

CAPÍTULO 4

DISEÑO Y CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CORTE

Una vez elegido el tipo de fuente impulsora de la máquina engargoladora, el siguiente paso será el diseño de cada uno de los sistemas que la constituirán. Uno de ellos es el sistema de corte o perforación que utilizará la máquina. Debido a que anteriormente se han definido características deseadas para la máquina engargoladora, cada uno de los sistemas que la conforman, deben ser diseñados de manera que contribuyan a lograrlas. Las características requeridas para el sistema de corte son primeramente, que los punzones que lo constituirán sean intercambiables para facilitar su reemplazo; además de que se prefiere usar un tipo de punzones que por su forma y tamaño puedan permitir que se usen los arillos metálicos ya existentes en el mercado.

Generalmente, las máquinas para engargolar utilizan por lo menos dos tamaños de punzones; uno para engargolados delgados de menos de .0143m (9/16") y otros para engargolados más gruesos de más de .0143 m. En este caso, se diseñará un solo punzón que se pueda utilizar en engargolados de un grosor desde 1/4" hasta "1 1/4" ya que de menor o mayor grosor son poco usuales. El diseño se hará de tal forma que se emplee solamente un solo tipo de punzón para perforados para engargolados y que ese sea el mismo que se use en perforados para carpetas de argollas. Además, se requiere que el sistema de corte tenga la capacidad de perforar 25 hojas con un gramaje de 75 g/m² de una sola vez al ser accionada por un botón o pedal.

Ya que otra de las características que se requieren es que pueda perforar hojas tamaño carta u oficio, el sistema de corte debe ser diseñado con una capacidad para perforar hojas de hasta 0.3556m (14") de largo.

Por otra parte, también se requiere que el mecanismo del sistema de corte sea accionado eléctricamente y ocupe el menor espacio posible. El diseño se hará usando la mayor parte de piezas estándar posible para facilitar su construcción y reducir los costos de la misma.

Los elementos básicos del sistema de corte son: los punzones, el porta punzones, la estructura que soportará los elementos anteriores y además, el mecanismo que permitirá que los elementos realicen su función.

4.1 Los Punzones

Usualmente, los punzones para perforar son la parte más débil en cualquier diseño, por esa razón, se deben considerar los siguientes aspectos al diseñarlos: [10]

- 1.- Hacer los punzones lo suficientemente fuertes de tal forma que la fuerza aplicada no cause fractura.
- 2.- Si los punzones son delgados, estos deben estar suficientemente guiados y soportados para asegurar alineación entre el punzón y su matriz y evitar que se doblen.

3.- Hacer provisión para remover y reemplazar fácilmente los punzones en caso de que uno de ellos se rompa, y de esa forma, no tener que reemplazar la herramienta completa.

Las características a definir para los punzones son: forma y dimensiones del cuerpo y punta del punzón, así como el material del que estarán hechos. Para esto, hay que determinar los diferentes tipos de esfuerzos a los que estará sometido.

Un aspecto primordial para determinar dichas características, es el de conocer la fuerza necesaria para cortar el papel de 75 g/m^2 por lo que hay que buscar la forma de conocer este dato.

Por otra parte, es conveniente analizar varias opciones para cada una de las características a definir, antes de escoger una.

Para el diseño de la forma del punzón se considerarán dos opciones cuya principal diferencia se encuentra en la punta del punzón, Fig. No. 4.1. Para determinar cuál es la mejor opción, se debe analizar en primer lugar, con cuál de ellas, debido a su forma, se requiere el menor esfuerzo para cortar el papel.

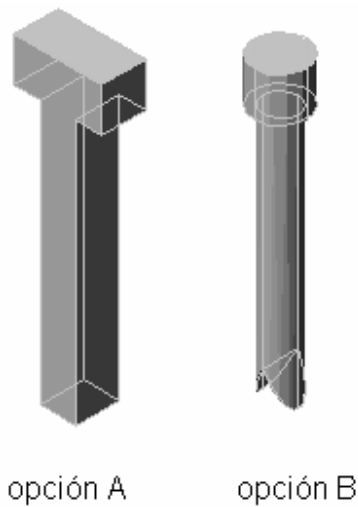


Fig. No. 4.1 Opciones a considerar para la forma de la punta del punzón

En la opción A de punzones, se requiere que todo el perímetro de la punta del punzón penetre al mismo tiempo el papel, cortando toda la forma de una sola vez, esto requiere de una gran fuerza, mayor a la que se necesitaría si se utiliza la opción B, debido a que el perímetro que se está cortando en este caso es mayor (0.026m). Con la opción B, debido a la forma de la punta del punzón, se requiere menor fuerza que en el caso A, ya que el punzón va cortando gradualmente el papel conforme lo va penetrando ocasionando que no todo el filo del punzón corte al mismo tiempo, de otra manera, la fuerza requerida para perforar 25 hojas, sería mayor a la encontrada.

Por lo explicado anteriormente, se determina que el punzón B será el que se usará en este diseño ya que utilizándolo, se requiere de menor fuerza para cortar el papel que si se utiliza el punzón A.

Es importante determinar de que material estará hecho el punzón ya que el material del que esta hecha cualquier herramienta de corte, influye en el desempeño de la misma. En muchos casos, las condiciones en las que funcionan determinan el material del que estarán hechas. [11] Por otra parte, el material que se selecciona para una aplicación particular deber ser económico y proporcionar propiedades óptimas en relación a resistencia, ductilidad, fortaleza, maquinabilidad y capacidad de darle forma. [12]

En este caso, los punzones además de resistir la fuerza aplicada para cortar el papel sin deformarse, deben también ser resistentes al desgaste y a la corrosión. En este caso, el material debe tener una resistencia a punto cedente mayor a la resistencia al corte del papel, la cual es de 78.97 MPa, apéndice 1. Ya que la mayoría de los punzones para perforar están hechos de algún grado de acero, se analizarán entonces algunas posibilidades para el material de los punzones. [10]

Cuando se requiere que una pieza tenga bordes cortantes o filosos, alta resistencia al desgaste o ambas características, es posible seleccionar uno de los aceros para herramientas o carburos; en este caso se consideraría un acero del grupo "F" que es un acero para herramientas con carbón y tungsteno, y se usa en cuchillas para cortar papel. [12]

Otra opción serían los aceros de alto carbono, que por su contenido de carbono, proporcionan propiedades en cuanto a desgaste que son adecuadas para aplicaciones que requieren bordes cortantes durables y aquellas en las que

las superficies se someten a desgaste constante, como cuchillos, navajas, formones y buriles. [12] Además, ya que el cromo mejora la capacidad de endurecimiento así como la resistencia al desgaste y raspaduras y en altas concentraciones proporciona una resistencia significativa a la corrosión, podría utilizarse un acero aleado. [12]

Otro material a considerar es el acero inoxidable martensítico, ya que posee una fortaleza satisfactoria y se usa en cuchillería y tijeras [12].

Para seleccionar el material que mejor cumple con las expectativas requeridas para el diseño se elaboró la Tabla 4.1

De acuerdo a esta tabla, la mejor opción en cuanto a las propiedades del material sería un acero inoxidable martensítico, ya que presenta una excelente resistencia a la cedencia, excelente resistencia al desgaste y a la corrosión, ver Tabla 4.1 además de que es bueno para usarse si se requieren filos cortantes, pero es uno de los más caros.

No obstante, un acero de aleación al cromo-molibdeno presenta una excelente resistencia a la cedencia, tiene una buena resistencia tanto al desgaste como a la corrosión, es adecuado para su uso en filos cortantes y es más económico que un acero inoxidable martensítico.

