

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**CONSTRUCCIÓN DE UNA PRENSA HIDRÁULICA PARA
PROCESOS DE CONFORMADO MECÁNICO EN EL
LABORATORIO LTI DE LA ESFOT**

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PRENSA HIDRÁULICA

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR
EN ELECTROMECAÁNICA**

EDWIN SEBASTIÁN BALSECA LÓPEZ

DIRECTOR: JONATHAN GABRIEL LOOR BAUTISTA

DMQ, agosto 2023

CERTIFICACIONES

Yo, EDWIN SEBASTIÁN BALSECA LÓPEZ declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Edwin Sebastián Balseca López

edwin.balseca@epn.edu.ec

balsebas98@hotmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Sebastián Balseca, bajo mi supervisión.

Jonathan Gabriel Loor Bautista

DIRECTOR

jonathan.loor@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmo que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el producto resultante del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

SEBASTIÁN BALSECA

DEDICATORIA

A mis padres Bolívar y Anita que, con su esfuerzo y sacrificio he podido seguir adelante a lo largo de esta carrera, por sus consejos sabios que nunca faltan y por enseñarme que con esfuerzo y dedicación se puede llegar alto.

A mi abuelito Bolívar, que es un hombre duro y fuerte para afrontar las adversidades de la vida, me ha demostrado lo que es luchar por la familia y está feliz de que su nieto esté avanzando.

AGRADECIMIENTO

Primero a Dios, por brindarme sabiduría a lo largo de esta carrera universitaria y permitirme llegar a la recta final.

A mi padre, por enseñarme el valor del trabajo y por los chistes que siempre se le ocurren para hacer que sonría a pesar del mal momento.

A mi madre, por enseñarme que nunca es tarde para hacer realidad un sueño, solo hay que confiar en Dios, pensar bien y ponerlo en acción.

A mis abuelitos que han estado apoyándome durante la realización de este proyecto y esperándome en casa para recibirme con una coladita.

A mis amigos Guillo, Jordi, Ronald y Pablo que de una u otra manera hicieron posible que no decaiga de la meta alegrándome en los días malos.

A los ingenieros docentes que tuve la oportunidad de conocer en este camino y me aportaron con su conocimiento para ser un excelente profesional.

A todos los que no perdieron la fe en mí, y me resguardaron con sus oraciones, muchas gracias de todo corazón, Dios los bendiga.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO; Error! Marcador no definido.	
1.1 Objetivo General.....	2
1.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Alcance	2
1.4 Marco teórico	3
Presión por fuerzas externas.....	3
Multiplicación de las fuerzas	4
Principio de funcionamiento de una prensa	5
Clasificación de las prensas	5
Prensa hidráulica.....	6
Tipos de configuraciones de prensas hidráulicas	7
Unidad hidráulica.....	8
Conformado de los metales	9
Doblado	10
Embutido	11
Cizallado.....	11
Troquelado	12
Soldadura SMAW.....	12
2 METODOLOGÍA.....	14

2.1	Diseño de la prensa hidráulica	16
2.2	Construcción de la prensa hidráulica	23
2.3	Adaptación de la prensa a la unidad hidráulica	30
2.4	Manual de uso y mantenimiento.....	35
3	RESULTADOS	36
3.1	Análisis estructural del diseño	36
3.2	Funcionamiento	37
3.3	Pruebas de funcionamiento.....	38
3.4	Prensa hidráulica ensamblada	39
4	CONCLUSIONES.....	41
5	RECOMENDACIONES	42
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
7	ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.
	Anexo I. Reporte de Similitud Generado por Turnitin.....	¡Error! Marcador no definido.
	Anexo II. Certificado de Funcionamiento de Trabajo de Integración curricular	¡Error! Marcador no definido.
	Anexo III. Planos de la prensa hidráulica implementada	¡Error! Marcador no definido.

RESUMEN

El objetivo primordial de este trabajo de titulación fue la implementación de una prensa hidráulica para procesos de conformado mecánico para el Laboratorio de Control Industrial (LTI) de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT), con la que se podrá reforzar los conocimientos adquiridos por los estudiantes sobre los distintos procesos de conformado mecánico en frío.

Para disminuir el costo de implementación del proyecto, el LTI proporcionó componentes como: un pistón hidráulico, una electroválvula de 4 vías 3 posiciones (4/3), y la unidad hidráulica de 3 (hp) a la cual se adapta el sistema, la cual posee una válvula reguladora de presión para calibrar el fluido hidráulico a cierta presión de trabajo.

