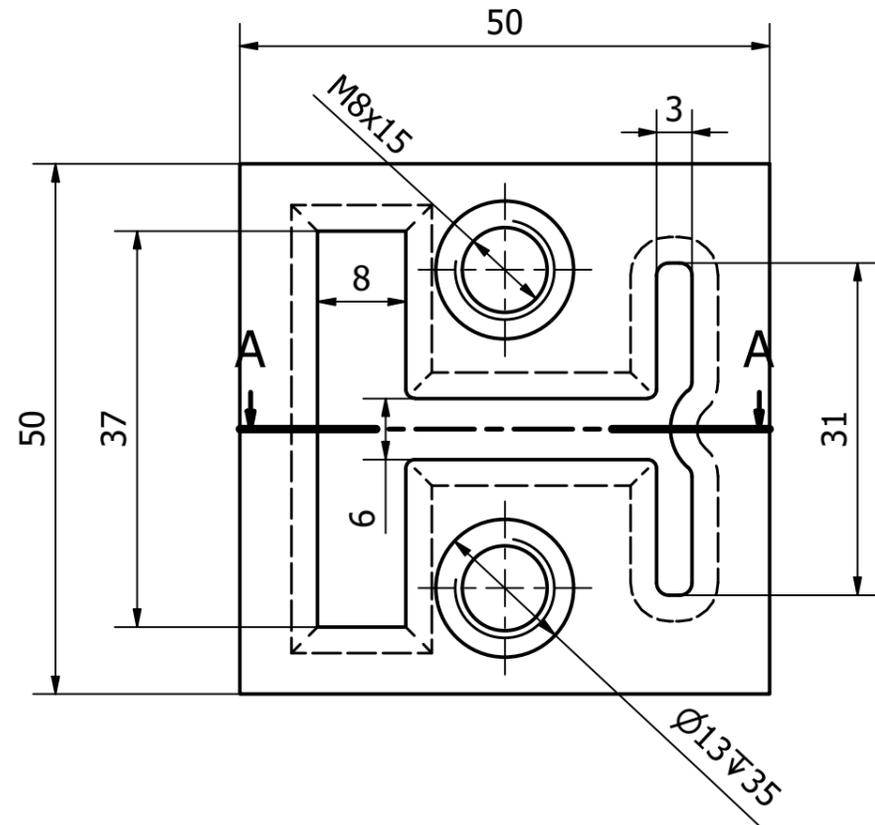


Tolerancias dimensionales:
ISO 2768-F
Tolerancias geométricas:
ISO 2768-H

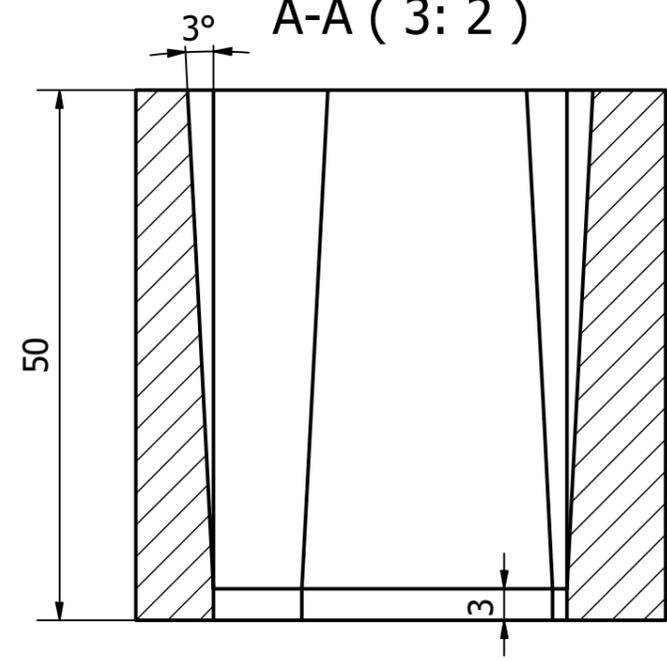
TABLA DE AGUJEROS			
AGUJERO	COTA EN X	COTA EN Y	DESCRIPCIÓN
A1	400,00	550,00	Ø13,00 -25,00 Profundidad
A2	300,00	550,00	Ø13,00 -25,00 Profundidad
A3	800,00	550,00	Ø13,00 -25,00 Profundidad
A4	900,00	550,00	Ø13,00 -25,00 Profundidad
A5	400,00	150,00	Ø13,00 -25,00 Profundidad
A6	300,00	150,00	Ø13,00 -25,00 Profundidad
A7	800,00	150,00	Ø13,00 -25,00 Profundidad
A8	900,00	150,00	Ø13,00 -25,00 Profundidad
B1	300,00	550,00	Ø8,00 Pasante
B2	400,00	550,00	Ø8,00 Pasante
B3	800,00	550,00	Ø8,00 Pasante
B4	900,00	550,00	Ø8,00 Pasante
B5	400,00	150,00	Ø8,00 Pasante
B6	300,00	150,00	Ø8,00 Pasante
B7	800,00	150,00	Ø8,00 Pasante
B8	900,00	150,00	Ø8,00 Pasante
C1	550,00	550,00	Ø13,00 Pasante
C2	650,00	550,00	Ø13,00 Pasante
C3	550,00	150,00	Ø13,00 Pasante
C4	650,00	150,00	Ø13,00 Pasante

Departamento	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento			
Propietario	Creado por	Título, Título suplementario	Nº de identificación			
	Modificado por	Placa base superior	Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
						1 / 1

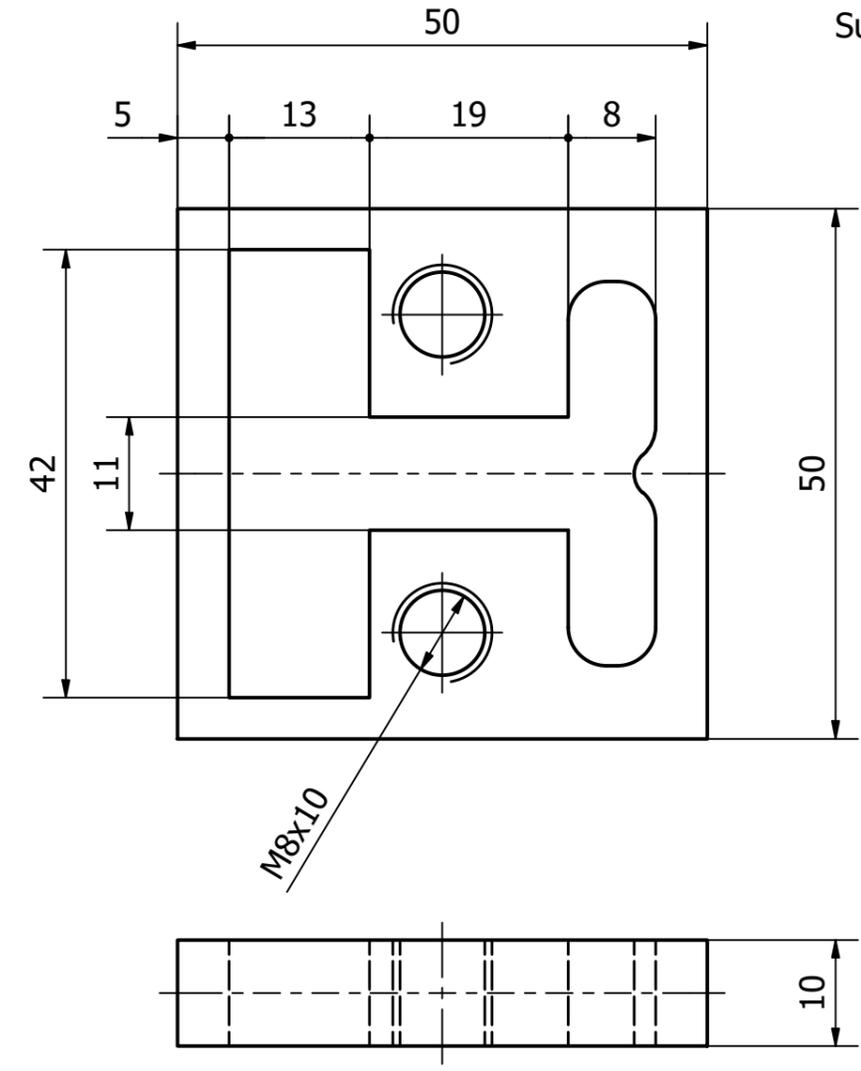
Matriz



A-A (3: 2)



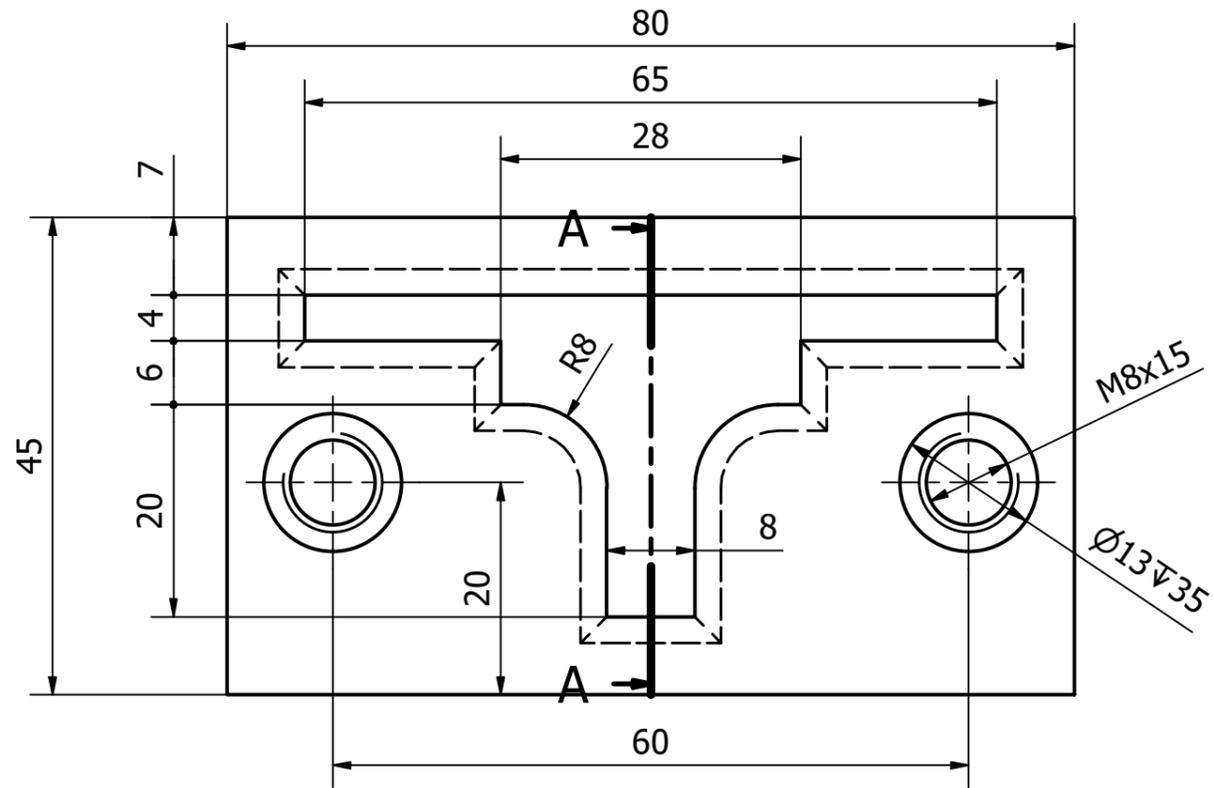
Sufridera



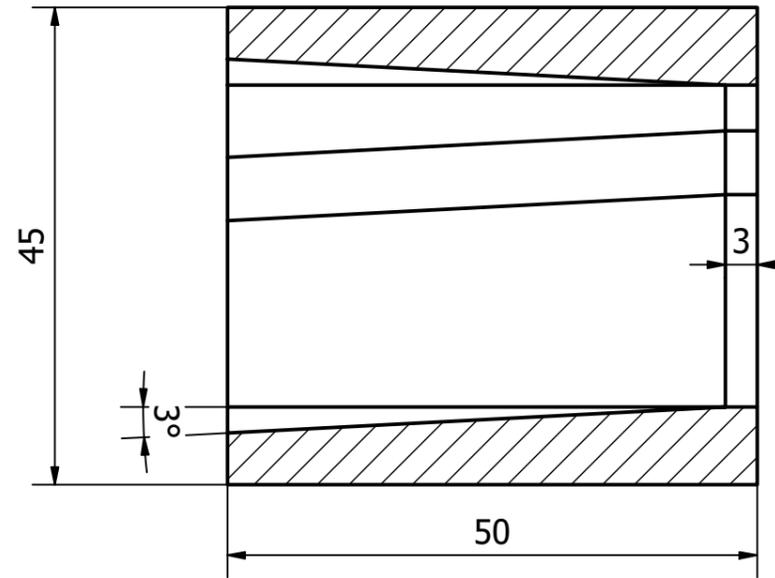
Tolerancias dimensionales:
ISO 2768-F
Tolerancias geométricas:
ISO 2768-H