Tabla 4.1 Cuadro Comparativo Entre Posibles Opciones para el

Material de los Punzones

Material	Resistencia a la Cedencia	Resistencia al Desgaste	Resistencia a la Corrosión	Adecuado para Filos Cortantes	Económico
Acero Grupo F	Excelente	Buena	Buena	Excelente	4
Acero Martensítico Inoxidable	Excelente	Excelente	Excelente	Bueno	3
Acero de Alto Carbono	Buena	Buena	Mala	Bueno	1
Acero Aleación al Cromo-Molibdeno	Excelente	Buena	Buena	Buena	2

1= el más barato 2 = Semi-barato 3 = Semi- caro 4 = el más caro

Ya que se requiere que la máquina a engargar sea un diseño económico se elige un acero aleado al cromo el cual será un acero AISI 4140 con una resistencia a la cedencia de 1730 MPa [12].

Una vez que se conocen tanto el material como la forma de los punzones, se pueden definir las dimensiones del punzón y el número de punzones necesarios para cada tamaño de hoja.

Para determinar las dimensiones del punzón, se debe determinar el diámetro a perforar, en este caso, como se pretende que la máquina trabaje con los arillos metálicos ya existentes, el punzón se diseñará de acuerdo a esas medidas.

Debido a que se requiere que la máquina engargole trabajos desde 0.00635 m (1/4") hasta 0.031m (1 1/4"), el arillo a utilizar será el conocido como "Twin Loop Wire 2:1 " o Alambre de doble lazo 2:1, ya que este está disponible en los diámetros deseados para engargolar, los cuales se encuentran en la tabla 4.2

Tabla 4.2 Diámetros del Arillo "Twin Loop Wire 2:1"

Diámetro en pulgadas	Diámetro en metros
1/4	0.00635
5/16	0.00793
3/8	0.00952
7/16	0.01111
1/2	0.01270
9/16	0.01428
3/4	0.01905
7/8	0.02222
1	0.25400
1 1/4	0.03175

0.00635m (1/4"), 0.00793m (5/16"), 0.00952 m (3/8"), 0.01111m (7/16"), 0.0127m (1/2"), 0.01428 m (9/16"), 0.01905 m (3/4"), 0.02222m (7/8"), 0.02540m (1"), 0.03175m (1 1/4"). [13]

Este arillo necesita 2 perforaciones por pulgada, con una distancia entre centros de 0.01275m, un diámetro de perforación de 0.00632m y un margen al primer orificio de 9.5×10^{-3} m, lo que da como resultado que se tengan que hacer 21 perforaciones para hojas tamaño carta y 27 perforaciones para hojas tamaño oficio, Fig. 4.2.

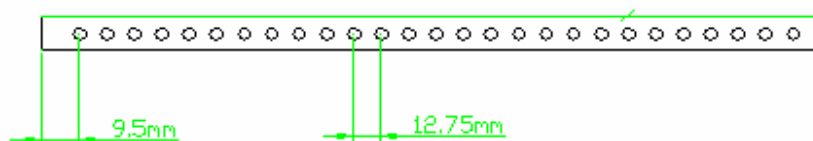


Fig. 4.2 Dimensiones Requeridas para el Arillo

Por lo anterior, y ya que los agujeros de las piezas cortadas quedan a la medida del punzón, el diámetro del punzón tiene que ser $6.325 \times 10^{-3} \text{ m}$ (.25") que es el diámetro requerido para el arillo. [14] Este diámetro del punzón, también cumple con la recomendación de que el diámetro mínimo del punzón debe ser 1.2 veces el espesor del material a cortar, que es 2.28 mm ya que si el espesor de la placa es igual o mayor que el diámetro del punzón, la resistencia al corte es mayor que la resistencia del punzón, provocando la rotura de éste. [15]

El hombro del punzón (A), Fig. 4.3, es usualmente 0.003175 m (1/8") más grande que el diámetro del punzón; [10] por lo que en este caso sería:

$$\begin{aligned} \text{Diámetro del punzón:} & \quad + \quad \text{Valor sugerido} = \text{Diámetro A} \\ 6.325 \times 10^{-3} \text{ (0.25")} & \quad + \quad 0.003175 \text{ m (1/8")} = 9.5 \times 10^{-3} \text{ m (0.374")} \end{aligned}$$

El espesor del hombro (B) puede ser desde $3.175 \times 10^{-3} \text{ m}$ (1/8") hasta $4.762 \times 10^{-3} \text{ m}$ (3/16"). En este caso será de $3.175 \text{ m} \times 10^{-3} \text{ m}$ debido a que el punzón es delgado.

Por otra parte, el ángulo de la punta del punzón será de 100° , ya que este ángulo proporciona el espacio suficiente, es decir, mayor al espesor de las hojas, para que la forma del orificio pueda perforarse completamente.

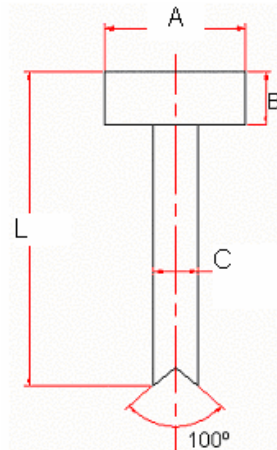


Fig. 4.3 Algunas Dimensiones del Punzón

Por otra parte, hay que considerar que cuando se utilizan punzones en los que la distancia entre ellos es muy pequeña, se recomienda que no todos los punzones penetren el material al mismo tiempo, sino de manera escalonada. Se recomienda que la diferencia entre las longitudes de los punzones sea de 7/10 del espesor del material a cortar. [10] En este caso, ya que el espesor de 25 hojas 75 g/m² es de 2.286×10^{-3} m (.090in), esta distancia será 1.600×10^{-3} m. Para llevar a cabo la opción de escalonamiento de los punzones, se consideran dos opciones, Fig. 4.4 y Fig. 4.5 aunque en este caso, debido a que la longitud a perforar es larga, se tomará el patrón del escalonamiento repetido varias veces a lo largo del porta-punzones, para evitar que la carrera de los punzones sea demasiado larga.

En este caso se elegirá la opción 1 ya que con ese arreglo de punzones se consigue poder aplicar menor fuerza para cortar el papel, que si se elige la opción 2, debido a que mayor cantidad de punzones cortan el material simultáneamente. En la Fig. 4.6 se muestra como se vería el conjunto de todos los punzones colocados de acuerdo a la opción 1.

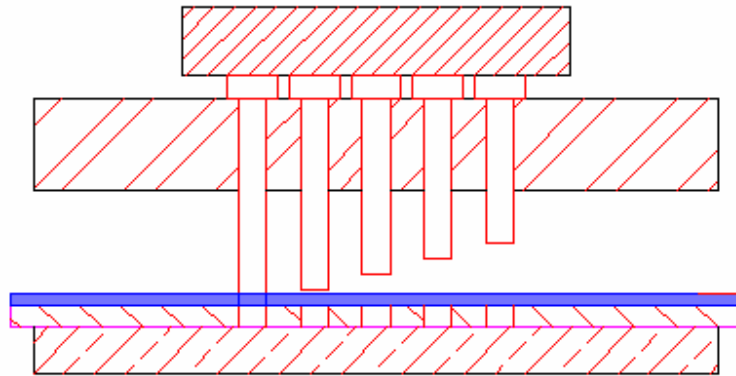


Fig. 4.4 Opción 1 de escalonamiento para los punzones

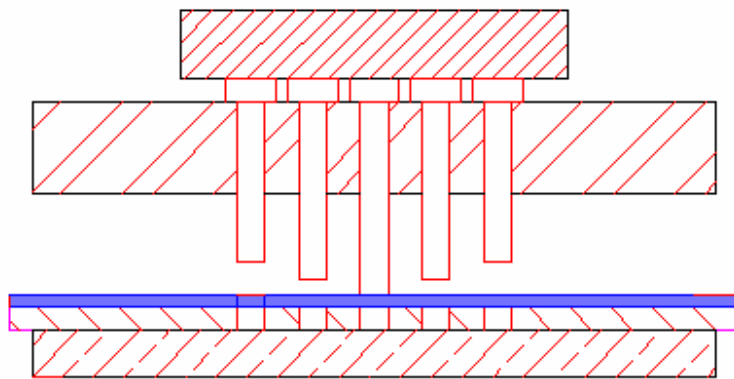


Fig. 4.5 Opción 2 de escalonamiento para los punzones

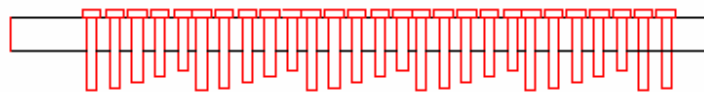


Fig. 4.6 Escalonamiento de los punzones en conjunto

La longitud del punzón depende de la distancia del porta-punzones a la matriz de perforación, el punzón debe ser lo suficientemente largo para pasar a través del porta-punzones y la guía para los punzones, por lo que las longitudes