Para el proceso de diseño se investigó algunas estructuras de presas hidráulicas, dando como resultado la elección del diseño de una prensa hidráulica tipo H. Para la estructura principal se escogió un perfil UPN de 80x45x6 (mm), siendo esta estructura capaz de soportar los 30 (kN) que ejerce el pistón hidráulico, sus dimensiones fueron tomadas en función del espacio proporcionado en el LTI.

Para accionar el pistón hidráulico, se realizó la adaptación de la máquina implementada a la unidad de potencia hidráulica del LTI mediante una conexión hidráulica para comandar el fluido que ingresa o retorna según la señal eléctrica recibida en las bobinas de la electroválvula 4/3 con ayuda de un algoritmo control eléctrico.

Para la construcción de la matriz de doblado se planteó como aplicación la fabricación de ángulos para soporte o empotramiento de objetos a 90°. Como última actividad, se elaboró un videotutorial donde se muestra la forma de uso y mantenimiento de la prensa hidráulica con el fin de alargar la vida útil de la máquina.

PALABRAS CLAVE: prensa hidráulica, conformado mecánico, unidad hidráulica, pistón hidráulico, electroválvula, matriz de conformado.

ABSTRACT

The main objective of this degree work was the implementation of a hydraulic press for mechanical forming processes for the Industrial Control Laboratory (LTI) of the Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT), which it will be possible to reinforce the knowledge acquired by the students on the different processes of mechanical cold forming.

To reduce the cost of implementing the project, the LTI provided components such as: a hydraulic piston, a 4-way 3-position solenoid valve (4/3), and the 3 (hp) hydraulic unit to which the system is adapted, which has a pressure regulating valve to calibrate the hydraulic fluid at a certain working pressure.

For the design process, some structures of hydraulic dams were investigated, resulting in the choice of the design of a type H hydraulic press. For the main structure, an 80x45x6 (mm) UPN profile was chosen, this structure being capable of supporting the 30 (kN) exerted by the hydraulic piston, its dimensions were taken based on the space provided in the LTI.

To activate the hydraulic piston, the adaptation of the implemented machine to the LTI hydraulic power unit was carried out through a hydraulic connection to command the fluid that enters or returns according to the electrical signal received in the coils of the 4/3 solenoid valve with the help of an electrical control algorithm.

For the construction of the bending matrix, the manufacture of angles to support or embed objects at 90° was proposed as an application. As a last activity, a video tutorial was developed showing how to use and maintain the hydraulic press to extend the useful life of the machine.

KEYWORDS: hydraulic press, mechanical conformation, hydraulic unit, hydraulic piston, solenoid valve, forming die.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

En el presente trabajo de integración curricular se ha implementado una prensa hidráulica para procesos de conformado mecánico en frío, la cual tiene como finalidad reforzar los conocimientos teóricos de los estudiantes de forma práctica al cursar la materia de procesos de manufactura en la ESFOT. El sistema implementado está compuesto por elementos principales como el pistón hidráulico, electroválvula 4/3, unidad de potencia hidráulica, y la estructura principal de la prensa, siendo necesario realizar una conexión tanto eléctrica como hidráulica.

En primer lugar, se realizó una investigación de los tipos de prensa hidráulica existentes y los diferentes materiales que se utilizan en su construcción, es así como se definió que el material para todos los componentes de la estructura de la prensa es el acero ASTM A36 siendo el más comercial y utilizado. Con ayuda del diseño realizado en el software computacional Autodesk Inventor Professional, y del análisis estructural, se tuvo el diseño final para su posterior fabricación. Es así como, obtenidos los diseños finales se procedió con la fabricación de las partes estructurales, y posteriormente se ensambló el conjunto con la aplicación el proceso de soldadura SMAW con un electrodo E7018 que presenta buenas propiedades mecánicas como la alta resistencia. El electrodo E7018 aporta una resistencia mínima a la tracción (Sut) de 70 (ksi), las piezas a soldar en la prensa hidráulica tienen un Sut aproximado de entre 58 (ksi) y 80 (ksi), por ello no se escogió el electrodo E6011 que cotidianamente es usado para soldaduras de estructuras, por aportar un Sut de 60 (ksi), menor al del material a ensamblar, [1].

