

Diseño de troquel progresivo de cinco pasos para la fabricación de pieza “Contacto Auxiliar”

Design of progressive five-step die for the manufacture of part "Auxiliary Contact"

RAMOS-LÁZARO, Gabriela*†, DUARTE-CABRERA, Gerardo Daniel, FERRER-ALMARAZ, Miguel Ángel y LEDESMA-JAIME, Reynaldo

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, Carretera Valle de Santiago-Huanímara Km. 1.2, 38400, Valle de Santiago, Gto

ID 1^{er} Autor: *Gabriela, Ramos-Lázaro*

ID 1^{er} Coautor: *Gerardo Daniel, Duarte-Cabrera*

ID 2^{do} Coautor: *Miguel Ángel, Ferrer-Almaraz*

ID 3^{er} Coautor: *Reynaldo, Ledesma-Jaime*

Recibido 23 de Junio, 2018; Aceptado 12 de Agosto, 2018

Resumen

Como parte de una investigación para un proyecto de transferencia tecnológica para la empresa Grupo Multico S.A. de C.V., se reporta en este artículo los resultados obtenidos con respecto al diseño de un troquel progresivo de cinco pasos para cubrir la necesidad de un herramental que produzca la pieza denominada “Contacto auxiliar”. Previo al diseño se realizaron los cálculos correspondientes y el modelado en 3D validando el diseño por medio del análisis de elemento finito.

Diseño, Troquel, análisis FEA

Abstract

As part of an investigation for a technology transfer project for the company Grupo Multico S.A. de C.V., reports in this article the results obtained with respect to the design of a progressive five-step die to cover the need for a tooling that produces the piece called "Auxiliary contact". Prior to the design, the corresponding calculations and 3D modeling were performed, validating the design through finite element analysis.

Design, die, FEA Simulation

Citación: RAMOS-LÁZARO, Gabriela, DUARTE-CABRERA, Gerardo Daniel, FERRER-ALMARAZ, Miguel Ángel y LEDESMA-JAIME, Reynaldo. Diseño de troquel progresivo de cinco pasos para la fabricación de pieza “Contacto Auxiliar”. Revista del Diseño Innovativo. 2018, 2-4: 13-24

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: gramosla@utsoe.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La empresa Grupo Multico posee líneas de ensamble para la empresa Maclean Power Systems en procesos de troquelado, donde se detectó que uno de los componentes estaba saliendo fuera de dimensiones. La pieza involucrada está denominada como “Contacto Auxiliar”, analizando los factores influyentes en estas variaciones se determinó que la razón de la falla es el herramental utilizado, por lo que se diseñó un troquel progresivo de cinco pasos para corregir dicha pieza.

La pieza denominada “Contacto Auxiliar” parte de una cinta de cobre calibre #16 (0.0508”) con un ancho de 7/16”.

Dentro de los problemas encontrados en el herramental, es la falta de sujeción durante los procesos de conformado (cortes, dobleces, embutido); otro detalle es la forma con la que se obtienen los dobleces, en este proceso no se tiene considerado el “spring-back” o también conocido como retroceso elástico, lo que origina que la pieza no entre en un comparador pasa-no pasa. Cabe mencionar que los dobleces que lleva la pieza se realizan en el mismo lugar y en un solo paso, por lo tanto, no se controla el proceso de doblez.

Existe también en la pieza final un desplazamiento en el conformado de un nervio, existencia de viruta en los cortes, lo que da una mala estética de la misma.

El último problema detectado y que causa desplazamientos en la pieza, es la falta de repetitividad de la colocación de los componentes del troquel; esto se debe a la ausencia de pernos guía, como consecuencia los punzones y matrices varían su posición cada vez que se le da mantenimiento al herramental.

Con este herramental se cubrieron los requisitos de fabricación y redujeron los tiempos de manufactura con respecto a las vibraciones y distorsiones, así como el máximo aprovechamiento de material.

Desarrollo

Metodología de la Investigación

Se plantea una metodología sistemática y ordenada, la cual se describe a continuación.

Tipo de Investigación

En este documento se reportan algunos resultados sobre el proyecto en base a una investigación tipo aplicada, centrándose en la selección de componentes mecánicos, cálculo de esfuerzo, momentos y su validación mediante el análisis de elemento finito. Misma que fue soportada por una fuerte investigación documental para desarrollar la mejor alternativa al problema, dando una solución concreta para satisfacer una necesidad específica.

Metodología del diseño

Se realizó una memoria de cálculos para el dimensionamiento de la banda y del troquel, dando énfasis en el anidamiento, secuencia de operaciones, elección de punzones, herramientas de corte, doblado, embutido, roscado y abocardado de la parte inferior y superior del troquel. Ver Figura 1.

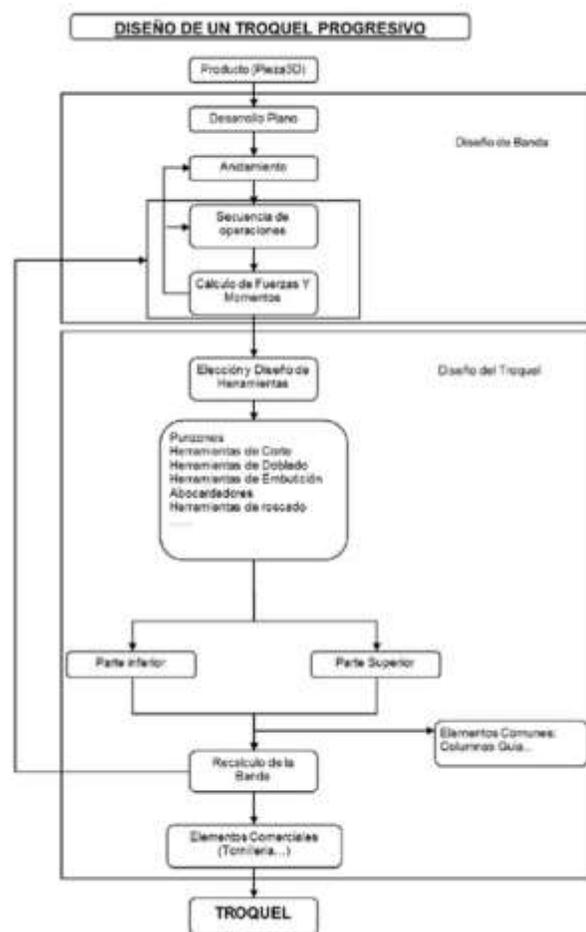


Figura 1 Metodología de diseño

Especificaciones a tomar en cuenta para el diseño del troquel:

- Crear un nervio mediante embutido.
- Realizar barrenos.