de los punzones serán los que se muestran en la tabla 4.3, de acuerdo a la Fig. 4.7.

Las dimensiones finales del punzón mas largo se encuentra en el plano ME-01-01, las dimensiones que se encuentran en este plano son las mismas para el resto de los punzones exceptuando la longitud, la cual varia en 0.0064 m restadas a partir del punzón más largo.

De acuerdo a dichas dimensiones, se calcularon las deformaciones, Fig. 4.8, Fig. 4.9 a los que esta sometido el punzón más largo mediante el uso de Algor[®], para asegurar su correcto funcionamiento al aplicar la fuerza, Fig. 4.10.

De las figuras se puede observar que la mayor deformación, al aplicar una fuerza de 530 N, es 1.6248×10^{-8} , y se encuentra solamente en una parte muy pequeña de la punta del punzón, además el resto del punzón esta sometido a muy pequeñas deformaciones las cuales no afectarán el funcionamiento del mismo.

Tabla 4.3 Dimensiones de los Punzones

No. Punzón	Longitud (m)	C (mm)	A (mm)
1	0.05	6.32	9.5
2	0.0484	6.32	9.5
3	0.0468	6.32	9.5
4	0.0452	6.32	9.5

5	0.0436	6.32	9.5
---	--------	------	-----

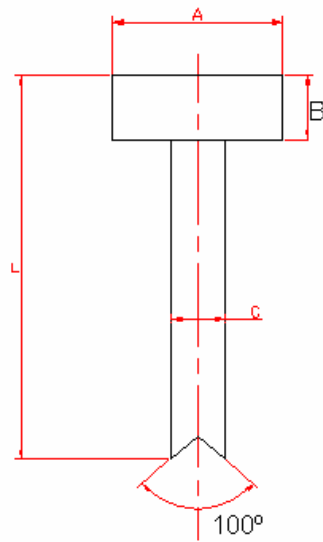


Fig. 4.7 Punzón para Dimensiones de Tabla 4.3

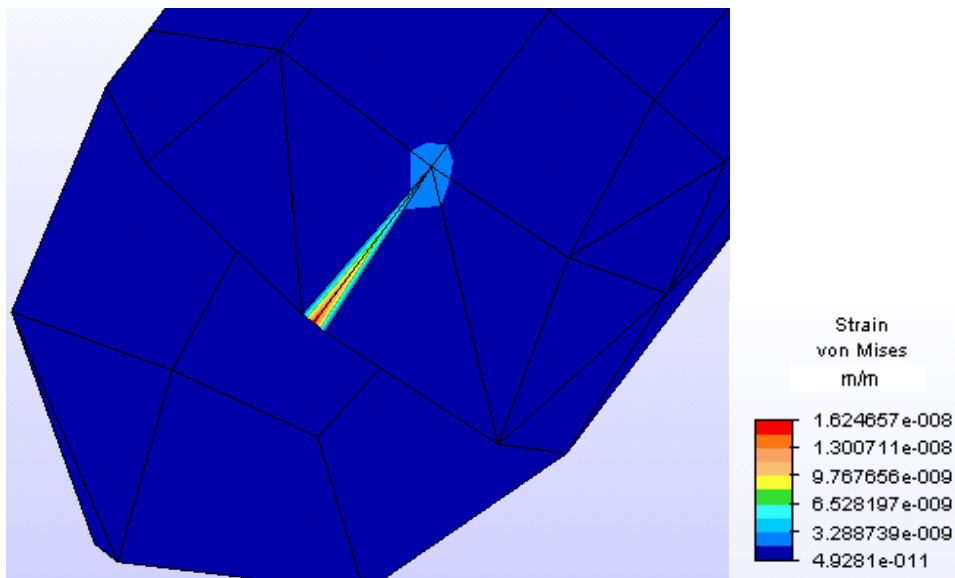
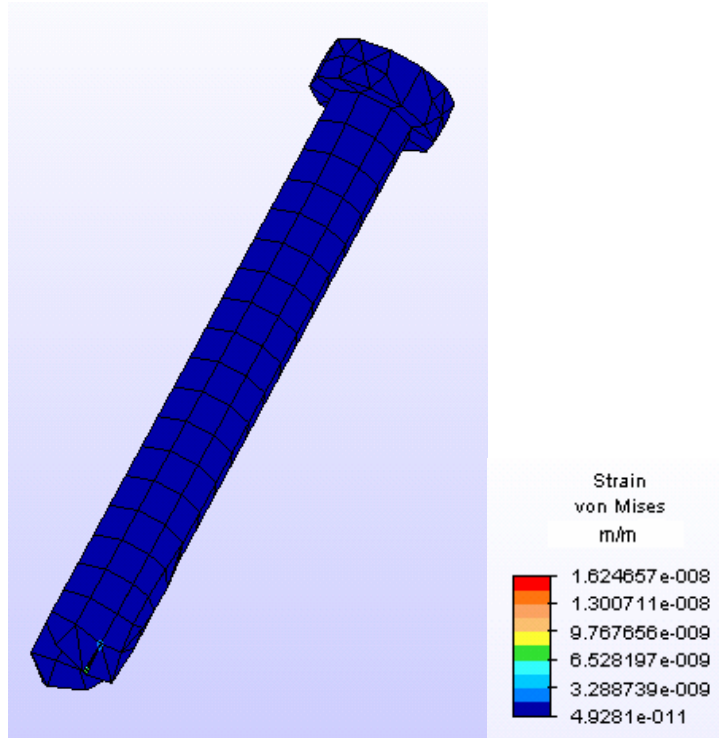


Fig. 4.8 Deformaciones Sufridas en la Punta del Punzón



4. 9 Deformaciones en el Punzón Completo

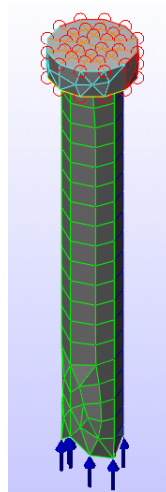


Fig. 4.10 Condiciones de Frontera y Distribución de Fuerzas Aplicadas

4.2 Porta Punzones

Una vez definidas las características de los punzones, se puede proceder a

determinar las características del porta -punzones.

Los porta-punzones sostienen y soportan a los punzones, usualmente, están hechos de acero para máquinas, o acero para herramientas; se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones de diseño: [10]

- 1.- Espesor adecuado para un apropiado soporte del punzón
- 2.- Asegurar una localización precisa del punzón
- 3.- Determinar el número necesario de tornillos para asegurarse de que permanezca en su lugar a pesar de la fuerza aplicada.