Ensamblados todos los componentes de la prensa, se procedió a la implementación del sistema de control, con ayuda de la electroválvula 4/3 y un bloque adaptador se obtuvo las cuatro salidas hidráulicas, dos se conectaron directamente al pistón hidráulico, y los dos restantes con unos acoples T se conectaron al sistema de suministro y retorno de la unidad hidráulica. Conforme a los datos de la unidad hidráulica, esta posee su propia válvula reguladora de presión, misma que se calibró con el motor de la unidad hidráulica encendido para ajustar la presión de trabajo. Para controlar la activación de las bobinas de la electroválvula, se diseñó un algoritmo de control, que ejerce la función baja/sube del pistón hidráulico para comenzar o dar por terminado el proceso de conformado mecánico. El elemento que hace posible la comunicación eléctrica-hidráulica en el sistema es la válvula reguladora de presión de la unidad hidráulica, ya que una vez que se encuentra activa, los pulsadores piloto ya pueden controlar la electroválvula 4/3, que

habilita o inhabilita las vías A o B dependiendo de la alimentación que recepten en sus bobinas solenoides.

Una vez implementado todo el sistema, se realizaron dos pruebas de funcionamiento, la primera para verificar que no existan fugas de aceite en los acoples de las mangueras hidráulicas con el accionamiento del pistón hidráulico; la segunda cuando ya se acopló la matriz de doblado al sujetador del pistón, para verificar su funcionamiento, es así como se fabricaron dos ángulos para empotramiento de repisas en paredes.

Finalmente, para mantener la máquina en óptimas condiciones y alargar su vida de funcionamiento, se realizó un videotutorial para aclarar las dudas posibles en cuanto al uso y mantenimiento de la prensa hidráulica para procesos de conformado mecánico en frío.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Construir una prensa hidráulica para procesos de conformado mecánico en frío en el laboratorio LTI de la ESFOT.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Revisar bibliografía acerca de materiales necesarios para el diseño de la estructura de la prensa hidráulica.
2. Implementar una prensa hidráulica para soportar los esfuerzos y cargas de los procesos de conformado mecánico en frío.
3. Fabricar una matriz con su respectiva base para ejecutar el proceso de conformado mecánico de doblado.
4. Adaptar la prensa hidráulica a la unidad de potencia hidráulica del laboratorio LTI de la ESFOT.
5. Realizar distintas pruebas de funcionamiento de la prensa implementada.
6. Elaborar un videotutorial para la operación y mantenimiento de la prensa hidráulica.

1.3 ALCANCE

Para este proyecto se tiene como fin diseñar y construir una prensa hidráulica, destinada para que los estudiantes de la asignatura de Procesos de Manufactura refuercen los

conocimientos adquiridos en clase sobre temas de procesos de conformado mecánico en frío.

Debido a que cada proceso de conformado mecánico es diferente, en este proyecto se diseñará una matriz con su base para la prensa hidráulica, obteniendo un sistema que pueda realizar el proceso de doblado en una aplicación para fabricación de ángulos de empotramiento de objetos a 90°. Adicionalmente, una vez concluida la construcción de la máquina se realizará la adaptación de la prensa a la unidad de potencia hidráulica del laboratorio LTI de la ESFOT, siendo necesaria una conexión tanto eléctrica como hidráulica para controlar el pistón hidráulico, permitiendo que el brazo del pistón suba o baje de forma vertical ejerciendo una fuerza que se basa en el principio de Pascal.

Con el desarrollo de este proyecto se buscará despertar interés en los estudiantes en los diversos procesos de conformado mecánico que se tienen para la deformación de los materiales, ya sean en frío o caliente según la aplicación que se desee ejecutar, así como las aplicaciones de un pistón hidráulico para realizar procesos de achatado, troquelado, corte, doblado o embutido de materiales.

Así mismo, en este proyecto se desarrollará un videotutorial sobre la operación y mantenimiento de la prensa hidráulica, garantizando un funcionamiento de la prensa de manera eficiente y segura.

1.4 MARCO TEÓRICO

PRESIÓN POR FUERZAS EXTERNAS

Denominada también Ley de Pascal, donde la presión se transmite de forma uniforme en todas las direcciones al ejercer presión en un punto determinado de un líquido estático. Hay que considerar que la presión sufre una variación en función del área donde se ejerce la fuerza, es decir, a mayor área se obtiene menos presión y viceversa, [2]. Lo mencionado anteriormente se puede apreciar en la Figura 1.1 donde se aplica una presión en el punto rojo, así la dirección de las fuerzas se expande uniformemente alrededor del objeto estudiado.