- Ejecutar corte de chaflanes a 45°.
- Imprimir dobleces de 88° y 31°.
- Desprender material mediante corte.

Diseño de banda

Etapa inicial en el diseño de un troquel. La observación del diseño de banda informa de la evolución que se produce en la tira de chapa a medida que ésta va recorriendo el troquel, así como el efecto que tienen las diferentes operaciones que la transforman desde una tira plana hasta la pieza acabada.

En el diseño de banda los datos de partida surgen de la configuración y las características de la pieza que se va a fabricar. Antes de proceder a su diseño se realiza un análisis, del que se obtendrá la información para diseñar la banda y el troquel correspondiente.

El diseño de banda se inicia con el desarrollo plano de la pieza, incluyendo a la última el cálculo de las fuerzas y momentos que intervienen en el proceso.

Desarrollo en plano

El elemento a fabricar parte de una tira plana de chapa, por lo tanto, es necesario obtener su desarrollo plano, el cual se transformará mediante las operaciones a las que se somete en el interior del troquel hasta obtener la pieza deseada.

En la Figura 2 se muestra el plano de una pieza, cuyas dimensiones se observan para posteriormente realizar el desarrollo en plano de la pieza.



Figura 2 Dimensionamiento de pieza Contacto Auxiliar

El desarrollo plano de la pieza se obtiene “desdoblando” los dobleces de la pieza, los demás elementos que cambian la forma de la chapa no se tienen en cuenta al trazar el desarrollo, por lo que dichas operaciones se agregan posteriormente.

Para determinar el desarrollo plano de una pieza se determina la longitud de las partes dobladas como se ilustra en la Figura 3. Es necesario conocer la posición de la fibra neutra del elemento doblado; este depende principalmente de la relación entre el espesor y el radio interior de la chapa, aplicándose para su determinación tablas experimentales.

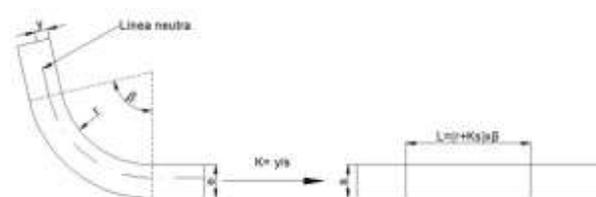


Figura 3 Desarrollo plano

Al tener determinada la posición de la fibra neutra, la longitud de los elementos doblados se obtiene por medio de la ecuación 1:

$$L = (r + Ks)\beta \quad (1)$$

Donde:

L= Longitud desplegada

r= Radio interior

K= y/s , factor que indica la posición de la fibra neutra

β = Ángulo de doblado

s= Espesor de la chapa

y= distancia entre la fibra neutra y el exterior de la chapa

Factor K

El método clásico indica directamente el valor del factor K, el cual determina la posición de la fibra neutra. Este factor depende del material, espesor, del radio de curvado y de la amplitud del ángulo.

La norma DIN 6935 sobre el conformado en frío, incluye un factor de calibración K, este tiene en cuenta las variaciones longitudinales de generadas en el plegado. El factor K considerado es $K= y/(s/2)$.

Esta norma proporciona unas fórmulas empíricas para su determinación, dependiendo de la relación entre el radio de doblado y el espesor de la chapa:

Si $r/s > 5$ $K=1$

Si $r/s \leq 5$

Entonces se utiliza la ecuación 2.

$$K = 0.65 + \frac{1}{2} \log \left(\frac{r}{s} \right) \quad (2)$$

La longitud desplegada $L = a + b + V$ que se muestra en la Figura 4.

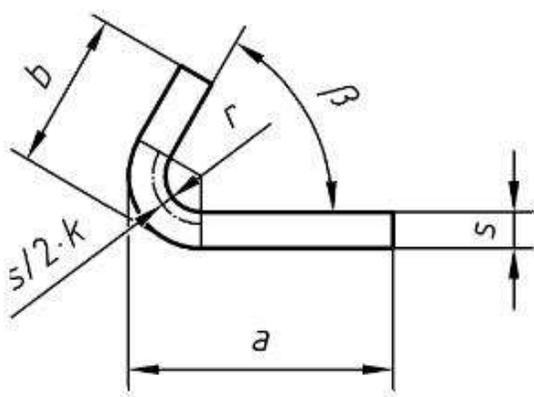


Figura 4 Longitud desplegada (DIN 6935)

V se obtiene con la ecuación 2 y 3 según aplique el caso:

Para $0 < \beta \leq 90^\circ$

$$V = \pi \left(\frac{180^\circ - \beta}{180^\circ} \right) \circ \left(r + \frac{Ks}{2} \right) - 2(r + 2) \quad (2)$$

Para $90^\circ < \beta \leq 165^\circ$

$$V = \pi \left(\frac{180^\circ - \beta}{180^\circ} \right) \circ \left(r + \frac{Ks}{2} \right) - 2(r + 2) \tan \left(\frac{180^\circ - \beta}{2} \right) \quad (3)$$

Anidamiento

Debido a que un troquel progresivo tiene diferentes etapas, en las que se va modificando la tira de chapa a medida que se desplaza, se ha de determinar la separación mínima entre posiciones contiguas. La distancia mínima entre dos piezas contiguas se recomienda que sea al menos 1.5 veces el espesor de la chapa (Oehler-Kaiser 1977).