Departamento	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento			
Propietario 	Creado por	Título, Título suplementario	Nº de identificación			
	Modificado por		Matriz y sufridera primer corte	Rev.	Fecha	Idioma
						1 / 1

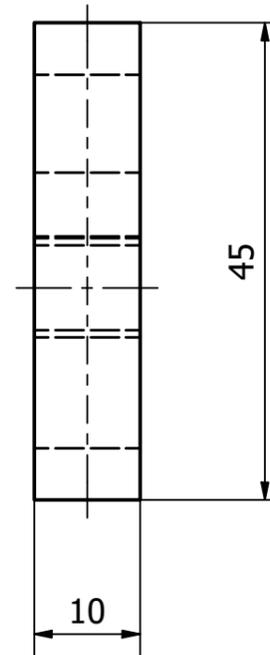
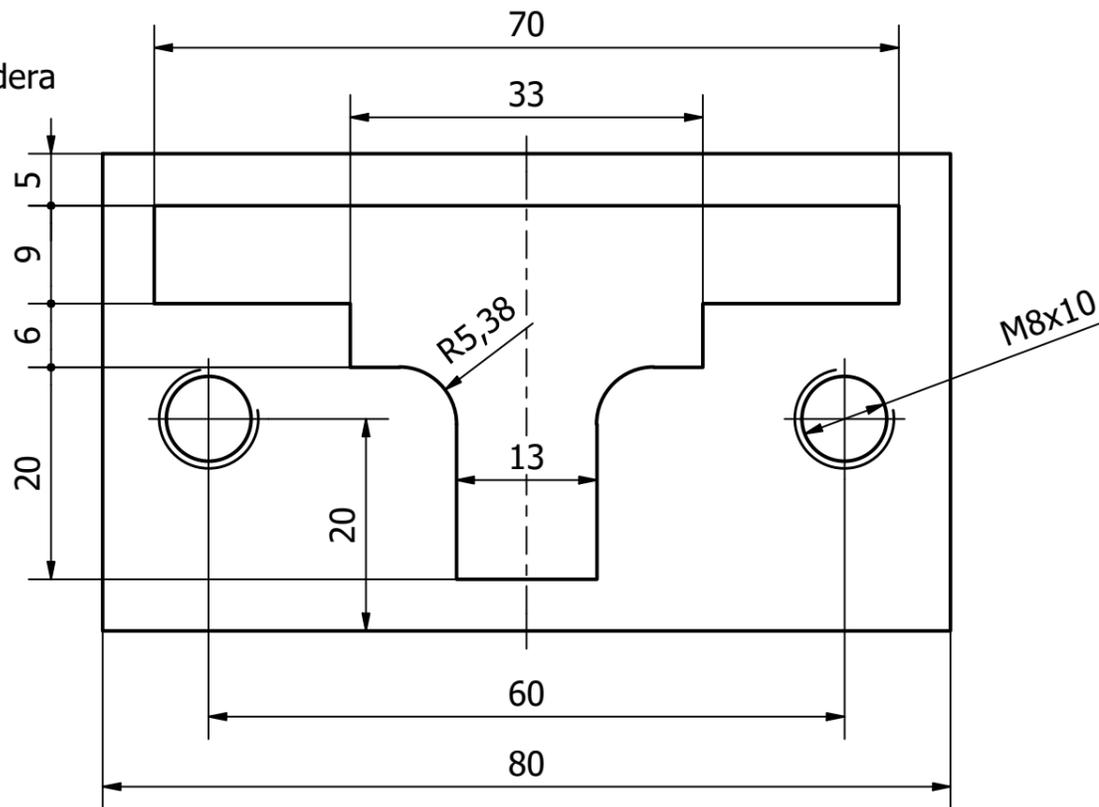
Matriz



A-A (3:2)

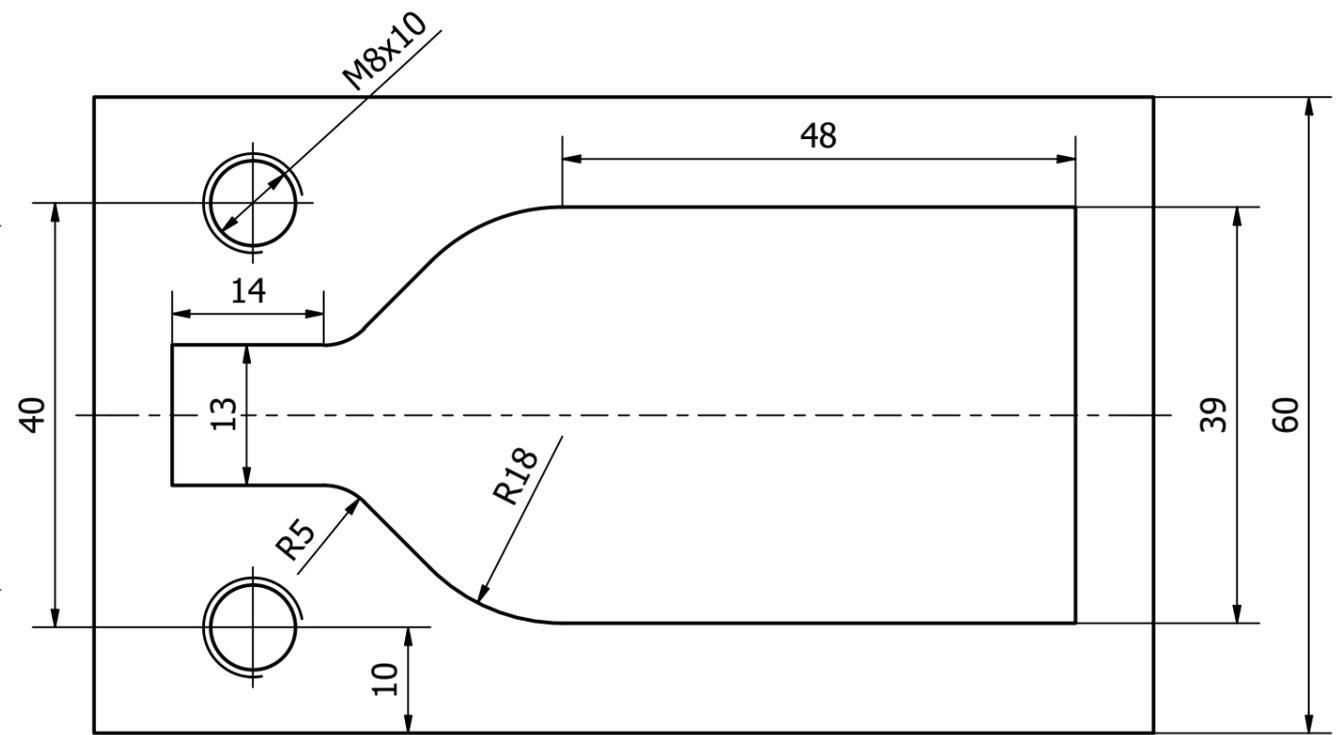
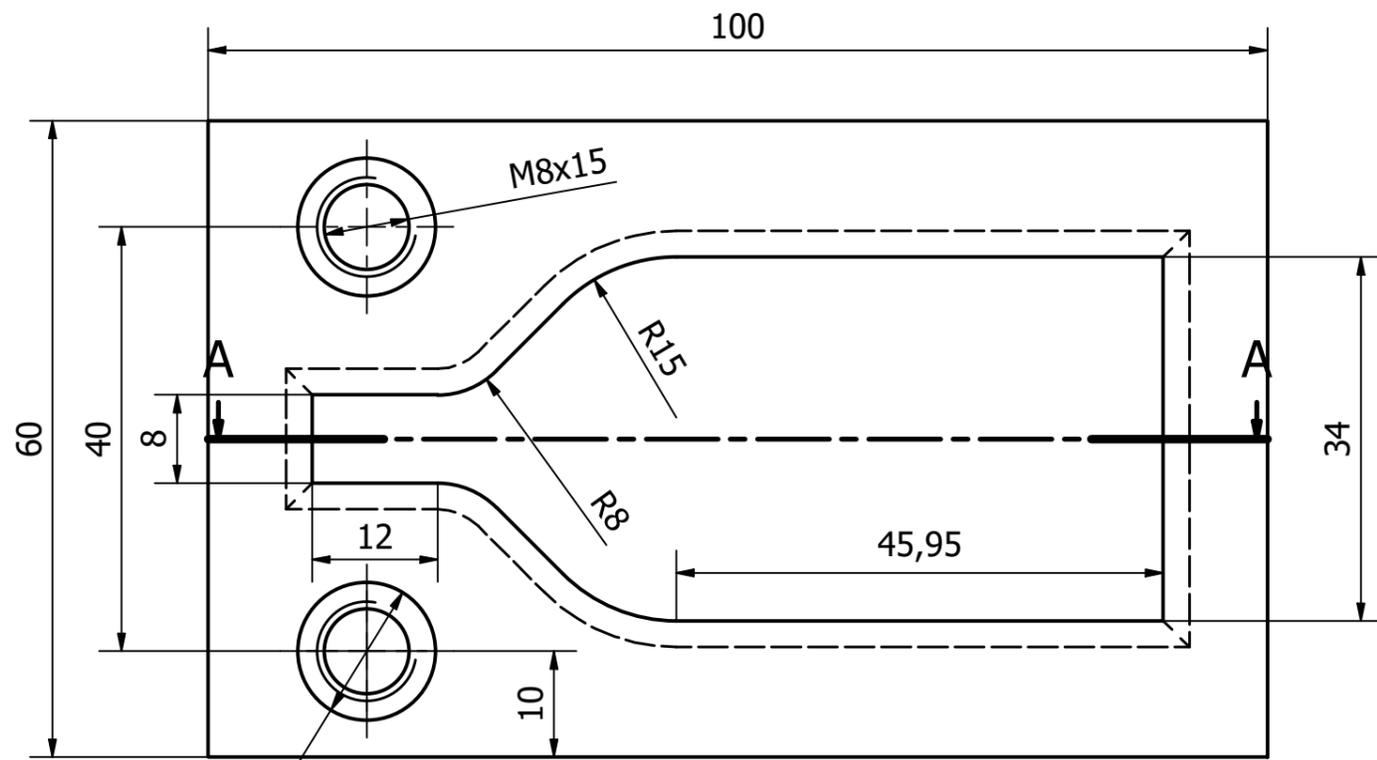