Este elemento debe ser diseñado con las dimensiones y materiales necesarios para que soporte el peso de los punzones y además puede resistir la carga adicional que se la aplicará para hacer que los punzones se desplacen para perforar las hojas. Para esto, es necesario identificar el tipo y la cantidad de carga adicional al que estará sometido. El número de orificios que tendrá dependerá del número de punzones necesarios para perforar una hoja tamaño oficio, 0.3356 m (14"), que de acuerdo al arillo que se utilizará serán 27.

Por otra parte, debe ser diseñado con la forma para ser ensamblado en el elemento que lo va a sostener. Para diseñar el elemento que va a sostener al porta-punzones se deben considerar el peso y las dimensiones del mismo, para que pueda resistir el esfuerzo aplicado sin sufrir deformaciones, además, debe definirse también, la forma en que estará sujeto a la estructura de la máquina.

Se han considerado diferentes opciones para la forma que tendrá el porta-punzones de entre las cuales se elegirá el que cumpla con las características deseadas para el diseño.

Se consideró primeramente un sistema en el que el porta punzones que

está sostenido por otro elemento (no. 2 en Fig. No. 4.11) que tendrá además, un resorte para permitir que regrese a su posición original después de aplicar la fuerza. El soporte del porta punzones tendrá una guía en la base de la máquina, para bajar al aplicarse la fuerza sobre el porta-punzones.

Se ha considerado otra opción para el funcionamiento del sistema de punzones, Fig. No. 4.12, en el que el soporte del porta-punzones podría estar soldado a la base de apoyo o atornillado lateralmente a ella. En este caso, se tendrían que usar resortes unidos mediante tornillos al porta punzones y a la pared de la máquina a la vez, para permitir que el porta punzones vuelva a su lugar una vez liberada la fuerza.

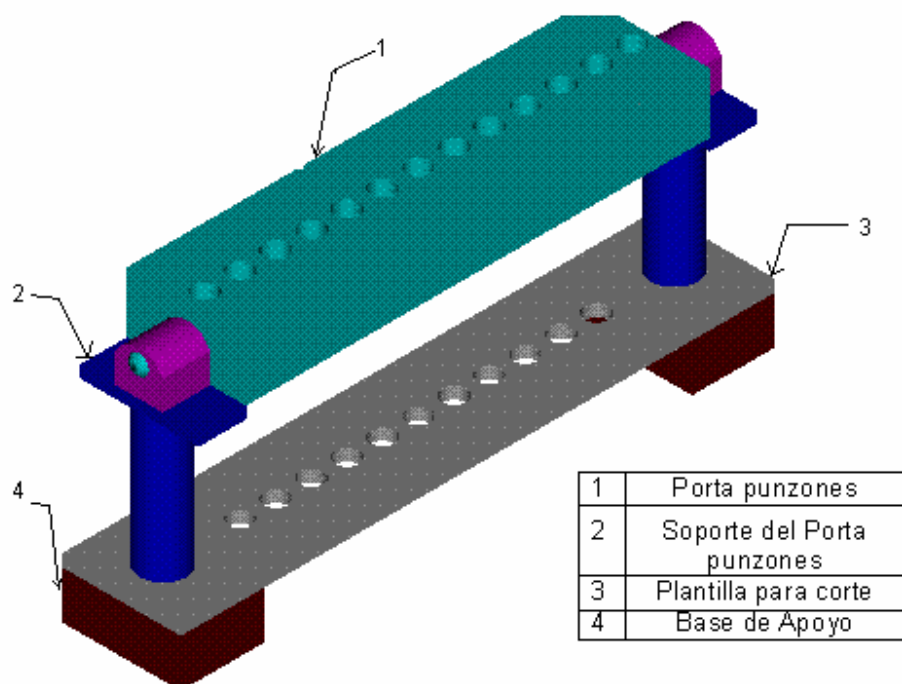


Fig. 4.11 Porta punzones

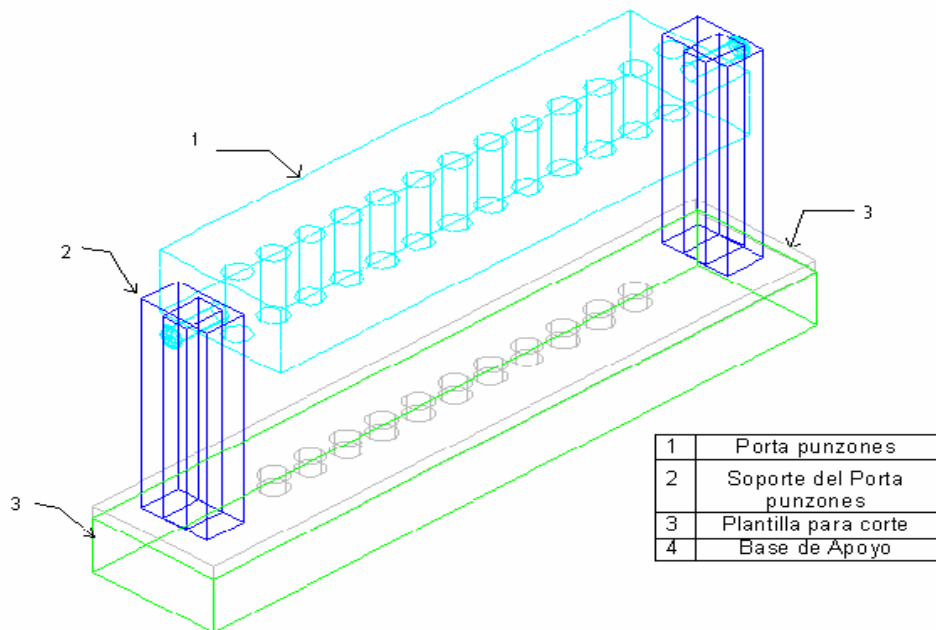
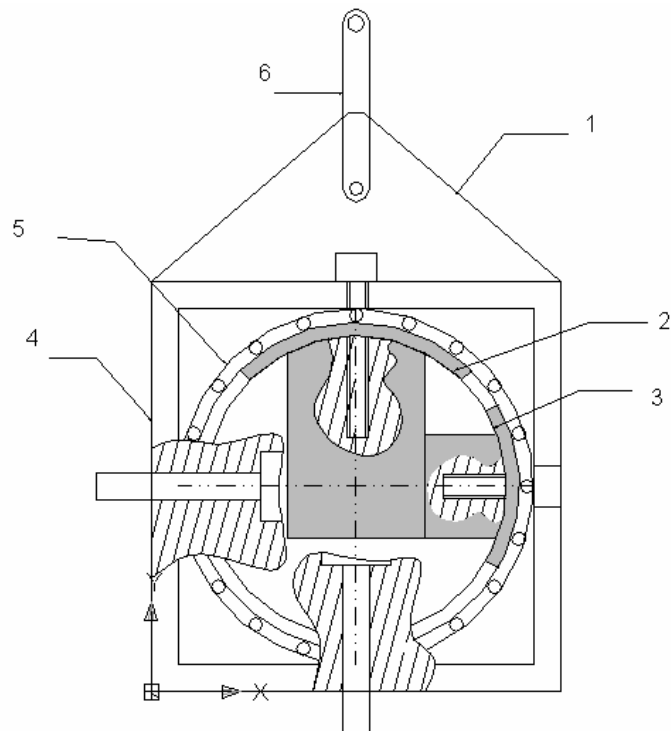


Fig. 4.12 Segunda Opción para Porta Punzones

Una tercera opción para el porta-punzones es la que se muestra en la Fig. 4.13, esta forma se pensó debido a que se requiere que la máquina perfore hojas para carpeta de argollas y hojas para engargolados. Este porta punzones estaría conectado a un brazo de palanca que le proporcionaría la fuerza y el movimiento, mediante un eslabón (no. 6, en Fig. 4.13). El eslabón se une a la tapa del porta punzones por medio de tornillos, lo mismo que la tapa al marco o caja del porta-punzones, la cual es de la misma longitud que el porta-punzones (no. 4 en Fig. 4.13). Dentro del marco se encontraría una especie de rodillo al cual se le permite girar por medio de 2 rodamientos ubicados a los extremos del rodillo y sobre el marco. Este rodillo tiene 2 tapas (no. 2 y no. 3 en Fig. 4.13) que corren a lo largo del rodillo, las cuales tienen la función de mantener los punzones en su lugar y debido a que a las tapas se unirían al rodillo por medio de tornillos, estas permitirían el reemplazo de los punzones en caso de requerirse. En un extremo

del cilindro se colocaría una manivela que es la que permitiría el giro del rodillo en el interior, permitiendo así que se escoja el juego de punzones para carpeta de argollas o el juego para engargolados. La carcasa exterior o marco, tendría ranuras a los lados para permitir el desplazamiento de los punzones al girar.