Sabiendo que la longitud total de la pieza en plano es de 2.3107" se realiza un arreglo para obtener el paso, este se observa en la figura 27.

Las características de la pieza se adecuan para que la solera de cobre se alinee de acuerdo al sentido del grano del material como se muestra en la Figura 5. Con esto se evita que el material sufra y tienda a fracturarse al momento de realizar las operaciones de doblado.



Figura 5 Anidamiento "Contacto Auxiliar"

Secuencia de operaciones "Contacto Auxiliar"

En la Figura 6 se muestra la secuencia de operaciones que se lleva a cabo para la obtención de la pieza "Contacto Auxiliar".

Enseguida se detalla la secuencia de operaciones:

- Paso 1. Realización del embutido (nervio)
- Paso 2. Barrenos de $\varnothing 0.128$ "
- Paso 3. Corte de triángulos a 45° (chaflanes)
- Paso 4. Desprendimiento de la pieza (Corte).
- Paso 5. Primer doblé (88°)
- Paso 6. Segundo doblé (31°)

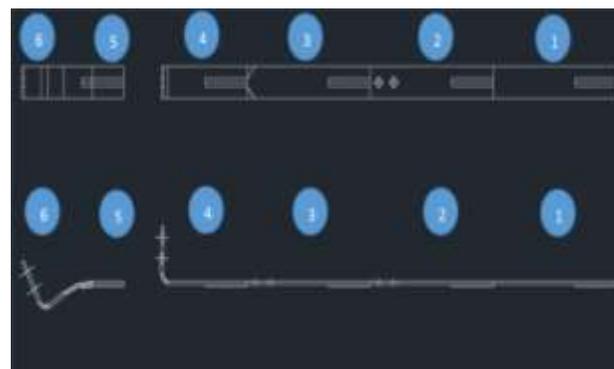


Figura 6 Secuencia de operaciones para la obtención de la pieza "contacto Auxiliar"

Cálculo de fuerzas

Para obtener las fuerzas que intervienen en el proceso de conformado, se toma en cuenta el material, las propiedades del cobre C-110-00.

A continuación, se describen el procedimiento para la obtención de las fuerzas necesarias.

Proceso de conformado

Barrenos de Ø 0.128in

$$P = S_s LT \quad (4)$$

$$S_s = 28.0 \times 10^3 \text{ PSI}$$

$$L = 0.4021248 \text{ in}$$

$$T = 0.0508 \text{ in}$$

$$P = (28.0 \times 10^3 \text{ PSI})(0.4021248 \text{ in})(0.0508 \text{ in})$$

$$P = 571.981 \text{ Lb}$$

Corte de chaflán a 45°

$$P = S_s LT \quad (5)$$

$$S_s = 28.0 \times 10^3 \text{ PSI}$$

$$L = 0.22097 \text{ in}$$

$$T = 0.0508 \text{ in}$$

$$P = (28.0 \times 10^3 \text{ PSI})(0.22097 \text{ in})(0.0508 \text{ in})$$

$$P = 314.308 \text{ Lb}$$

Corte de material (desprendimiento)

$$P = S_s LT \quad (6)$$

$$S_s = 28.0 \times 10^3 \text{ PSI}$$

$$D = 0.4375 \text{ in}$$

$$T = 0.0508 \text{ in}$$

$$P = (28.0 \times 10^3 \text{ PSI})(0.4375 \text{ in})(0.0508 \text{ in})$$

$$P = 622.3 \text{ Lb}$$

Estampado

$$P = \frac{TS_T}{R} \quad (7)$$

$$T = 0.0508 \text{ in}$$

$$S_T = 50.0 \times 10^3 \text{ PSI}$$

$$R = 0.0625 \text{ in}$$

$$P = \frac{(0.0508 \text{ in})(50.0 \times 10^3 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2})}{0.0625 \text{ in}}$$

$$P = 40640 \text{ PSI}$$

Primer doblez (88°)

$$P = \frac{1.33LS_T T^2}{w} \quad (8)$$

$$S_T = 50.0 \times 10^3 \text{ PSI}$$

$$T = 0.0508 \text{ in}$$

$$L = 0.0961 \text{ in}$$

$$W = 0.4375 \text{ in}$$

$$K = 1.33$$

$$ISSN 2523-6830$$

$$ECORFAN \text{® Todos los derechos reservados}$$

$$P = \frac{1.33(0.0961 \text{ in})(50.0 \times 10^3 \text{ PSI})(0.0508 \text{ in})^2}{0.4375 \text{ in}}$$

$$P = 69.704 \text{ Lb}$$

Segundo Doblez (31°)

$$P = \frac{1.33LS_T T^2}{w} \quad (9)$$

$$S_T = 50.0 \times 10^3 \text{ PSI}$$

$$T = 0.0508 \text{ in}$$

$$L = 0.5548 \text{ in}$$

$$W = 0.4375 \text{ in}$$

$$K = 1.33$$

$$P = \frac{1.33(0.5548 \text{ in})(50.0 \times 10^3 \text{ PSI})(0.0508 \text{ in})^2}{0.4375 \text{ in}}$$

$$P = 217.624 \text{ Lb}$$

En la tabla 1 se muestra un concentrado de las fuerzas requeridas para el conformado del "Contacto Auxiliar".

Proceso de conformado	Fuerza (lb)
Barreno de Ø0.128"	571.981
Corte de chaflán a 45°	314.308
Corte de material (Desprendimiento)	622.3
Primer doblez (88°)	69.704
Segundo doblez (31°)	217.624

Tabla 1 Fuerzas requeridas para el proceso de conformado

Determinación del modelo conceptual

Una vez que se realizó la investigación documental y de campo, se determinó el modelo conceptual final del troquel progresivo. Ver Figura 7.