Sufridera



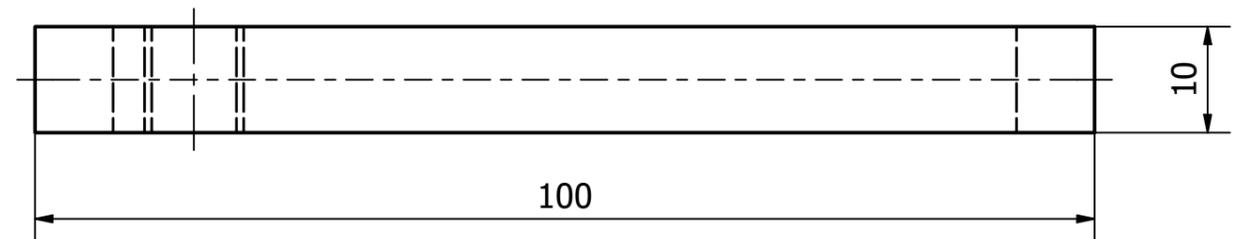
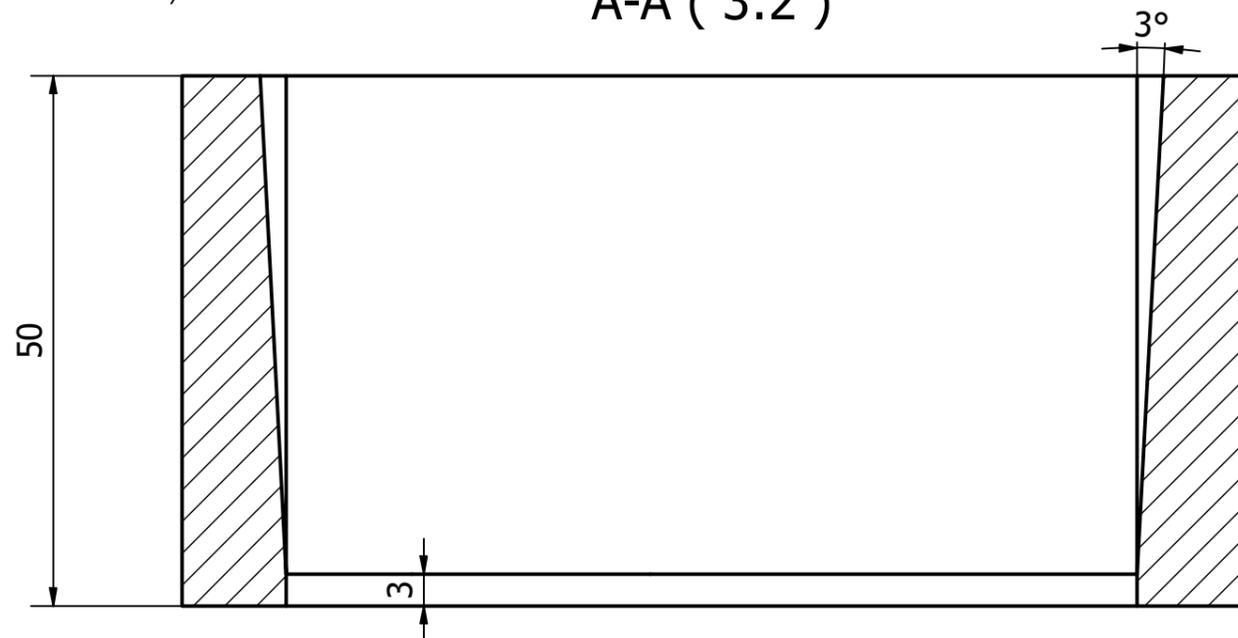
Tolerancias dimensionales:
ISO 2768-F
Tolerancias geométricas:
ISO 2768-H

Departamento	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento			
Propietario 	Creado por	Título, Título suplementario	Nº de identificación			
	Modificado por		Matriz y sufridera segundo corte	Rev.	Fecha	Idioma
						1 / 1



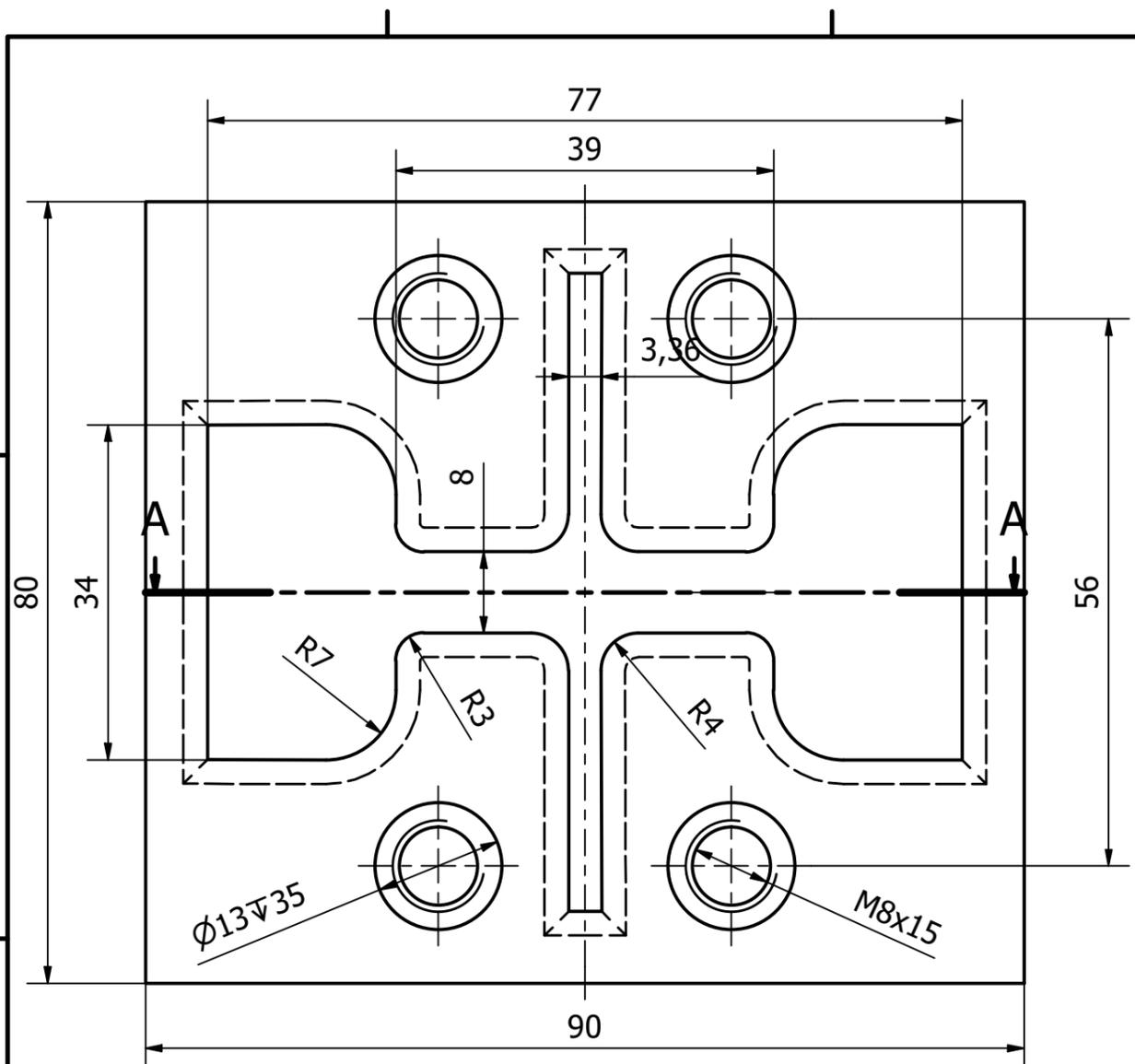
$\varnothing 13 \sqrt{35}$

A-A (3:2)

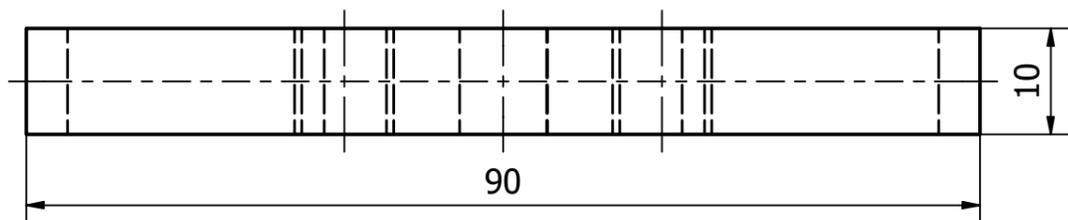
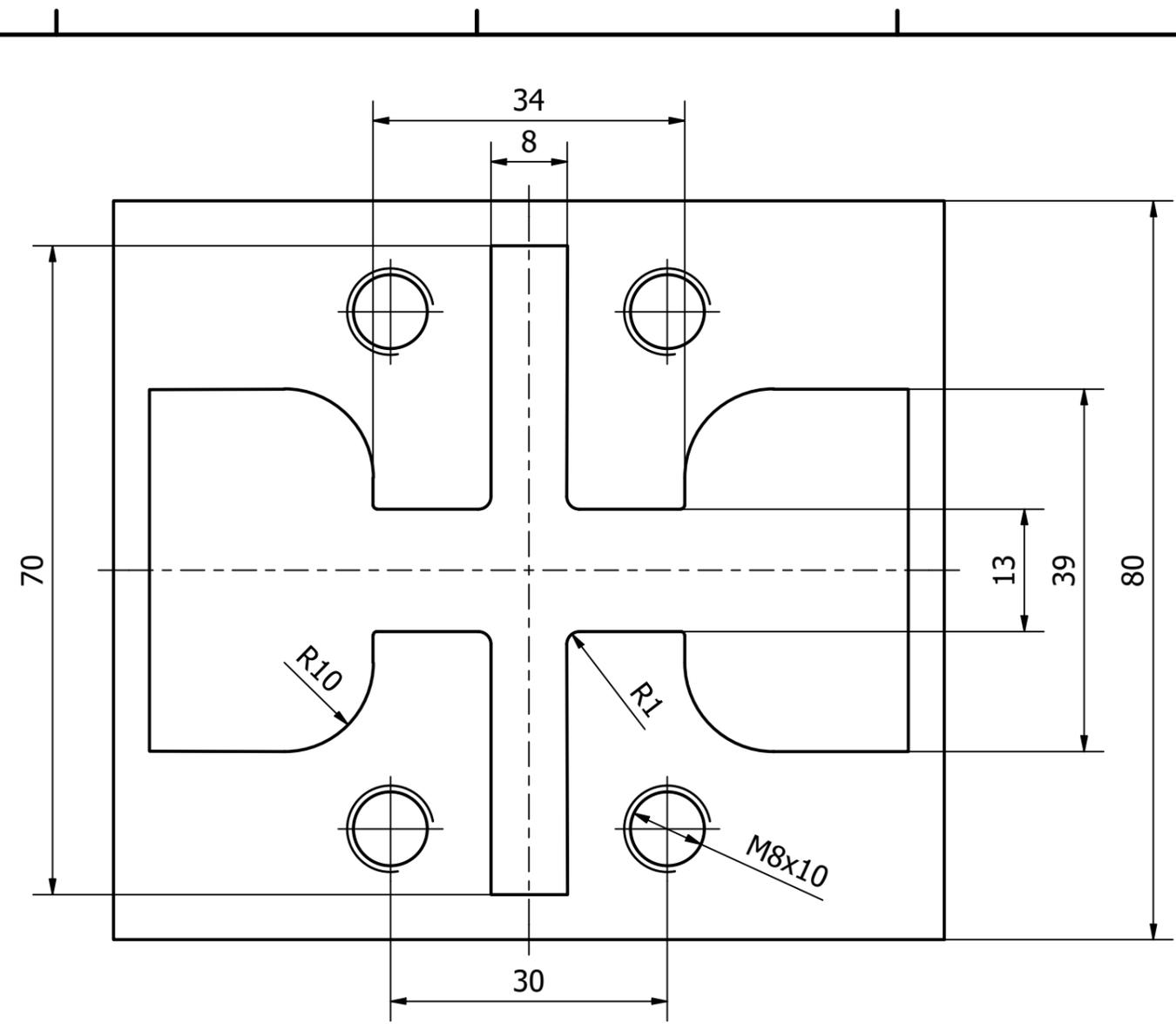
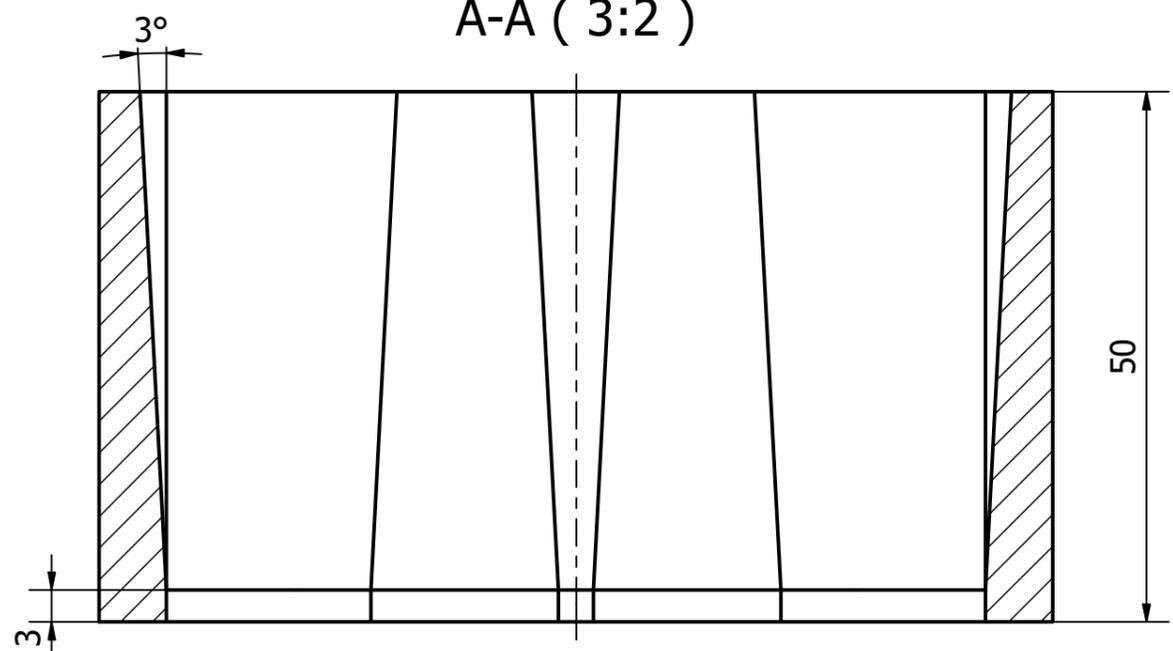