La cuarta opción Fig. 4.14, se pensó para un mecanismo de corte en el que la fuerza se aplica a los punzones mediante el principio de palanca, esta última aplica la fuerza sobre la tapa del porta punzones, que está unida a la placa de punzones por medio de tornillos que permitan el reemplazo de los punzones.



- | | |
|---------------------------|---------------------------------|
| 1. Tapa de Porta punzones | 2. Tapa A de rodillo |
| 3. Tapa B de Rodillo | 4. Marco/Caja de Porta Punzones |
| 5. Rodamiento | 6. Eslabón |

Fig. 4.13 Opción Giratoria para Porta Punzones

En la placa de punzones se encuentran los dos juegos de punzones necesarios para la máquina, de tal forma que puede realizar las dos funciones, una de cada lado del porta punzones. La placa de punzones está unida a la palanca por medio de un eslabón y tornillos.

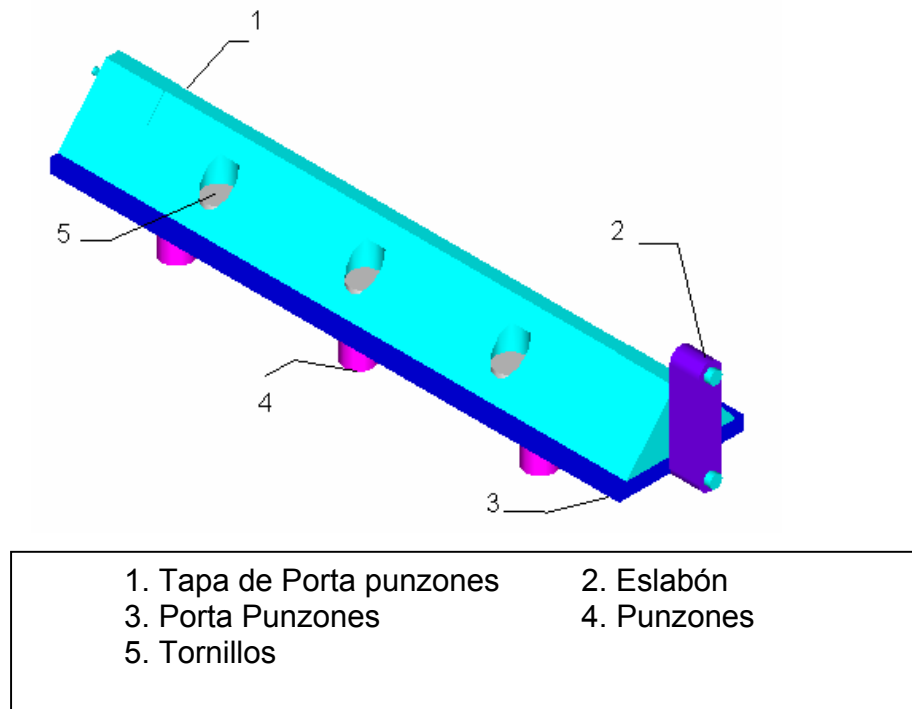


Fig. 4.14 Opción 4 para Porta Punzones

La opción 4 parece ser la mejor, ya que además de permitir el reemplazo de los punzones y la opción para los dos tipos de perforado, es un modelo más sencillo y por lo mismo, más fácil de maquinar.

Para elegir el tipo de porta punzones a utilizar, se elaboró la tabla 4.3 en la que se muestran las características deseadas para el porta punzones y las 4 opciones de porta punzones que se tienen. La opción a escoger será la que tenga el menor resultado de la suma de los números que indican qué tan buena es esa opción para satisfacer cada característica.

Tabla 4.4 Matriz para Selección del Porta Punzones

Característica Requerida	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
Facilidad de maquinar	1	1	4	2
Punzones Intercambiables	1	1	1	1
Opción para 2 Tipos de Perforado	4	4	1	1
Fácil Desensamble/ Ensamble	2	3	3	1
Menor Fuerza Requerida Para Cortar	4	4	1	1
Suma	12	13	10	6

1. Satisface excelentemente ese requisito
2. Bueno para satisfacer ese requisito
3. Satisface regularmente esa característica
4. No satisface en absoluto esa característica

De acuerdo a la tabla 4.3, se escoge la opción 4 ya que es la que obtuvo el menor puntaje, debido a que es bastante fácil de maquinar, ofrece la opción de punzones intercambiables, la opción para los 2 tipos de perforados requeridos, permite un fácil ensamble y desensamble de las piezas y al funcionar como parte de un mecanismo que utiliza una palanca para transmitir la fuerza, es uno de los que requiere menor fuerza para realizar la perforación.

Tomando en cuenta la Opción 4, Fig. 4.14 se procede a calcular las dimensiones del punzón.

El espesor del plato de punzones debe ser de $1 \frac{1}{2}$ veces el diámetro del perforador, utilizando la Tabla 4.4, se puede establecer fácilmente el espesor del

plato. [10] De acuerdo a esta tabla, el espesor del porta-punzones debe ser $12.7 \times 10^{-3} \text{ m}$ (1/2").

Tabla 4.5. Tabla para determinación del espesor del Porta Punzones [10]

Diámetro de Perforador	Espesor de Plato de Punzones
0 a 5/16"	1/2"
5/16" a 7/16"	5/8"
7/16" a 1/2"	3/4"
1/2 " a 5/8"	7/8"
5/8" a 11/16"	1"
1 1/16" a 3/4"	1 1/8"
3/4" a 7/8"	1 1/4"
7/8" a 15/16"	1 3/8"
15/16" a 1"	1 1/2"

El ancho del porta-punzones, debe determinarse considerando que en él estarán colocadas las dos líneas de punzones, dejando suficiente espacio entre ellas, asegurando que la hoja quede en la posición adecuada para perforarla. Además se debe considerar el espacio para atornillar la tapa con el plato de punzones para esto se considera que la mínima distancia del porta punzones a los centros de los tornillos debe ser $1 \frac{1}{2}$ veces el diámetro del afianzador. [10] También se considera que la mínima distancia entre el centro del afianzador al centro de los perforadores es de $1 \frac{1}{8}$ veces el diámetro del afianzador. Para saber la distancia que habrá entre un tornillo y otro, primero se debe determinar el número. de tornillos a usar, en este caso será 3 tornillos en cada uno de los lados

más largos del porta punzones. Posteriormente, se divide la longitud (L) entre el número de tornillos y esa es la distancia entre tornillos. La mitad de la cantidad encontrada ($L/2$) es la distancia entre el afianzador y la orilla del porta punzones ($L/6$), ver Fig. 4.15. [10]

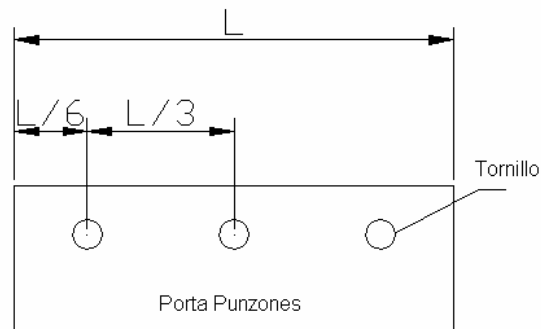


Fig 4.15 Distancia entre Afianzadores en el Porta Punzones

Para asegurar de que se usan suficientes tornillos para asegurar el porta punzones y la placa de freno, se debe calcular la fuerza de separación y posteriormente proceder a calcular las dimensiones necesarias del tornillo, Apéndice 1. De acuerdo a los cálculos, se utilizarán 6 tornillos $\frac{1}{4}$ - 28 UNF grado 2. Las dimensiones finales del porta punzones se encuentran en el plano ME-01-02.