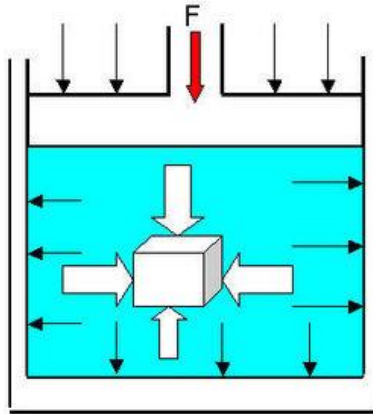


Figura 1.1 Presión aplicada por una fuerza externa, [3]

MULTIPLICACIÓN DE LAS FUERZAS

Se enfoca como parte fundamental en el principio de Pascal mencionado en el punto anterior, donde la transmisión de fuerza es su principal función, entonces al aplicar una fuerza determinada en un área pequeña, se obtiene una fuerza semejante en un área grande, siendo estas 2 fuerzas proporcionalmente iguales, [2]. En la Figura 1.2 se ejerce una fuerza de 400 (N), y por consecuencia de esta Ley se obtiene una fuerza proporcionalmente equivalente de 2000 (N), teniendo una presión uniforme en todo el sistema. La ecuación 1.1 representa el principio de pascal para determinar la fuerza o el área del otro lado del sistema.

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

Ecuación 1.1 Principio de pascal, [4]

Donde:

F_1 : Fuerza del lado 1

A_1 : Área del lado 1

F_2 : Fuerza del lado 2

A_2 : Área del lado 2

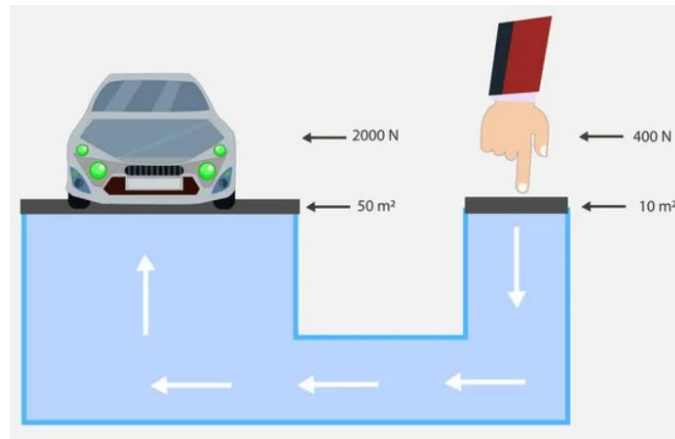


Figura 1.2 Representación del principio de Pascal, [5]

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA PRENSA

Es una máquina que puede ser utilizada para procesos de conformado mecánico tanto en frío como en caliente. Los elementos principales que forman parte de la estructura de una prensa son el bastidor, la bancada, el ariete, la unidad de potencia y un mecanismo para trasladar el ariete en línea recta o con diferentes ángulos con relación a la bancada, [6]. Para llevar a cabo los diferentes procesos de conformado mecánico, existen matrices o punzones que son adaptadas a la prensa, de esta manera se da la posibilidad de efectuar diferentes tipos de trabajo.

CLASIFICACIÓN DE LAS PRENSAS

Las funciones que se realizan con una prensa dependen mucho del motivo o forma de operación del sistema, entonces se tiene la siguiente clasificación, [7]:

1. La primera tiene que ver con el accionamiento, es decir según la fuente de energía con la que trabaje la prensa, se tiene prensa manual, prensa mecánica, prensa hidráulica, prensa de potencia y prensa de vapor o neumática.
2. La segunda clasificación es según el tipo de ariete de la prensa, así se tiene una prensa vertical de simple y doble efecto, prensa en cuatro correderas y prensa de configuración especial.
3. La tercera clasificación es por el diseño del bastidor, donde se encuentra una prensa de tipo yunque, de banco, inclinable, de escote, de puente, de costados rectos o de columna.
4. La cuarta clasificación se evidencia por los métodos de aplicación de potencia al ariete, como prensa de manivela, de leva, excéntrica, hidráulica, neumática, de

cremallera y piñón, de palanca acodillada, de junta articulada y de tornillo de potencia.

5. La quinta y última clasificación es según el propósito de la prensa, es decir, existen prensas para doblado, punzonado, enderezado, acuñado, estirado, forzado, empalmado, extruido, estirado, forja, roedora y de transferencia.