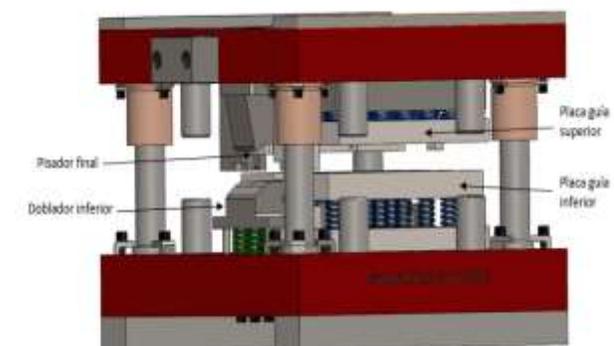


Figura 7 Modelo del troquel progresivo

Desarrollo de la ingeniería de detalle

En esta etapa se desarrollaron los planos de fabricación (véase gráfico 9), para determinar las dimensiones y se realizó la lista de materiales y el despiece de la misma, como muestra de ensamble. Ver Figura 8 y 10.

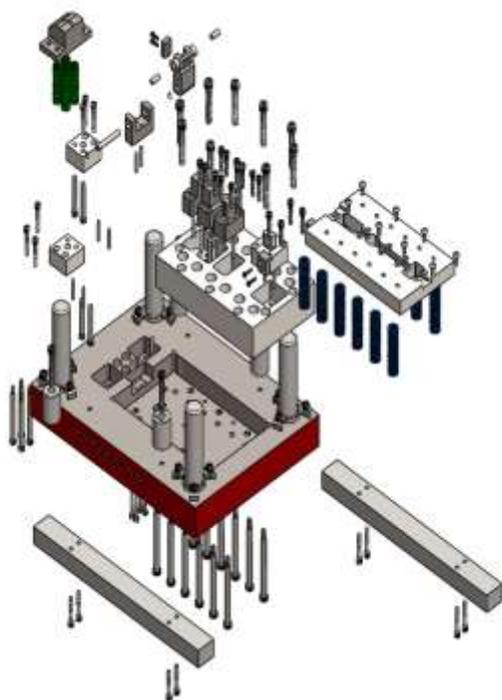


Figura 8 Vista explosionada de la parte inferior, troquel progresivo

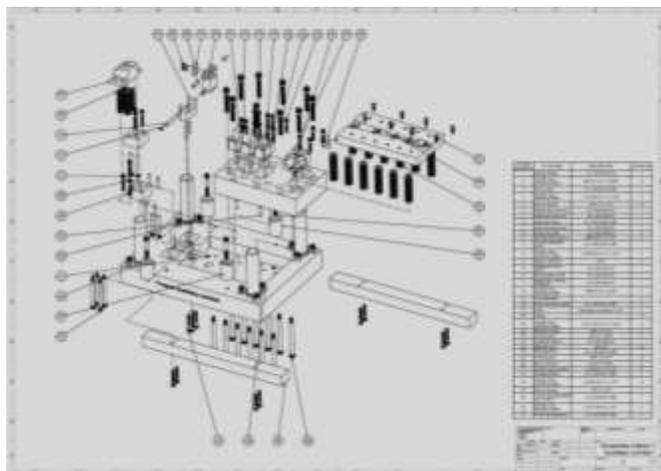


Figura 9 Plano vista explosionada de la parte inferior, troquel progresivo

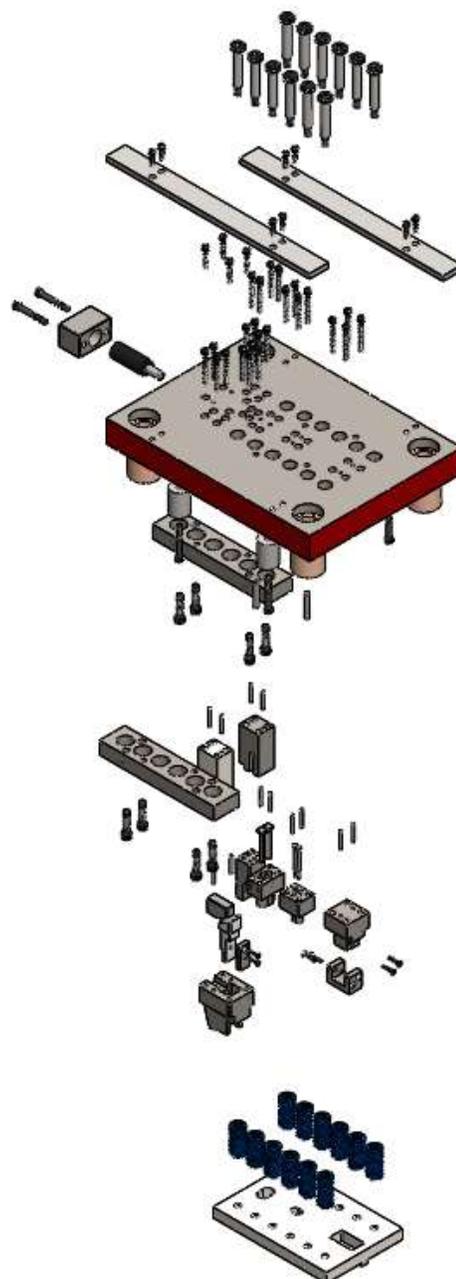


Figura 10 Vista explosionada de la parte superior, troquel progresivo

Con un total de 72 piezas modeladas para su fabricación.

Resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de este proyecto. En primer lugar, se detalla el análisis de elemento finito realizado a las piezas críticas y se detallan los pasos que realiza el troquel progresivo durante el conformado de la pieza.

Selección de material

Para obtener los resultados de deformación y resistencias de las piezas se seleccionaron los materiales de acuerdo a la norma ANSI B94.14-1968. Ver tabla 2.