4.3 Placa guía de los punzones.

La función de este elemento como su nombre lo indica es la de guía de los elementos móviles de corte. [14] El espesor de la placa de guía debe estar en función de la altura de los punzones y la altura a que se encuentra situada sobre la placa matriz debe ser función del espesor del material. Por la primera condición, la altura h_1 de la placa es normalmente, $h / 2.5$, donde h es la altura

total del punzón, Fig. 4.16. Por la condición 2, la distancia a que se encuentra de la placa matriz es aproximadamente cuatro o cinco veces el espesor del material.

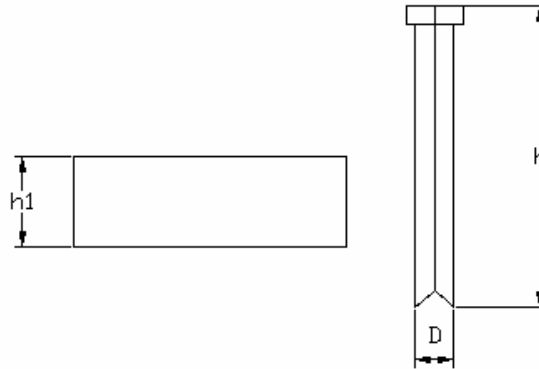


Fig. 4.16 Dimensiones de la Placa Guía

La placa de guía de punzones forma un cuerpo solidario de la placa matriz a través de soportes soldados tanto a la placa de guía como a la matriz.

Esta placa tiene exactamente la misma figura que la matriz, y a través de ella pasan los punzones de corte perfectamente guiados, confiando a esta guía el perfecto centrado del punzón y la matriz. Ya que el movimiento de los punzones debe ser estrictamente perpendicular a la matriz, debe haber un ligero juego (0.02 -0.05 mm) entre las paredes de los punzones y los agujeros de la tapa guía para que aún cuando existan defectos en el componente que aplica la fuerza, tales como juego entre el porta punzones o falta de perpendicularidad entre este y la placa guía, no se producirá choque entre el punzón y las aristas superiores del agujero de la placa guía. [15]

Para determinar las dimensiones de la placa, también se consideró que la distancia mínima entre un orificio de la placa guía y la orilla de la misma, debe ser $1.125 D$ [10].

Además, la distancia a la que se encuentra la placa guía, de la placa de punzones, debe ser suficiente para que los punzones escalonados corten completamente el papel sin que el porta punzones toque a la guía.

De acuerdo a todas las recomendaciones mencionadas anteriormente, se ha diseñado la placa guía cuyas dimensiones se muestra en el plano ME-01-03.

El material empleado en la placa de guías es comúnmente un acero al carbono. [14]

4.4 Placa de Freno de los Punzones

La placa de freno de los punzones, o contra placa de la placa porta punzones, es una que pieza que sirve de freno y retención de los punzones. Esta placa actúa, de freno, ya que sobre ella se encuentran apoyados los punzones en el instante de trabajo; comúnmente, esta placa suele construirse de hierro dulce [14]. Las deformaciones posibles en esta placa es la que se da debido a la compresión de los punzones sobre la misma, además de la que ocurre debido a la fuerza que la palanca aplica sobre los extremos de esta.

Para elegir el material del que estaría hecho se elaboró la Tabla 4.5, de donde se escoge el material que obtuvo la menor suma.

De acuerdo a la tabla 4. 5 se escoge el hierro fundido gris como material para la tapa del porta punzones, este material será ASTM A48 clase 20. Las dimensiones finales de la tapa del porta punzones se encuentran en el plano ME-01-04.

Tabla 4.6 Tabla de Selección de Material para la Placa de Freno de los Punzones

Material	Resistencia A Compresión	Maquinabilidad	Precio	Suma
Acero al carbono	2	2	2	6
Acero Aleado al Cromo	3	3	2	8
Hierro Gris	1	1	2	4

4. 5 Placa Matriz

La placa matriz, juntamente con el punzón, es uno de los elementos primordiales para el corte, además de que es uno de los elementos que más fuerza soporta en el momento del corte. La placa de corte suele estar situada en la parte inferior del sistema de corte y montada sobre una base sólida que impide todo moviendo de la misma. [14]

Sus características fundamentales son:

- a) Angulo de escape de la matriz
- b) Holgura entre el punzón y la matriz, ver Fig. 4.17

Para determinar el ángulo de escape de la matriz, se debe considerar que inmediatamente después de ser cortada, queda retenida en la pared del agujero

de la matriz; la siguiente hoja que se corta empujará la primera, expulsándola del agujero, sin embargo, la fricción existente entre el contorno de la pieza y la pared del agujero hará necesario el empleo de más energía, la cual se agrega a la energía para cortar.

En base a lo expuesto, el agujero de la matriz debe aumentar al aumentar el espesor de la placa, de manera que las fuerzas de fricción disminuyan a medida que la pieza de papel baje por el agujero. [15]

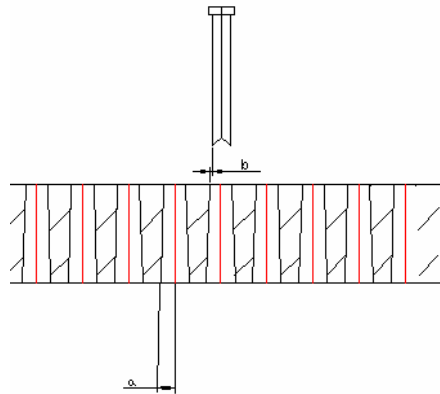


Fig. 4. 17 Características Fundamentales de la Matriz

El ángulo a utilizar comienza en la arista de corte y puede ser de 1 a 2° , en este caso se aplicará un ángulo de 2° para facilitar su maquinado.