PRENSA HIDRÁULICA

Con lo mencionado en los anteriores apartados, la prensa hidráulica se sustenta en la aplicación de la Ley de Pascal, donde su finalidad es lograr que un material metálico se deforme de forma permanente o incluso corte una parte de este al aplicar una carga sobre el material. Las características del trabajo que se deben tener en cuenta son las medidas de las herramientas o accesorios, la carrera, el esfuerzo, y si el trabajo será intermitente o continuo, [8]. En la Figura 1.3 se observa las partes que constituyen la estructura de una prensa hidráulica.

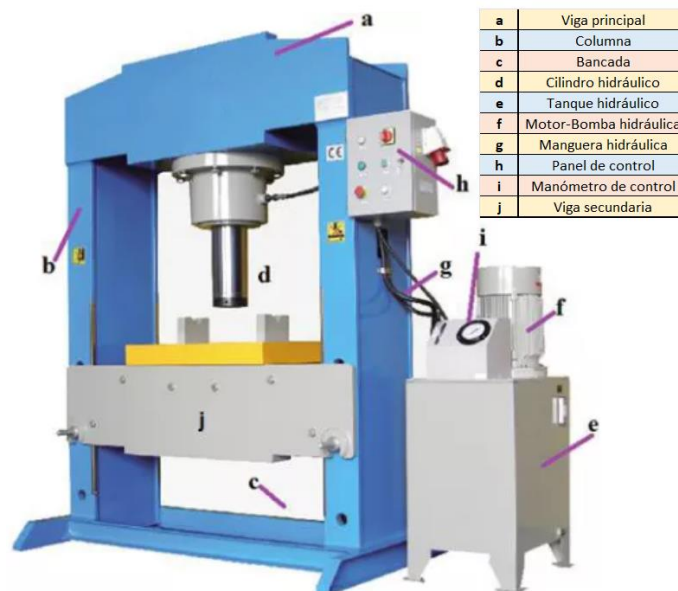


Figura 1.3 Estructura de una prensa hidráulica, [9]

Una prensa hidráulica ofrece varias ventajas, como el bajo costo de su mantenimiento al tener un diseño sencillo con pocas partes en movimiento, de esta manera los posibles fallos que se pueden dar a futuro son los empaques, o problemas en la válvula o la bobina solenoide que resulta fácil de reemplazar o reparar sin necesidad de realizar un desmontaje de piezas grandes. Otro factor para considerar es la seguridad de sobrecarga, es decir cuando se excede la fuerza máxima permitida, entra en acción la válvula de seguridad que evita que el sistema entre en modo fallo. La fuerza total que ejerce la prensa hidráulica se mantiene a lo largo de toda la carrera del cilindro

hidráulico, lo que resume la necesidad de calcular la presión que se ejerce al iniciar la carrera. Otro dato importante es la capacidad de controlar las distancias de profundidad, tiempos de trabajo, o una secuencia de operación que otorga mayor flexibilidad en control y versatilidad en la prensa hidráulica, [10]. El ruido suele ser también otro de los factores a considerar, y por ello, la prensa hidráulica al no tener demasiadas piezas móviles minimiza dicho nivel de ruido lo que no pasa con las prensas mecánicas.

TIPOS DE CONFIGURACIONES DE PRENSAS HIDRÁULICAS

Las prensas hidráulicas actualmente tienen mucha variedad de capacidades y especificaciones técnicas, pero manteniendo el mismo propósito de diseño. Existen tres configuraciones de prensas hidráulicas que comúnmente se pueden encontrar, tipo H, tipo C y de columna.

La prensa hidráulica tipo H

Se caracteriza por una estructura sencilla en forma de H, la cual resulta también económica con el fin de realizar procesos de conformado mecánico como doblado, enderezado o corte de materiales según el tipo de materia prima a procesar. En la Figura 1.4 se puede visualizar la estructura de esta prensa, [11].



Figura 1.4 Estructura de una prensa hidráulica tipo H, [12]

La prensa hidráulica tipo C

Ofrece tres frentes de trabajo, la cual se puede utilizar en la industria para fines de producción en línea como remachados, ensambles, punzonados o cortes. En la Figura 1.5 se encuentra la estructura de una prensa tipo C, evidenciándose los 3 frentes de trabajo antes mencionados, [11].



Figura 1.5 Estructura de una prensa hidráulica tipo C, [13]

La prensa hidráulica tipo columna

Es caracterizada por la alineación para troqueles, así como su exactitud, siendo destinada para diversos procesos de conformado mecánico como doblado, embutido profundo, marcado, calibrado, perforado, dobles, entre otros. En la Figura 1.6 se observa la estructura de una prensa hidráulica tipo columna, [11].