Tolerancias dimensionales:
ISO 2768-F
Tolerancias geométricas:
ISO 2768-H

Departamento	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento			
Propietario	Creado por	Título, Título suplementario	Nº de identificación			
	Modificado por	Matriz y sufridera tercer corte	Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
						1 / 1



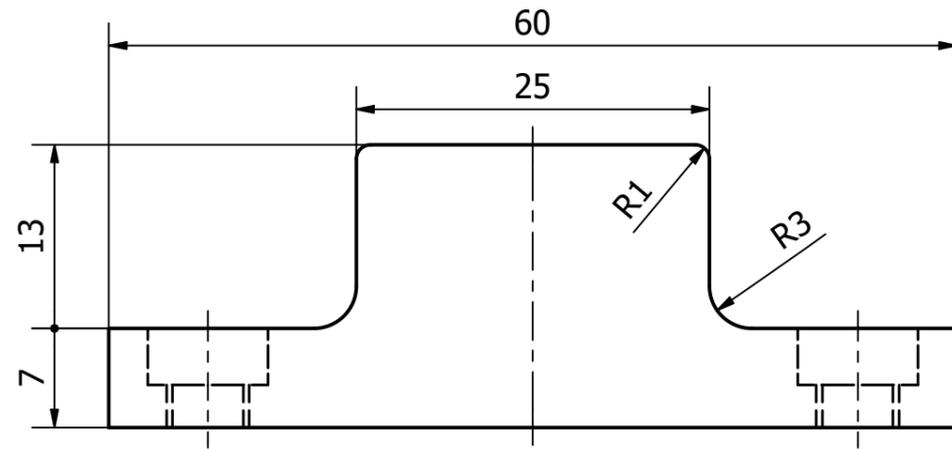
A-A (3:2)



Tolerancias dimensionales:
ISO 2768-F
Tolerancias geométricas:
ISO 2768-H

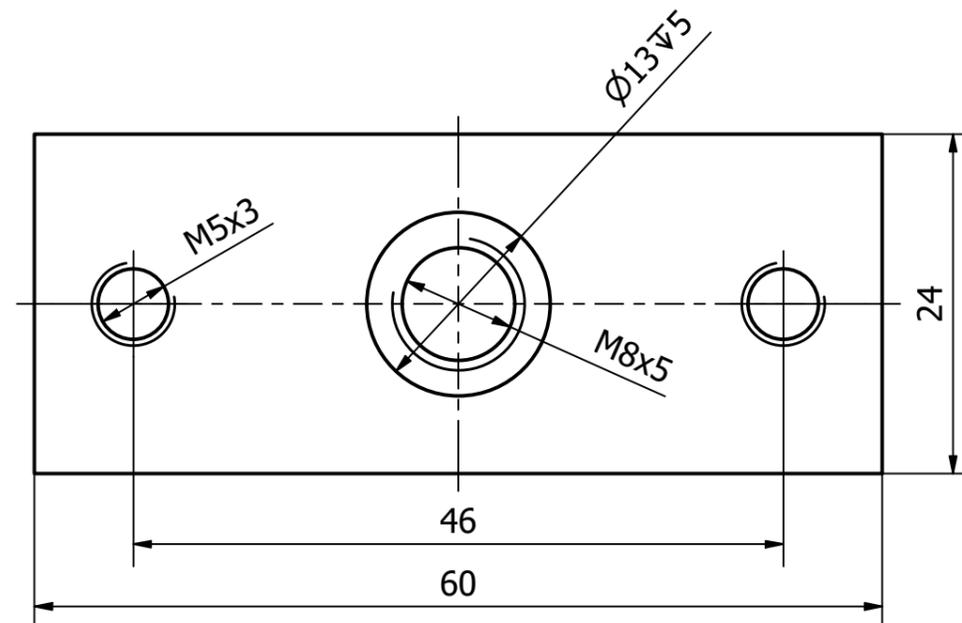
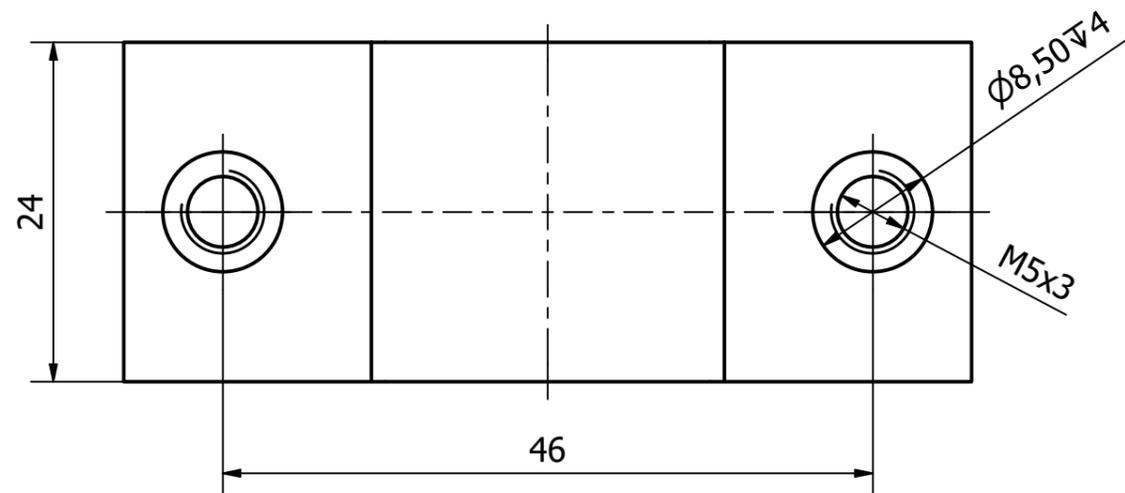
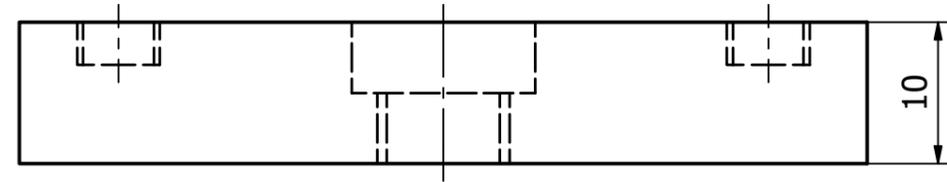
Departamento	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento			
Propietario	Creado por	Título, Título suplementario	Nº de identificación			
	Modificado por	Matriz y sufridera corte final	Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
						1 / 1