Por otra parte, el valor del juego entre el punzón y la matriz es muy variable; desde el 5% hasta el 13% del espesor del material a cortar. Sin embargo para punzones muy pequeños el juego prácticamente no debe existir, siempre y cuando el espesor del material sea pequeño. [14]

De acuerdo a esto último, se elige un valor de holgura de 5% del espesor del material:

Espesor del material: $2.286 \times 10^{-3} \text{ m}$

5% de espesor del material: $0.1143 \times 10^{-3} \text{ m}$

Diámetro del orificio en matriz: Diámetro del punzón + % Holgura

Diámetro del orificio en matriz: $6.32 \times 10^{-3} \text{ m} + 0.1143 \times 10^{-3} = 6.4343 \times 10^{-3} \text{ m}$

El espesor de la placa matriz se elige de acuerdo al grosor del material a cortar conforme a la tabla 4.6: [10]

Tabla 4.7

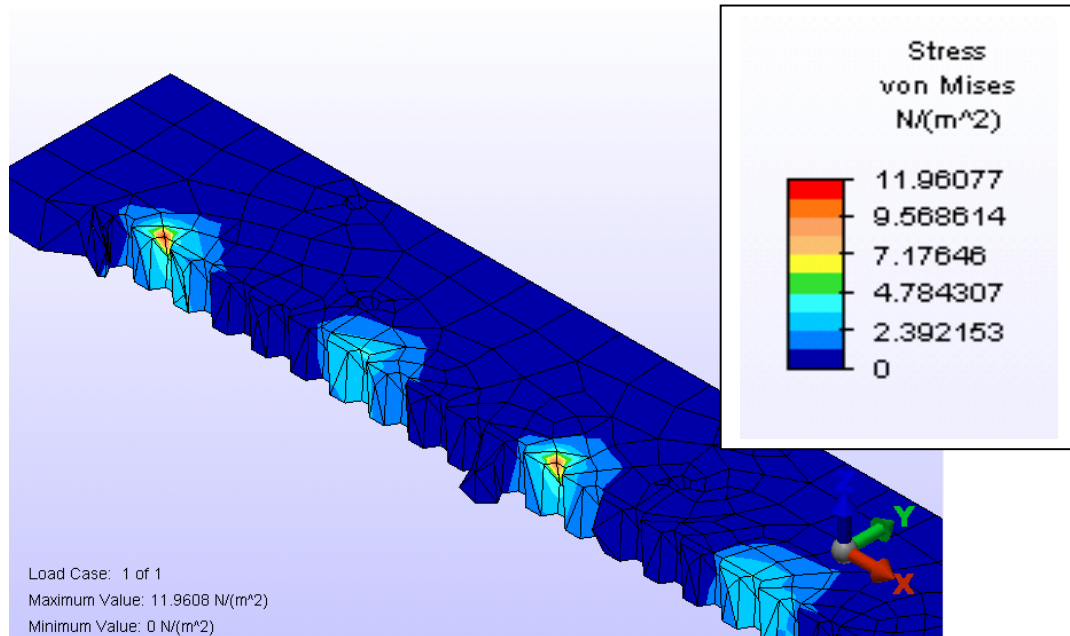
Relación entre el Grosor del Material a Cortar y el Espesor de la Placa Matriz

Espesor del material a cortar	Espesor de la placa Matriz
0 a 1/16"	15/16"
1/16 " a 1/8"	1 1/8"
1/8" a 3/16"	1 3/8"
3/16" a 1/4"	1 5/8"
Más de 1/4"	1 7/8"

De acuerdo a la tabla 4.6, y al espesor del material que es 0.09", el espesor de la matriz sería 1 1/8 "($28.575 \times 10^{-3} \text{ m}$) pero al hacer el análisis de esfuerzos y deformaciones se decidió que el espesor será de $12.7 \times 10^{-3} \text{ m}$ ya que con ese espesor la matriz resiste las fuerzas aplicadas, ver Fig. 4.18.

Para determinar el ancho y largo de la matriz, se debe considerar el montaje en su base, en este caso se utilizará un encastre total de la matriz en la base. Este sistema tiene la ventaja de que refuerza lateralmente la placa matriz; la

matriz se encastra 1/2 o 1/3 en la base, ajustando bien sus superficies, tanto las laterales como las de asiento. [14]



4.18 Matriz Sometida a Esfuerzos

También se debe considerar que la distancia mínima desde un orificio de la matriz hasta la orilla de la matriz es 1 1/8 veces el espesor de la matriz [10]. En este caso, esta distancia sería 0.01428 m.

Ya que la matriz y la placa guía regularmente son una sola pieza, en este caso, estas dos piezas se encontrarán unidas mediante una tercer placa colocada verticalmente que estará soldada tanto a la placa matriz como a la placa guía, ver Fig. 4 .19. [14]

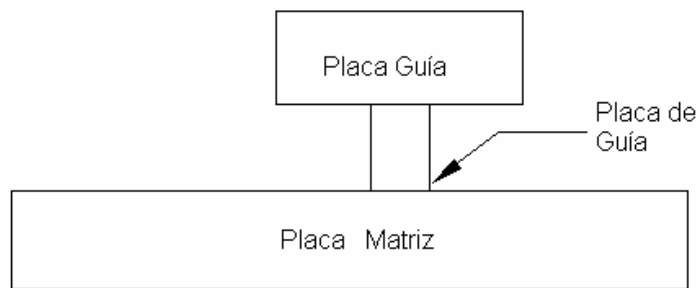


Fig. 4.19 Matriz Unida a Placa Guía

Por otra parte, se calcularon los esfuerzos a los que esta sometida la placa matriz, Fig. 4.20 y las deformaciones que sufre como resultado de las fuerzas aplicadas en el momento más crítico de la operación de corte que es cuando los punzones empiezan a cortar el papel, en la Fig. 4.21 se presenta la matriz en el momento en el que los primeros 5 punzones empiezan a cortar. Las dimensiones finales de la placa matriz se determinaron de acuerdo a las recomendaciones mencionadas anteriormente y se muestran en el plano ME-01-05.