Pieza	Material
Punzón de nervio	AISI SAE 4140 T
Punzón de doblado	AISI SAE A2
Doblador móvil y corte	AISI SAE A2
Doblador inferior	AISI SAE 4140 T
Matriz corte de triángulo	AISI SAE A2
Punzón de barrenos	AISI SAE A2

Tabla 1 Lista de materiales de piezas críticas a evaluar

Teniendo estos datos del material se procede a verificar el diseño de las piezas críticas.

Verificación del diseño

Mediante el software de SolidWorks se resolvieron todas las ecuaciones diferenciales que enlazan la geometría de piezas, la estabilidad y sus propiedades constitutivas (método de elemento finito). Se obtienen los siguientes resultados en tensiones.

La validación se realiza en base a la tensión máxima del material contra la fuerza aplicada durante el conformado en cada una de las anteriores y corroborar que soporten la carga aplicada para su correcto funcionamiento.

Análisis de elemento finito a matriz de triángulo

El siguiente análisis fue realizado al conjunto que forma la matriz de corte de triángulo. El conjunto incluye la matriz de triángulo I y la matriz de triángulo II. Los anteriores realizan el corte de chaflán a 45°. La fuerza requerida para un corte es de 314.308 lb; la matriz hace dos cortes e incorporando un factor de 1.5, la fuerza de análisis será de 942.924 lb.

En la Figura 11 se muestra la distribución de esfuerzos. La fuerza fue aplicada sobre la parte superior en color verde. La tensión mínima es de 1.67 PSI (zona azul) y la tensión máxima de 1,641.59 PSI (zona roja), con un límite elástico de 229,000 PSI, por lo tanto, soportará la carga de trabajo.

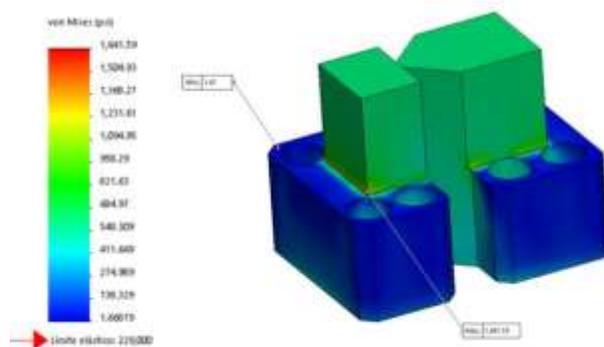


Figura 11 Distribución de esfuerzos resultante en matriz de corte triángulo

Análisis de elemento finito a doblador móvil y corte

El doblador móvil y corte realiza dos procesos de conformado: doblado y corte; en este análisis solo se incluye el proceso de doblado. La fuerza implicada es la calculada para el primer doblado (88°), para este análisis se toma la fuerza con un factor de seguridad de 1.5, quedando en 104.556 lb. En la Figura 12 se presenta la distribución de esfuerzos resultante en el doblador móvil y corte.

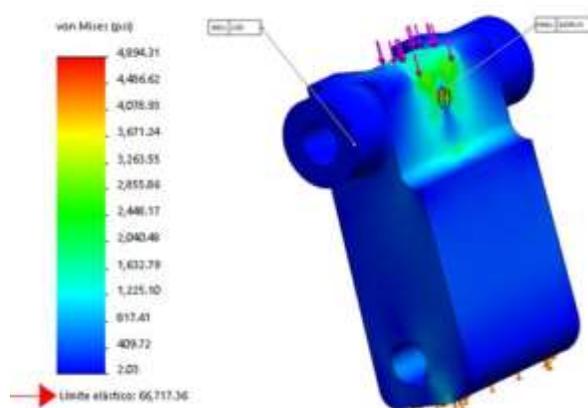


Figura 12 Distribución de esfuerzos resultante en el doblador móvil y corte

La sujeción fija se realizó sobre la parte inferior (flechas naranjas) y la fuerza fue aplicada sobre la parte superior (flechas rosas), con esto se obtuvo una tensión mínima de 2.03 PSI (zona azul) y una tensión máxima de 4,894.31 PSI, el límite elástico del material es de 66,717.36 PSI; por lo tanto, la pieza soporta las cargas de trabajo.

Análisis de elemento finito al doblador inferior

La fuerza aplicada en este análisis es igual a la fuerza para el segundo doblado (31°), aplicando un factor de seguridad de 1.5, la fuerza de estudio será de 326.436 lb. En la Figura 13 se muestra la distribución de esfuerzos resultante del doblador inferior.

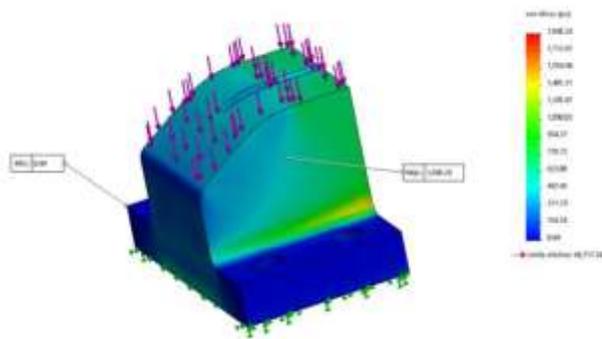


Figura 13 Distribución de esfuerzos resultante en el doblador inferior

Como se observa la tensión mínima es de 0.49 PSI (zona azul) y la tensión máxima es de 1868.26 PSI, cuyo límite elástico del material es de 66,717.36 PSI; por lo tanto, la pieza soportará las cargas de trabajo.

Análisis de elemento finito a punzón de nervio

Se efectúa una presión de trabajo de 48,973 PSI. En la Figura 14 se muestra la distribución de esfuerzos resultante en el punzón de nervio. La tensión mínima es de 0 (zona azul) y la máxima de 57,088.24 PSI, el límite elástico es de 229,000 PSI, por lo tanto, soporta la carga de trabajo.