Macho

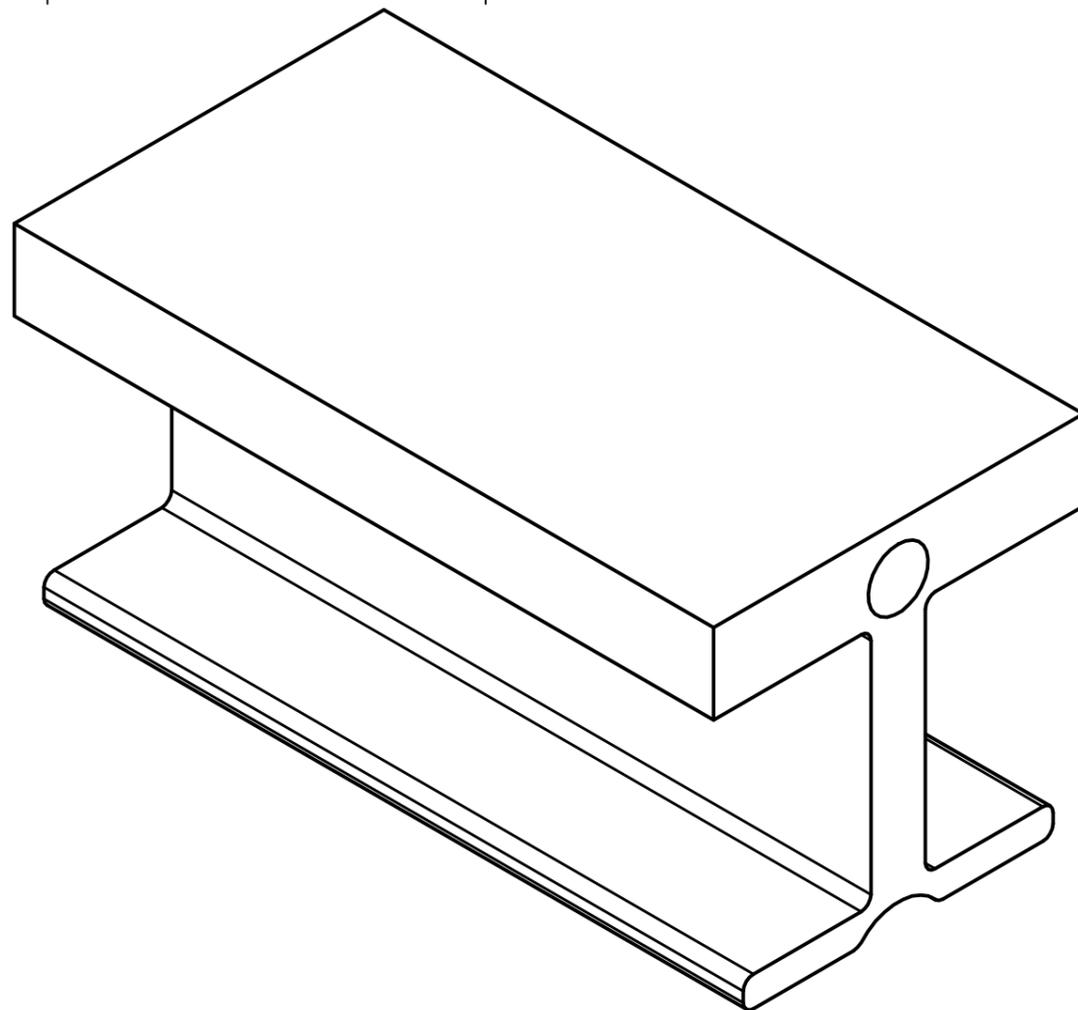
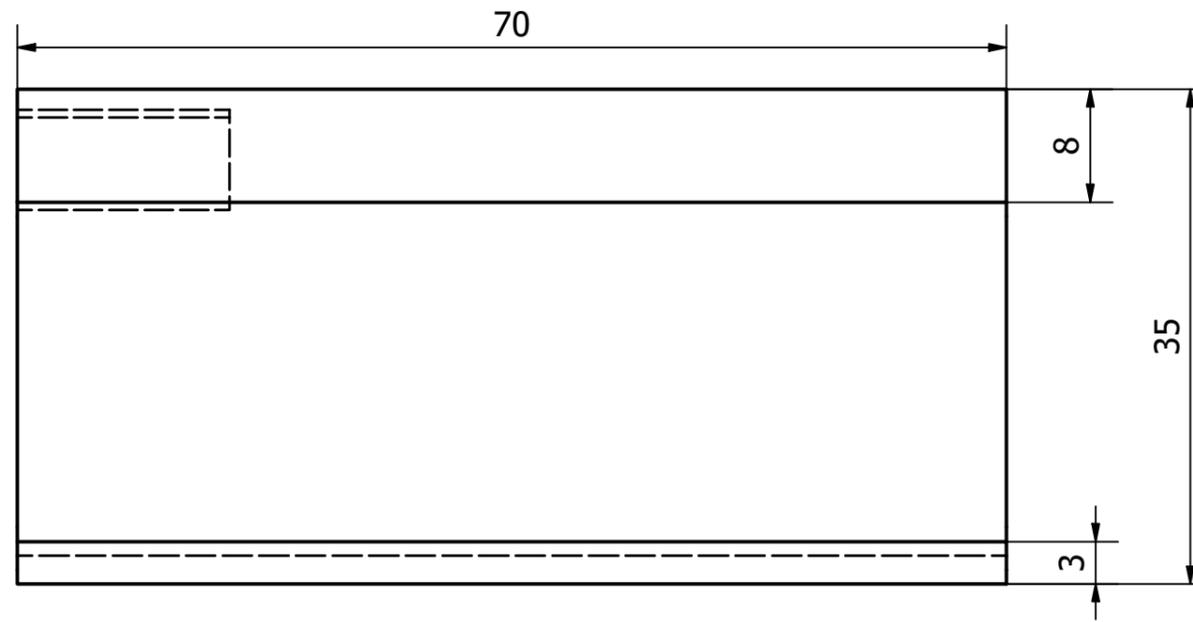
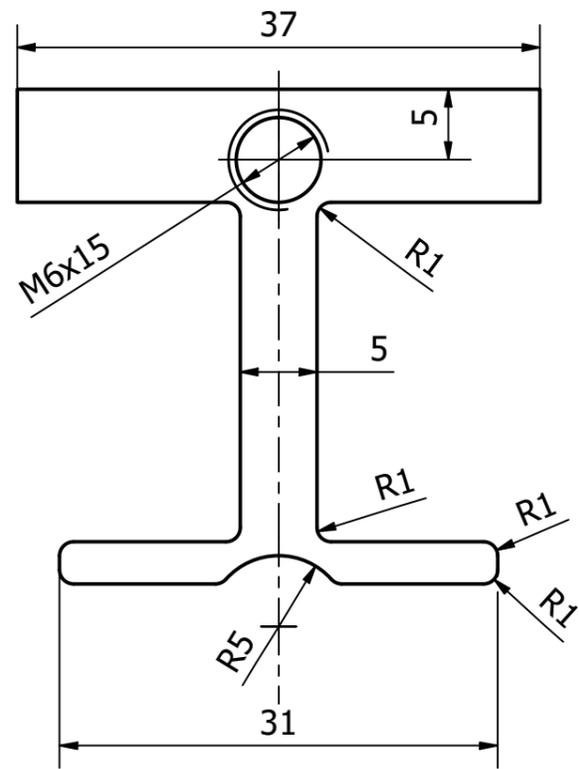


Tolerancias dimensionales:
ISO 2768-F
Tolerancias geométricas:
ISO 2768-H

Sufridera

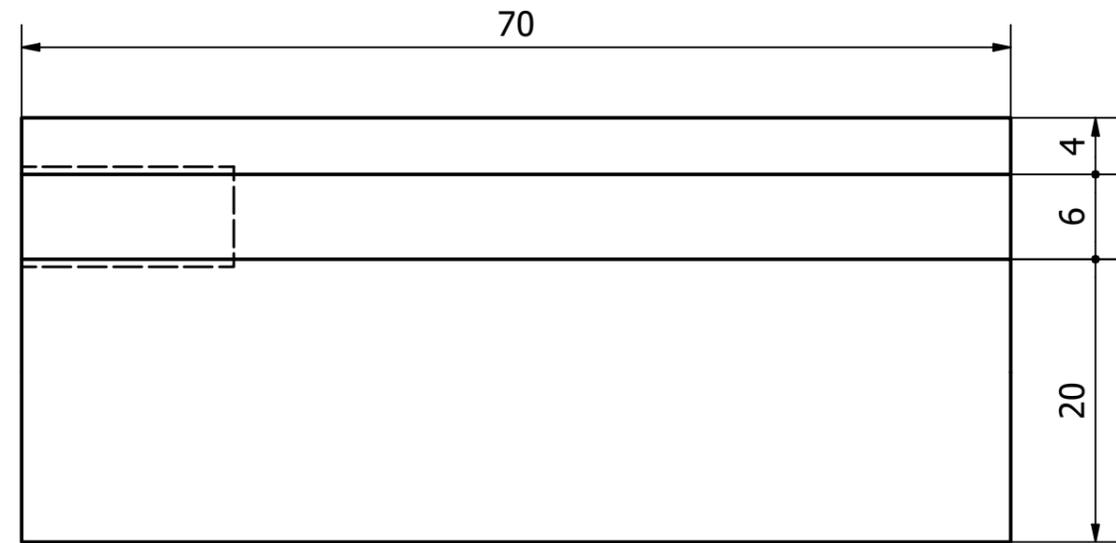
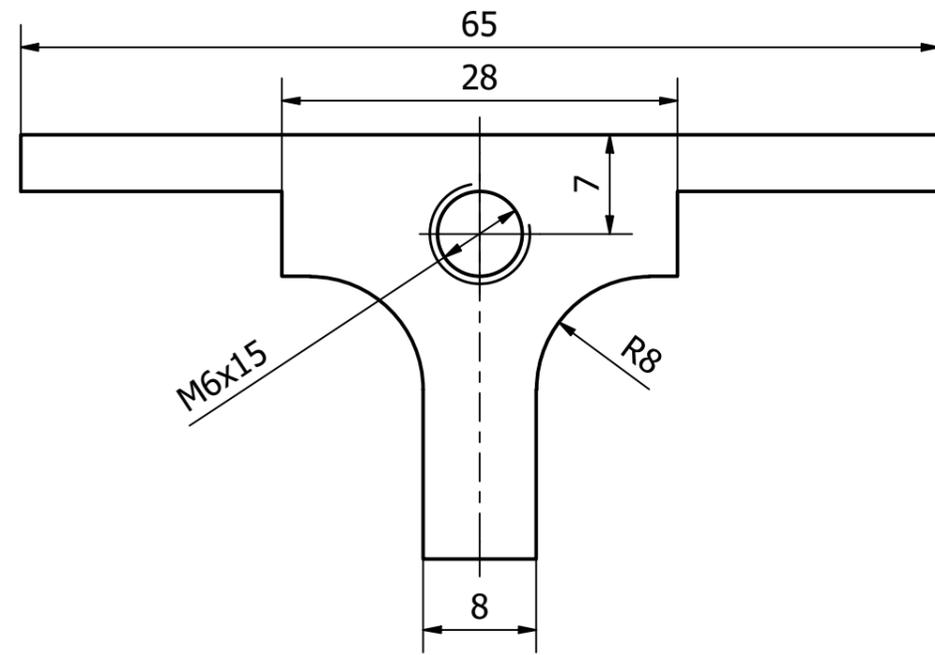


Departamento	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento			
Propietario	Creado por	Título, Título suplementario	Nº de identificación			
 UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Modificado por	Macho y sufridera de doblado	Rev.	Fecha	Idioma	Hoja