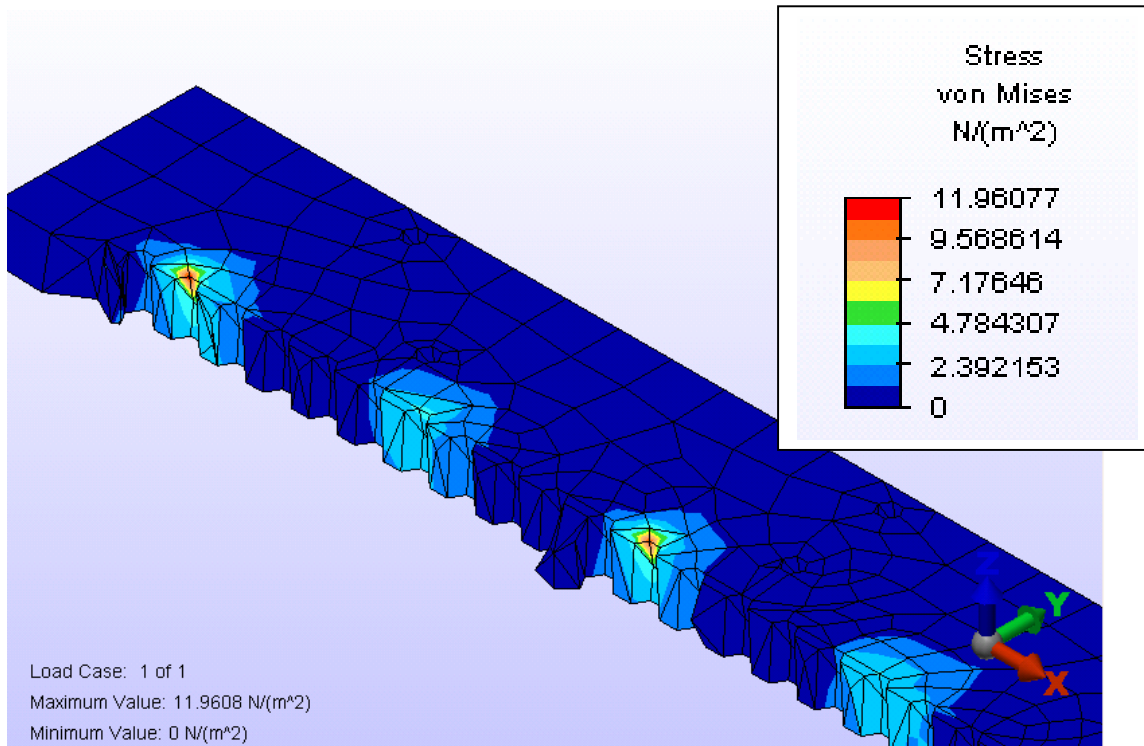


Fig. 4. 20 Esfuerzos en la Placa Matriz

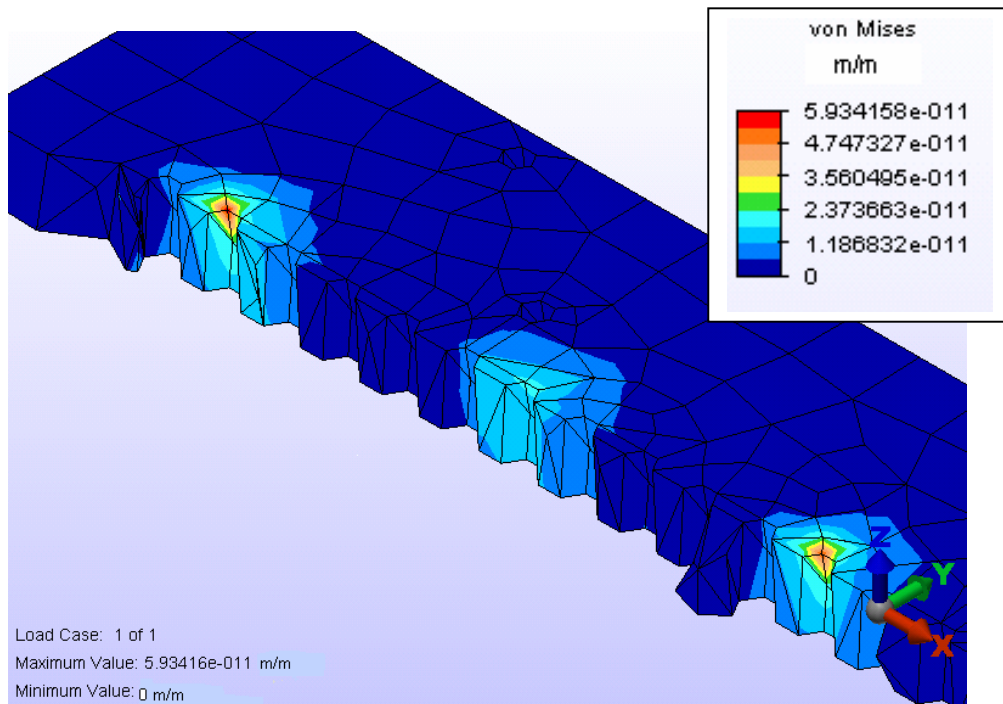


Figura 4. 21 Deformaciones Sufridas por la Placa Matriz

4.6 Determinación de la Fuerza de Corte del Papel

El aspecto más importante en el diseño de los elementos del sistema de corte, es determinar la fuerza requerida para cortar el papel para el cual se va a diseñar la máquina engargoladora, es decir, papel bond de 75 g/m^2 . Este aspecto es importante ya que en base a la fuerza requerida para cortar el papel, se determinarán las dimensiones, forma y material de los punzones. De la misma manera, al tener determinadas las características de los punzones, se pueden determinar las características que tendrá el porta punzones y la fuerza que se requiere aplicar al elemento para accionar el sistema de corte.

Inicialmente se habían considerado tres posibles formas de determinar este dato, todas considerando el uso de la máquina universal de pruebas. La primera forma era colocar en la máquina universal, un punzón maquinado previamente con forma y dimensiones predeterminadas y utilizarlo para cortar 25 hojas del papel mencionado y de esta forma, observar la fuerza que se requería para dicha operación.

La segunda forma considerada, era mediante el uso de una máquina engargoladora manual accionada mediante una palanca. Nuevamente, esta máquina se colocaría en la máquina universal y se aplicaría fuerza sobre la palanca, conociendo de esta forma el momento, y posteriormente la fuerza necesaria para cortar la hoja con todos los punzones de la máquina.

La tercera forma era colocar una perforadora manual para dos o tres orificios en la misma máquina y nuevamente aplicar fuerza sobre ella hasta que el papel fuera cortado.

Sin embargo, debido a que la máquina universal necesita una carga de aproximadamente 1000 N para comenzar a moverse, no se puede determinar con exactitud, en qué momento la fuerza aplicada empieza a ser utilizada para cortar el papel. Esta incertidumbre se debe también a que la fuerza necesaria para cortar el papel es pequeña para ser fácilmente identificada en la escala utilizada por la máquina.

Por esta razón, se utilizó una cuarta opción, que fue la de aplicar fuerza a una perforadora manual, mediante pesas taradas, Fig. no. 4.22. Para esto se tuvo que desarmar la perforadora y quitar los resortes que proporcionaban una fuerza de reacción. El peso se aplicó gradualmente hasta encontrar el peso que cortaba las 25 hojas, Fig. No. 4.23. El experimento se hizo 10 veces por cada cantidad de hojas que fueron 1, 2, 5, 10,20 y 25 hojas para cada caso.

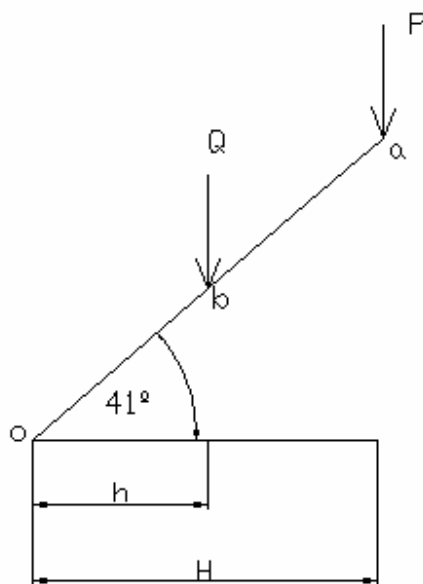


Fig. 4.22 Prueba de Corte para Perforar 5 Hojas

Ya que el peso se aplica a cierta distancia y con un ángulo, se tuvo que calcular primeramente el momento necesario para cortar las hojas y posteriormente, la fuerza aplicada en el punzón, Fig. No. 4.24. La prueba se realizó 10 veces para 1, 5, 10 Los resultados de este experimento se muestran en la Tabla 4.8.



Fig. 4.23 Prueba de Corte para Perforar 25 Hojas



P – Peso Aplicado
Q – Carga transmitida al Punzón

Fig. 4.24 Prueba de Corte Utilizada

De los cálculos mostrados en el apéndice 2, se obtiene que la fuerza requerida para cortar 25 hojas de 75 g/m² es de 530.28 N. Para este cálculo se debe considerar que se utilizó un punzón comercial, Fig. No. 4.25, plano1.

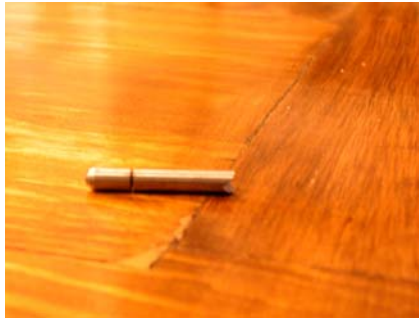


Fig. 4.25 Punzón Utilizado

Tabla 4.8

Resultados de la Prueba de Corte

No. De Hojas	Fuerza requerida para cortar las hojas aplicada en el extremo de la palanca (Kg)										Moda (Kg)	Media (Kg)
--------------------	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------------	---------------

1	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.30	0.20	0.30	0.20	0.20	0.20	0.22
2	0.40	0.50	0.40	0.40	0.60	0.50	0.50	0.40	0.40	0.50	0.40	0.46
5	1.0	2.0	1.3	1.0	1.0	1.0	1.2	1.5	1.9	1.8	1.0	1.4
10	4.0	4.0	3.5	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.5	4.0	4.0	4.0
20	7.0	8.0	7.5	7.0	7.5	8.0	7.0	7.5	7.0	8.0	7.0	7.4
25	10	10	11	10	9.5	10	10	10	10	10	10	10