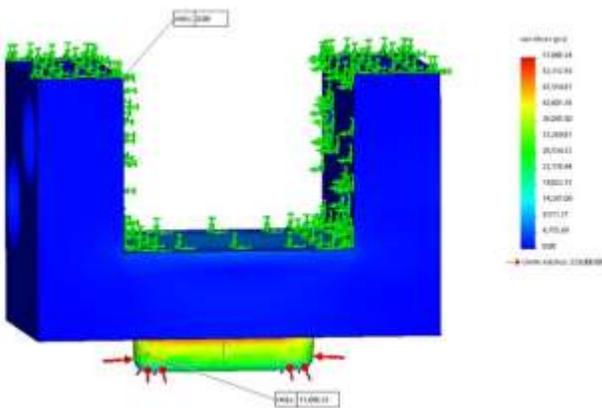


Figura 14 Distribución de esfuerzos resultante en el punzón de nervio

Análisis de elemento finito a punzón de barrenos de Ø0.128”

La fuerza para este proceso es igual a 571.981 lb; aplicando un factor de seguridad de 1.5, la fuerza será de 857.97 lb. Para este estudio se utilizará la fuerza con un factor de seguridad de 1.5, en la Figura 15 se muestra la distribución de esfuerzos resultante.

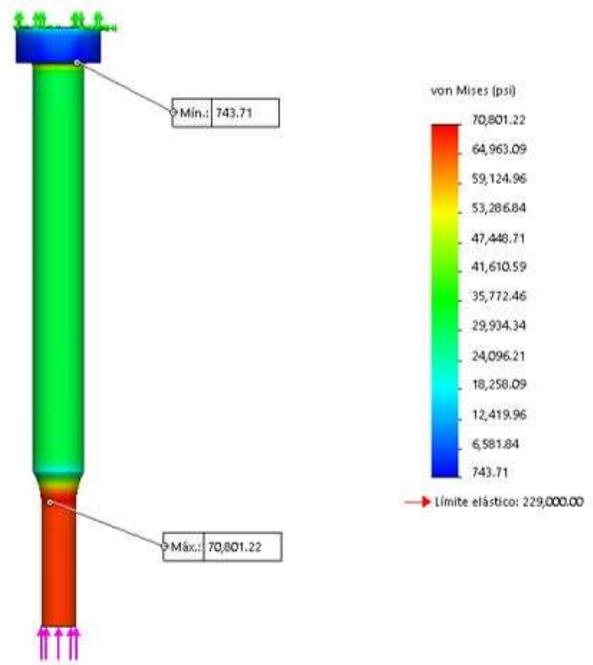


Figura 15 Distribución de esfuerzos resultante en el punzón de barrenos de Ø 0.128”

Como se observa, la tensión mínima es de 743.71 PSI (zona azul) y la tensión máxima de 70,801.22 PSI (zona roja), el límite elástico del material es de 229,000 PSI; por lo tanto, soportará la carga de trabajo.

Análisis de elemento finito a punzón de doblado 88°

Para el siguiente análisis se aplicó la fuerza para el primer doblado (88°), con un factor de seguridad de 1.5 siendo la fuerza de estudio igual a 104.556 lb. En la Figura 16 se muestra la distribución de esfuerzos resultante en el punzón de doblado 88°.

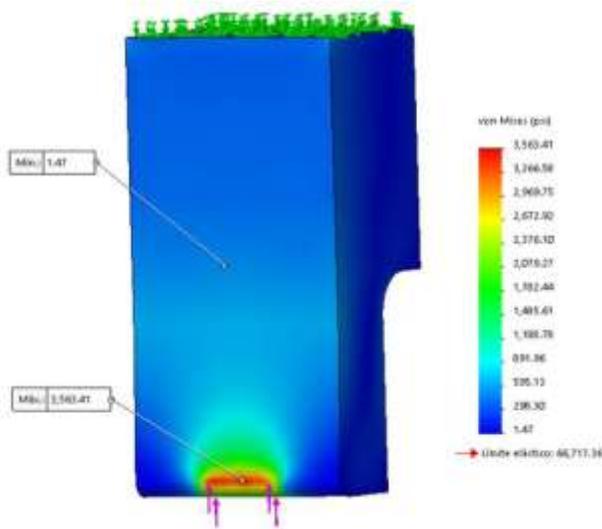


Figura 16 Distribución de esfuerzos resultante en el punzón de doblado 88°

La tensión mínima es de 1.47 PSI (zona azul) y la tensión máxima de 3,563.41 PSI (zona roja), el límite elástico del material es de 66,717.36 PSI; por lo tanto, funcionará en condiciones de trabajo.

Funcionamiento

El herramental está diseñado para realizar la pieza “contacto auxiliar” en seis pasos. Los pasos que se realizan, son los siguientes:

- Paso 1: Embutido (nervio)
- Paso 2: Barrenado
- Paso 3: Corte de chaflanes a 45°
- Paso 4: Primer doblado (88°)
- Paso 5: Desprendimiento del material (corte)
- Paso 6: Segundo doblado (31°)

La solera de cobre inicia el viaje en la placa guía inferior, esto se puede apreciar (ver Figura 17), así mismo cabe señalar que el material no saldrá de la placa guía inferior, ya que se le adicionaron cuatro pares de tornillos cabeza de botón, que servirán como retén de la solera.

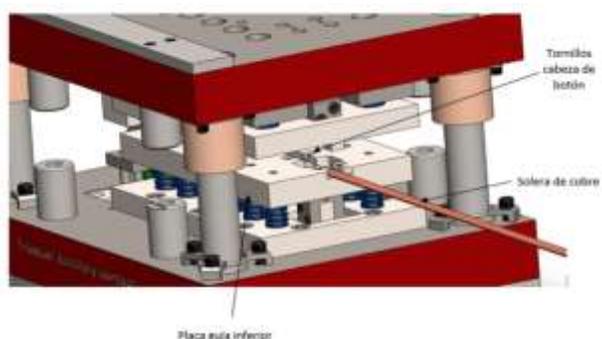


Figura 17 Entrada del material al herramental

El pisado se lleva a cabo con la placa guía inferior y superior, el pisador final y el doblador inferior; en la Figura 18 se muestra la ubicación de los anteriores en el herramental.