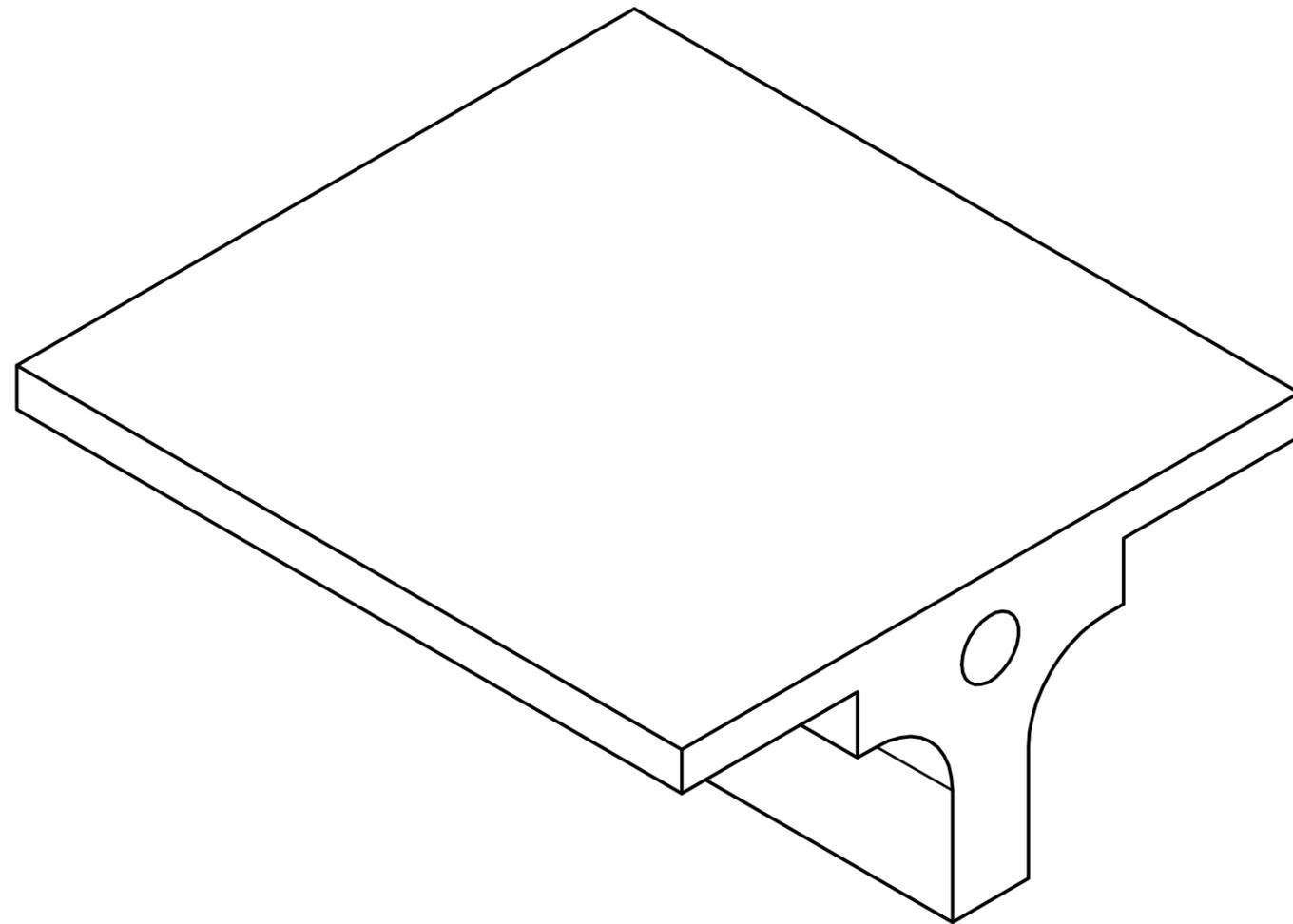


Tolerancias dimensionales:
ISO 2768-F
Tolerancias geométricas:
ISO 2768-H

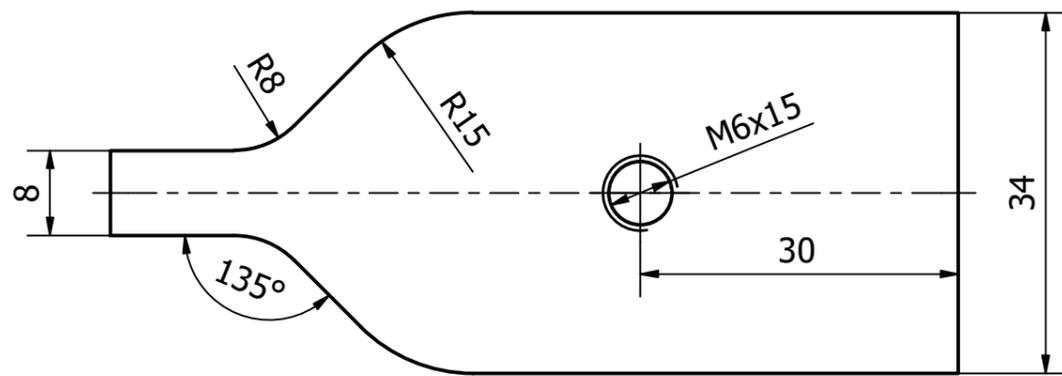
Departamento	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento			
Propietario	Creado por	Título, Título suplementario	Nº de identificación			
	Modificado por	Punzón primer corte	Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
						1 / 1



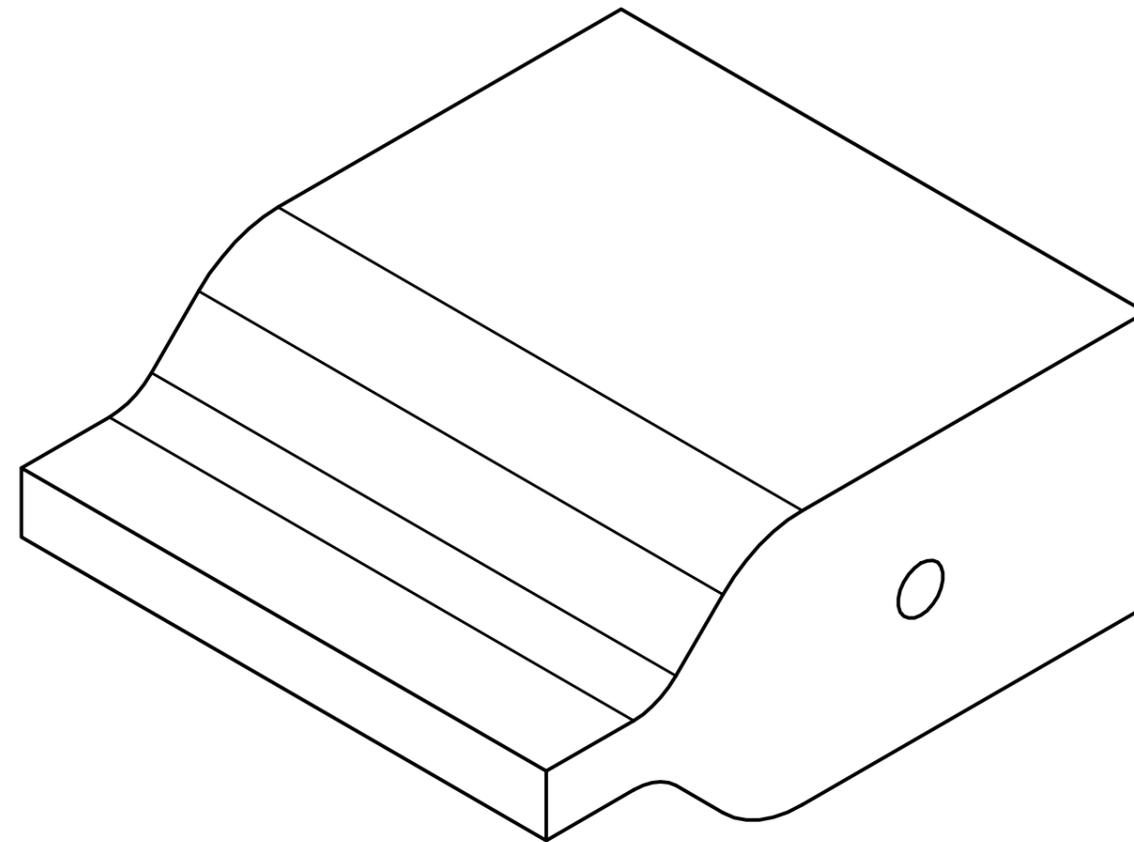
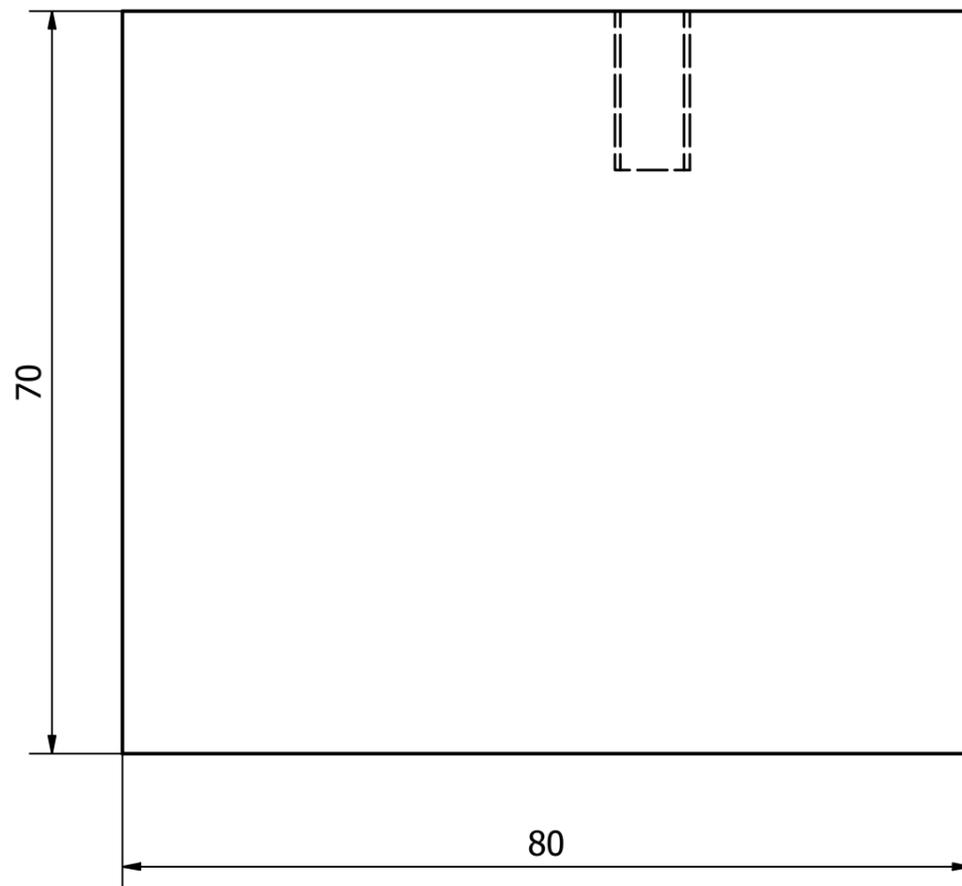
Tolerancias dimensionales:
ISO 2768-F
Tolerancias geométricas:
ISO 2768-H



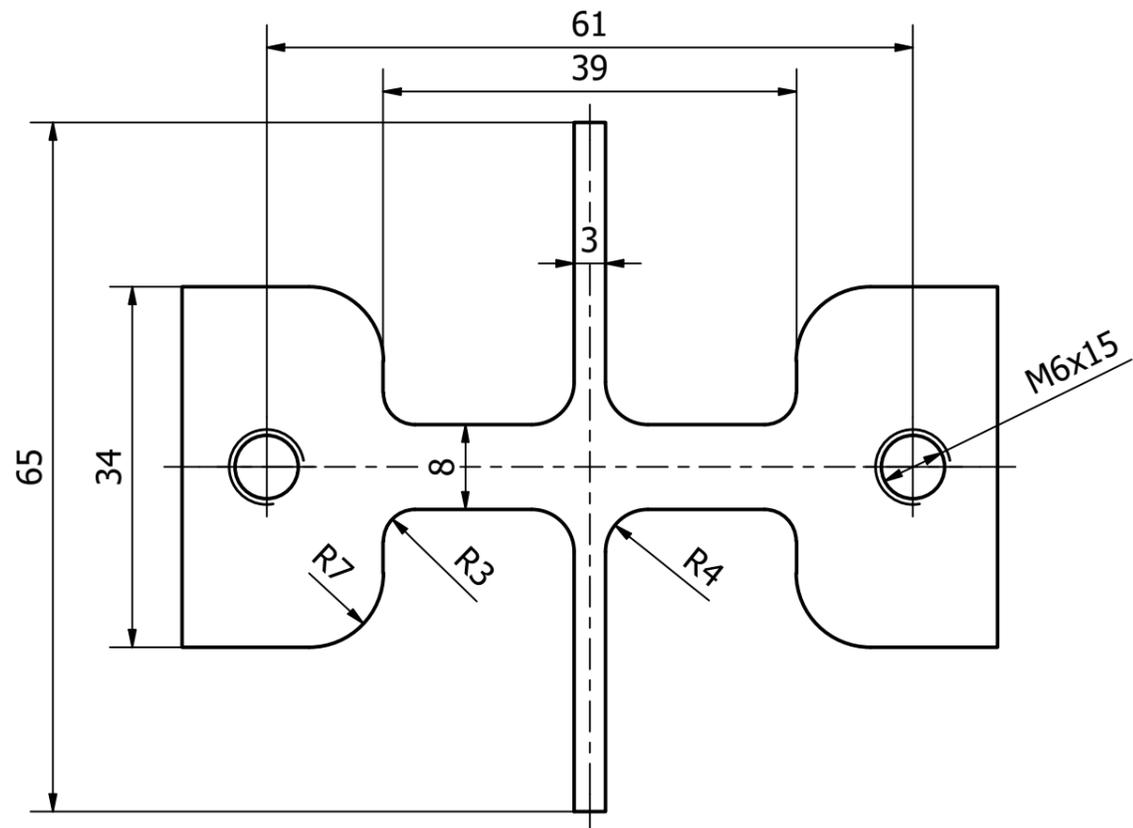
Departamento	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento			
Propietario	Creado por	Título, Título suplementario	Nº de identificación			
	Modificado por	Punzón segundo corte	Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
						1 / 1