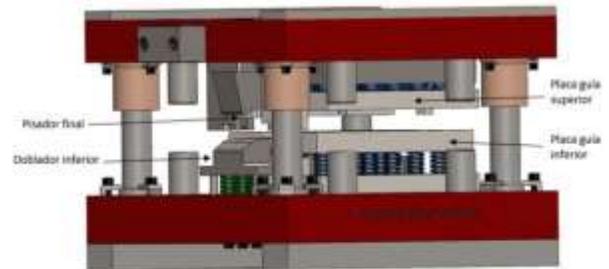


Figura 18 Elementos de sujeción en el herramental

A Continuación, se detalla el proceso de conformado.

Paso 1. Embutido (nervio)

En esta etapa se realiza el nervio que lleva la pieza “contacto auxiliar”, este se ilustra en la Figura 19.

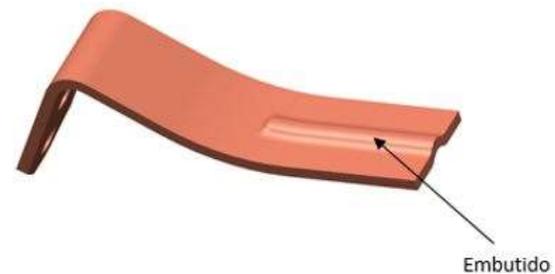


Figura 19 Embutido en pieza “contacto auxiliar”

La Figura 20 muestra como interaccionan los componentes anteriores con la solera de cobre.

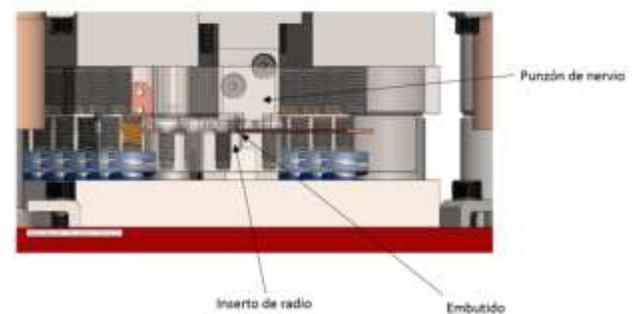


Figura 20 Embutido nervio

Paso 2. Barrenado

El “contacto auxiliar incluye dos barrenados, ver Figura 21.

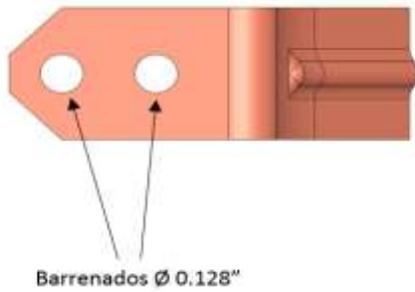


Figura 21 Barrenado en pieza

Los encargados de realizar este proceso son los dos punzones de Ø 0.128” y la matriz de barrenado Ø 0.128”. Este proceso se lleva a cabo después de haberse realizado el primer paso. La figura 78 esquematiza la interacción de los dos punzones con la matriz para realizar este corte.

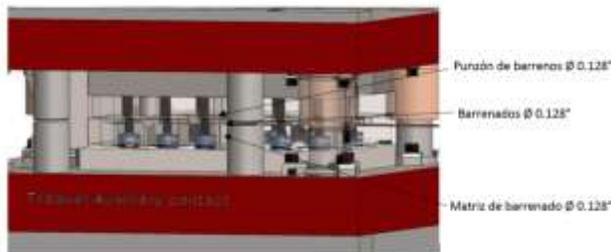


Figura 22 Proceso de barrenado

Paso 3. Corte de chaflanes a 45°

El “contacto auxiliar” requiere dos cortes de chaflanes a 45° ver Figura 23.



Figura 23 Chaflanes a 45° en pieza “contacto auxiliar”

Para hacer los chaflanes a 45° en la pieza, se hace uso de dos punzones cuya forma da el corte necesario y una matriz compuesta por la matriz de corte de triángulos I y II, como se mencionó anteriormente. En el Figura 24 se observa la operación realizada.



Figura 24 Proceso de corte de chaflanes a 45°

Paso 4. Primer dobléz (88°)

Este dobléz es realizado mediante un doblador móvil con dos pernos que se incluyen en las orejas y dos guías en la parte superior del herramental; estas dos últimas tienen mecanizada la ruta a seguir por los pernos incrustados en el doblador móvil y corte. Véase Figura 25.



Figura 25 Doblez a 88° en pieza “contacto auxiliar”

En primera estancia se coloca en posición a 90° el doblador móvil y corte, y se mantiene en esta posición hasta un momento en el cual el herramental casi termina todos los pasos, antes de llegar al final de la carrera, el doblador móvil y corte hace un cierre a 88°, para hacer el conformado a 88° en la pieza, con el punzón de dobléz a 88°.

En la Figura 26 se muestra la ubicación del proceso mencionado, así como la ubicación de los elementos involucrados.

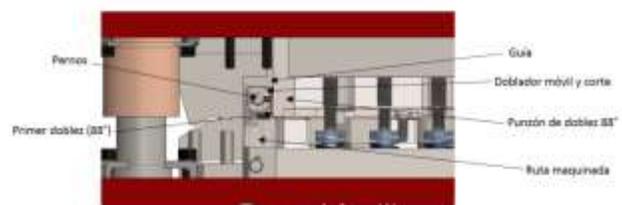


Figura 26 Proceso dobléz a 88°

Paso 5. Desprendimiento del material (corte)

El material se corta en el antepenúltimo paso. Para desprender la pieza primero llega el pisador final con su inserto de corte, que se encuentran encajonados en el punzón de dobléz con radio, y hacen contacto con el doblador inferior; posteriormente la placa guía superior hace contacto con la placa guía inferior, con la finalidad de hacer sujeción a la pieza previo a realizar la operación. Antes de que haga contacto el inserto del pisador, el doblador móvil se pone en posición (90°) por medio de las guías, como se explicó en la operación anterior.

Por medio de los insertos de corte que se incluyen en el pisador con corte y el doblador móvil y corte, se realiza el proceso de desprendimiento del material.

Por las condiciones de trabajo, para que el pisador con corte se mantenga rígido al momento de llevar a cabo la operación, se hace uso de una leva y un cilindro de nitrógeno, este último hace la función de comportarse como un sólido. En la Figura 27 se ilustra la ubicación del desprendimiento del material y de los componentes que lo llevan a cabo.

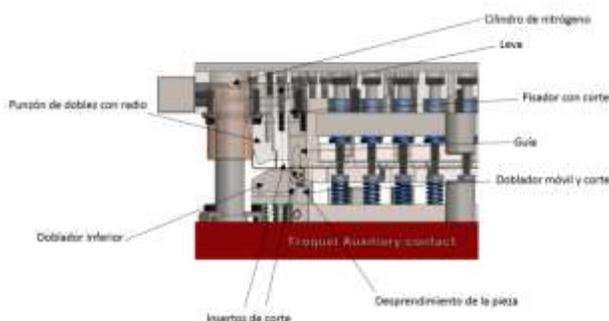


Gráfico 27 Proceso de desprendimiento del material

Como se observa, una vez que el proceso de corte es finalizado, se comienza a comprimir el doblador inferior, esto se debe a que también tiene un sistema flotante, para encontrarse al mismo nivel que la placa guía inferior y permitir que la solera avance en la misma línea.

Paso 6. Segundo doblaz (31°)

Al tener la pieza desprendida se comienza el segundo doblaz, éste se realiza por medio del doblador inferior y el punzón de doblaz con radio.

Antes del conformado, la pieza viaja de manera vertical descendente sobre el doblador inferior sujeto con el pisador con corte, esto se debe a las condiciones del cilindro.

El comportamiento de cilindro se menciona en el apartado anterior. Para que el vástago del cilindro se comprima, la presión debe de ser mayor a la presión máxima de trabajo por parte del cilindro.

El vástago del cilindro se retrae a 350 lb. Por lo tanto, el conformado final se dará hasta que el doblador inferior haga coincidencia con la zapata inferior.

El funcionamiento del doblador inferior es igual al de la placa guía inferior, este se encuentra en un sistema flotante, por medio de cuatro resortes verdes y cuatro tornillos guía. Para dar soporte al doblador inferior, se le adicionaron cuatro tornillos guías modificados. Ver Figura 28 se muestra la posición del proceso descrito y los elementos que interaccionan.

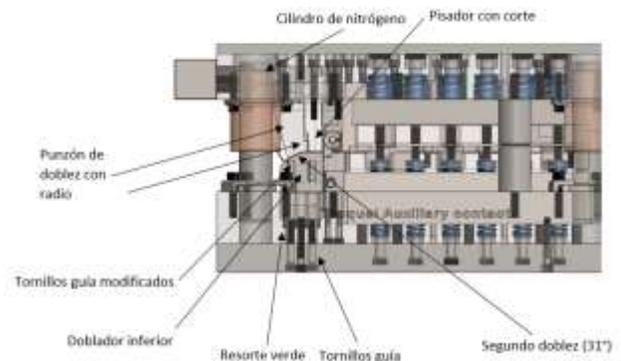


Gráfico 28 Proceso de segundo doblaz 31°

Conclusiones

El troquel progresivo diseñado cumplirá con los requisitos de producción de la pieza “contacto auxiliar”. La validación del diseño se realizó mediante el análisis de elemento finito en el software de Solidworks, por lo cual se garantizará a funcionalidad del herramental, aun cuando los componentes críticos estén sometidos a cargas derivadas de los procesos de conformado.

El modelado en 3D, también realizado en el mismo programa, permitió verificar las posibles interferencias en el diseño, las cuales fueron descartadas.

Por medio de los planos generados, se facilitará el maquinado del herramental completo.

Todas las piezas son de fácil fabricación mediante maquinado en fresadora y torno. Cabe destacar que las piezas de constante fatiga, se les ha agregado un sobre material, con el objetivo de poder ser rectificadas y dar mayor vida a los componentes.

Referencias

AMAR, K. (2013). Introduction to finite element analysis using Matlab and Abaqus. Boca Raton: CRC Press.

Arnold, J. (first edition) (1980). Library of Congress Catalog Card Number: A-694197, Pan-American Copyright Conventions.

BEER, F., RUSSELL, J., & D. MAZUREK. (2010). Mecánica de materiales. México: Mc Graw Hill.

Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2008). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. México: Mc Graw Hill.

HIBBELER, R. C. (2010). Mecánica de materiales. México, D.F.: Ed. Prentice Hall.

MOTT, R. L. (2006). Diseño de elementos de máquinas. México: Pearson Education.

NORTON, R. L. (2004). Diseño de Maquinaria. Síntesis y Análisis de Máquinas y Mecanismos. México: Mc Graw Hill.

Oehler-Kaiser, G. (1977). Herramientas de troquelar, estampar y embutir, Editorial Gustavo Gili. 6a. ed. Barcelona.

SHIH, R. H. (2012). Introduction to finite element using Solidworks Simulation 2012. SDC Publications.

Wilson, F. W. (second edition) (1965). Die Design Handbook. New York, United States of America: McGraw-Hill, Inc.