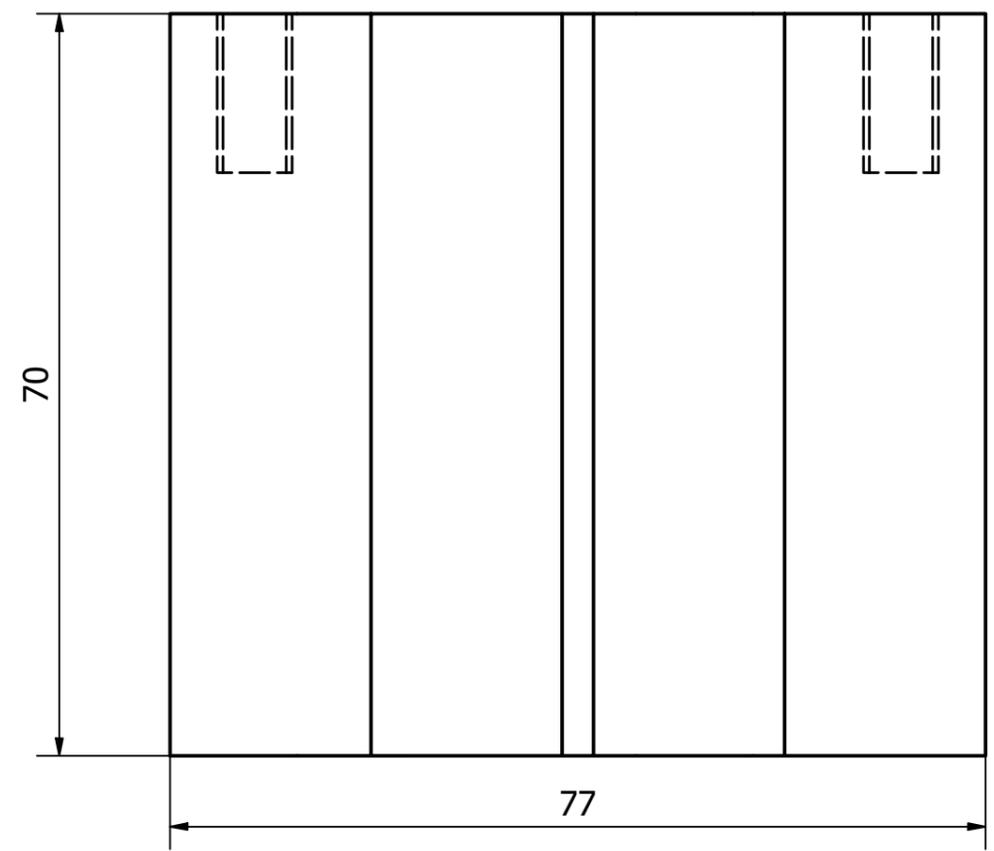
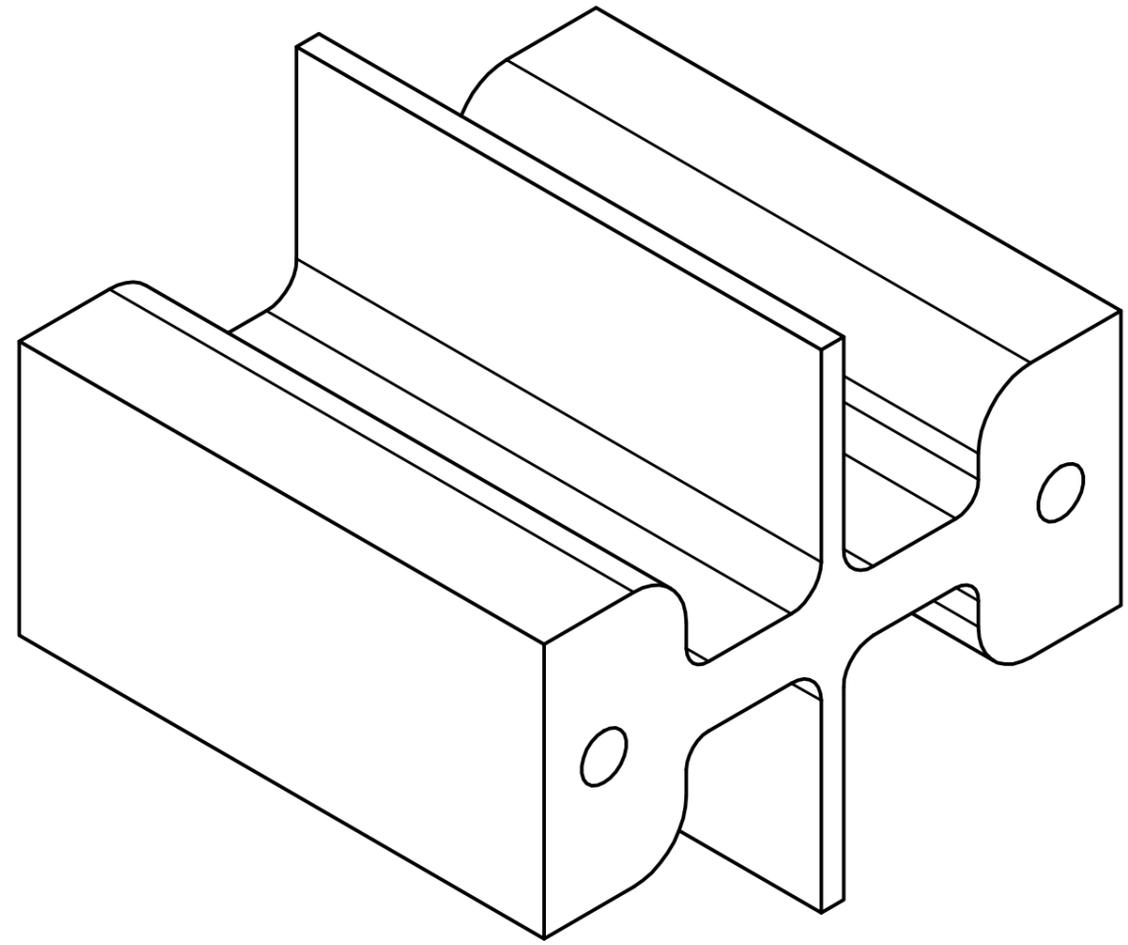
Tolerancias dimensionales:
ISO 2768-F
Tolerancias geométricas:
ISO 2768-H



Departamento	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento			
Propietario	Creado por	Título, Título suplementario	Nº de identificación			
	Modificado por	Punzón tercer corte	Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
						1 / 1

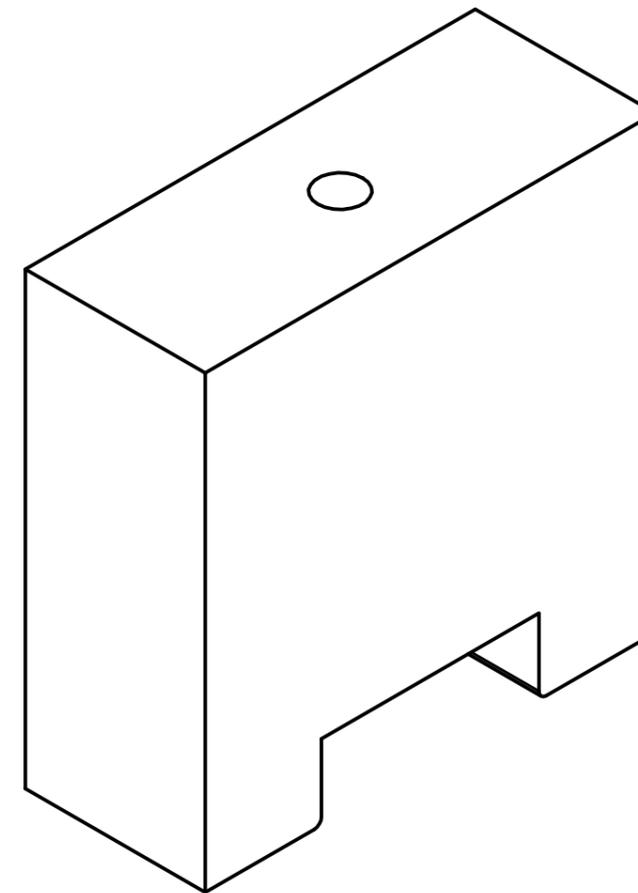
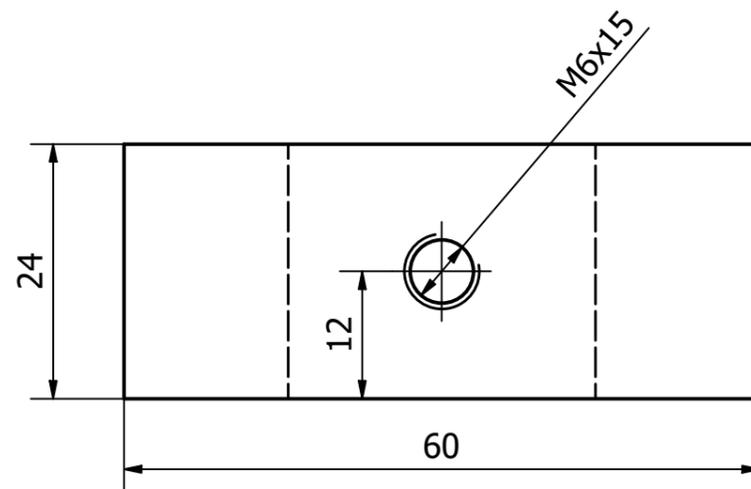
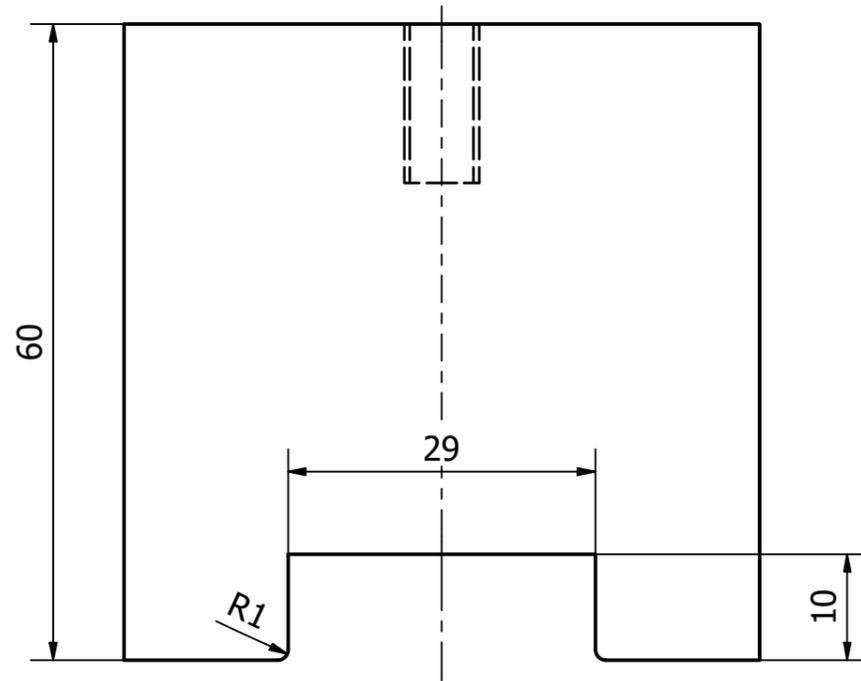


Tolerancias dimensionales:
ISO 2768-F
Tolerancias geométricas:
ISO 2768-H

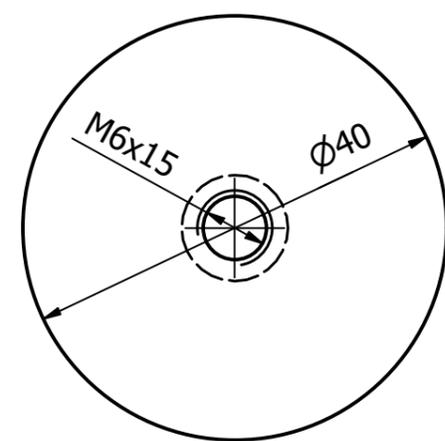
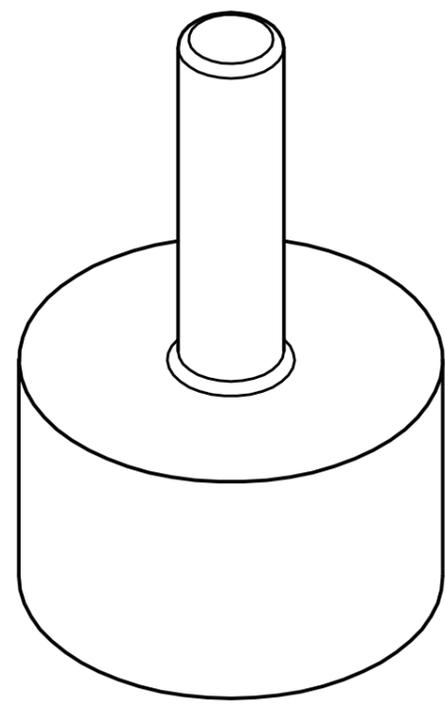
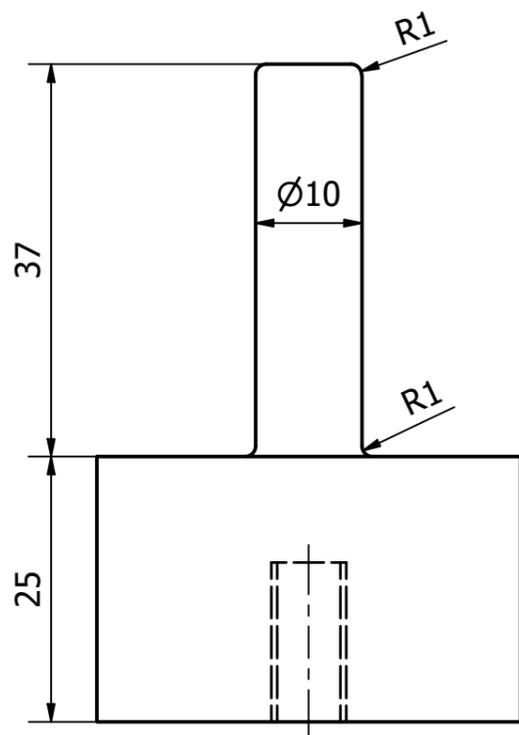


Departamento	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento			
Propietario	Creado por	Título, Título suplementario	Nº de identificación			
	Modificado por	Punzón corte final	Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
						1 / 1

Tolerancias dimensionales:
 ISO 2768-F
 Tolerancias geométricas:
 ISO 2768-H

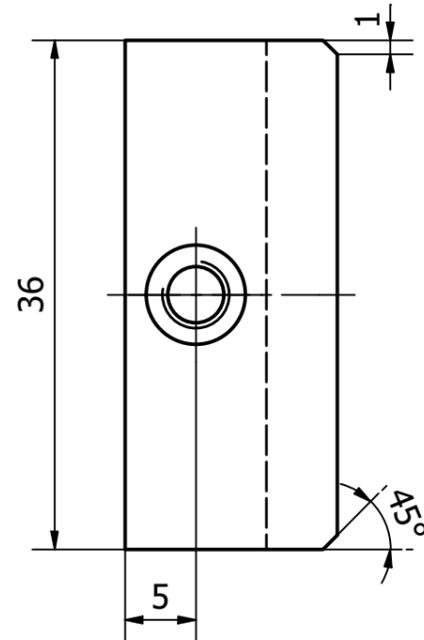
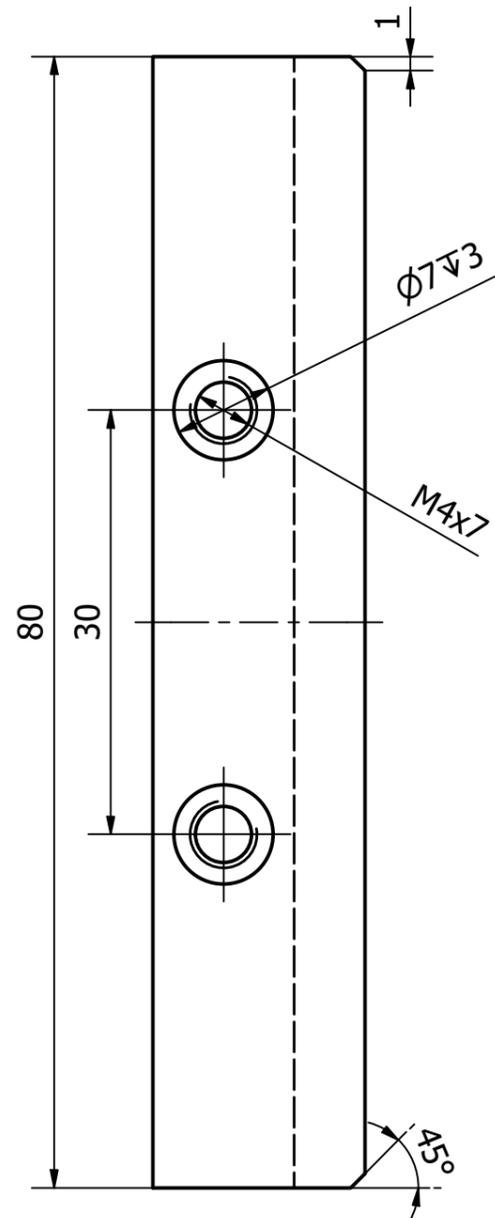
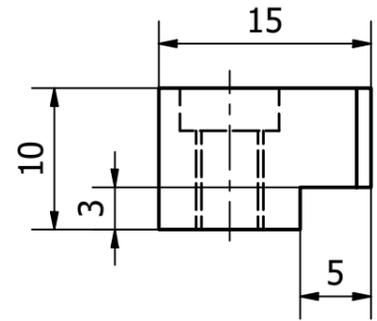


Departamento	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento			
Propietario	Creado por	Título, Título suplementario	Nº de identificación			
	Modificado por		Matriz de doblado	Rev.	Fecha	Idioma
						1 / 1

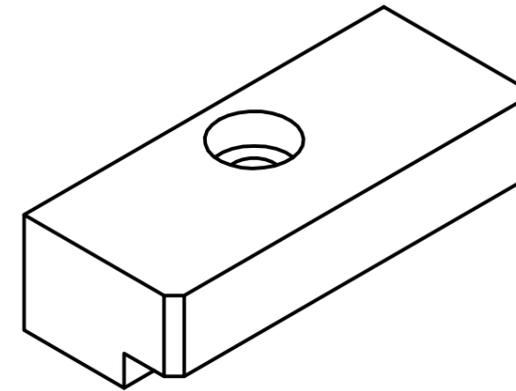


Tolerancias dimensionales:
ISO 2768-F
Tolerancias geométricas:
ISO 2768-H

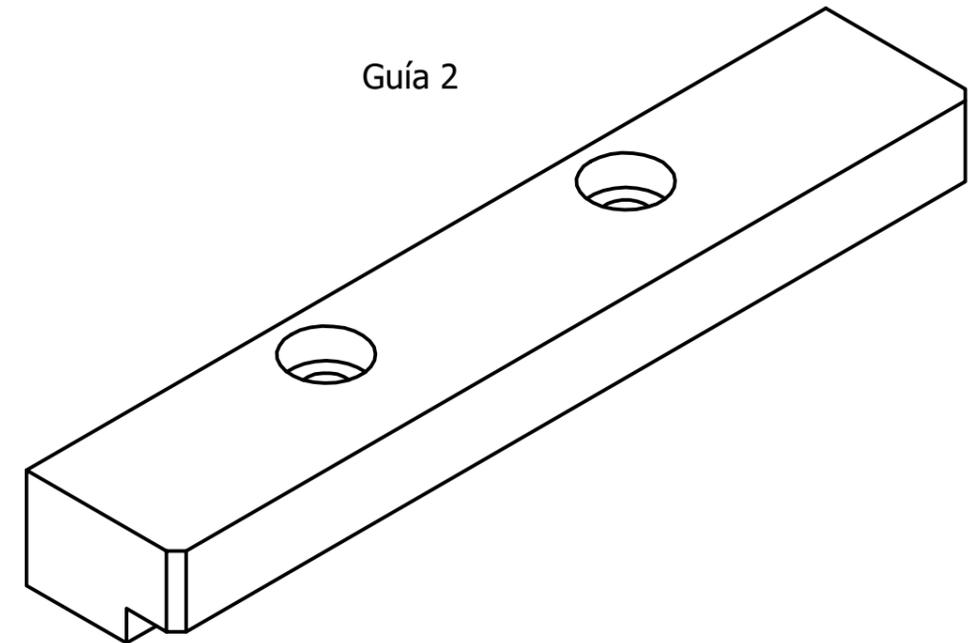
Departamento	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento			
Propietario	Creado por	Título, Título suplementario	Nº de identificación			
	Modificado por	Punzón de embutición	Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
						1 / 1



Guía 1



Guía 2



Tolerancias dimensionales:
ISO 2768-F
Tolerancias geométricas:
ISO 2768-H

Departamento	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento			
Propietario 	Creado por	Título, Título suplementario Guías de banda	Nº de identificación			
	Modificado por		Rev.	Fecha	Idioma	Hoja 1 / 1

PRESUPUESTO

En las tablas siguientes se recogen los costes que suponen el conjunto de etapas detrás del diseño y construcción del troquel hasta asegurar que el funcionamiento es el correcto. Se ha determinado un coste fijo de 40 €/hora para cada una de las tareas pertinentes.

TIPO	ORDEN	CONCEPTO	COSTE/HORA (€/h)	HORAS TOTALES	TOTAL
<i>Diseño</i>	1	Análisis geométrico de la pieza y elección del material	40	3	120,00
	2	Diseño de banda (configuración óptima, elección de márgenes)	40	15	600,00
	3	Cantidad, secuencia y cálculo de esfuerzos de las operaciones	40	6	240,00
	4	Diseño de las placas y elección del material	40	10	400,00
	5	Diseño de punzones y matrices y elección del material	40	4	160,00
	6	Generación de planos	40	8	320,00
	7	Revisión del diseño	40	12	480,00

Tabla 1 – Desglose de costes de diseño

TIPO	ORDEN	CONCEPTO	COSTE/HORA (€/h)	HORAS TOTALES	TOTAL
<i>Gestión</i>	8	Seguimiento y montaje	40	12	480,00
	9	Puesta a punto y pruebas	40	6	240,00

Tabla 2 – Desglose de costes de gestión

Coste total de las operaciones	3.040,00 €
Gastos generales (12%)	364,80 €
Beneficio industrial (9%)	273,60 €
Suma total de costes	3.678,40 €
IVA (21%)	772,46 €
Precio final	4.450,86 €

Tabla 3 – Suma de costes y precio final

BIBLIOGRAFÍA

Catálogo FIBRO (2022). Recuperado el 10-02-2023 de

<https://www.fibro.de/es/elementosnormalizados/descargas/catalogo-principal/>

Catálogo ROYME (2021). Recuperado el 10-02-2023 de <https://royme.com/>

Catálogo TECAPRES (2019). Recuperado el 10-02-2023 de

<https://www.tecapres.com/es/descargas>

Cerón-Hoyos, J. E. (2013). *Desarrollo de aspectos metodológicos en el diseño de matrices progresivas* (tesis doctoral). Recuperado de

<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/2570/TesisJECH.pdf?sequence=1>

Kalpakjan, S. (1997). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. (5ª ed.) Edit. Pearson.

Oehler-Kaiser, G. (1977). *Herramientas de troquelar, estampar y embutir*.

(6ª ed.) Barcelona: Gustavo Gili.

Rossi, M. (1971). *Estampado en frío de la chapa: estampas, matrices, punzones, prensas y máquinas*. (9ª ed.) Edit. Científico-Médica.