Figura 1.6 Estructura de una prensa hidráulica tipo columna, [14]

UNIDAD HIDRÁULICA

Es el conjunto de diversos equipos que ayudan a facilitar el manejo y control de una prensa, volquetas de camiones, entre otras aplicaciones de accionamientos hidráulicos. Llevan en su estructura un motor, una bomba hidráulica, un depósito de aceite, válvulas de retención y direccionales, y un manómetro, [15], como se observa en la Figura 1.7. Cuando el fluido sufre un desplazamiento, el sistema transmite la fuerza que estará en función de la presión de trabajo.



Figura 1.7 Estructura de una unidad hidráulica, [15]

CONFORMADO DE LOS METALES

Para dar diferentes formas a los metales se tienen los llamados procesos de conformado mecánico, donde pueden ser distinguidos por la temperatura de trabajo o según el tipo de materia prima a utilizar, sin olvidar que estos procesos ayudan a que los materiales tengan una ductilidad alta y un bajo límite de fluencia.

El conformado en frío, de forma sencilla es la manipulación del material a temperatura ambiente, donde los resultados son materiales con mayor resistencia, mejores acabados y precisión, menores tolerancias y oxidación. Teniendo en cuenta que los materiales debido al endurecimiento por deformación aumentan su resistencia, la máquina a utilizar debe tener mayor potencia de trabajo, [16].

El conformado en caliente permite obtener una deformación plástica casi ilimitada, para de esta manera moldear materiales grandes, ya que se trabaja con una temperatura mayor a la de recristalización obteniendo una baja resistencia de fluencia, [16].

Según el tipo de material utilizado, se pueden realizar diversas operaciones de conformado mecánico como se lo observa en la Figura 1.8, donde la materia prima puede ser una lámina o un bloque metálico.



Figura 1.8 Procesos de conformado, [17]

DOBLADO

Este proceso de conformado mecánico no genera cambios relevantes en el espesor del material metálico, ya que, durante el proceso las partes externas de la lámina están bajo tensión al ubicarse sobre la matriz de doblado, mientras que, la parte interna de la lámina está en proceso de compresión, [16]. Se pueden doblar desde ángulos agudos como se observa en la Figura 1.9, hasta ángulos muy obtusos según el ángulo de la matriz, por tal razón, este proceso es aplicado en operaciones que no requieren alto volumen de producción.



Figura 1.9 Proceso de doblado, [18]

EMBUTIDO

En este proceso, la lámina metálica se convierte en una pieza hueca con ayuda del punzón que está ubicado en la punta del cilindro hidráulico, de esta manera se fabrican elementos destinados al uso en el hogar como un recipiente de cocina, o en la industria en general, [16]. En la Figura 1.10 se evidencia cuando el cilindro hidráulico aprieta la lámina metálica de forma radical en toda su magnitud contra la matriz de embutición, evitando que se generen pliegues en el material, obteniendo el material hueco donde la profundidad dependerá de la aplicación correspondiente.

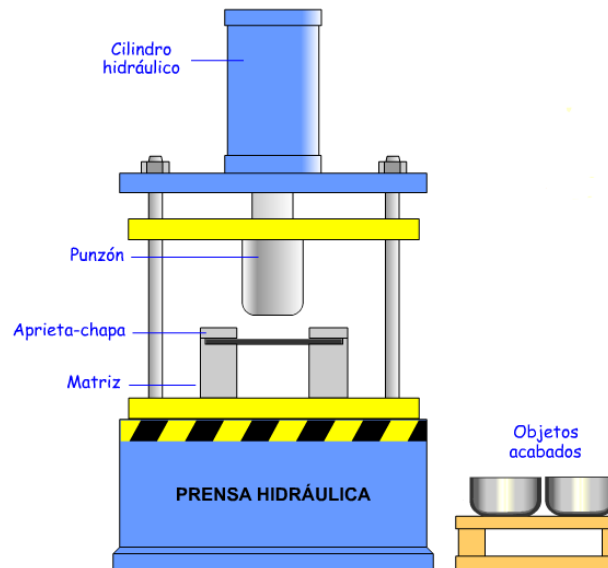


Figura 1.10 Proceso de embutido, [16]

CIZALLADO

Su aplicación es sencilla, reducir el tamaño de la lámina metálica al ser sometida a una matriz con 2 bordes rectos cortantes como se observa en la Figura 1.11 (1), (2), (3) y (4), donde v es la velocidad y F la fuerza de la cuchilla, siendo este un proceso sin producción de viruta o residuo, [17].

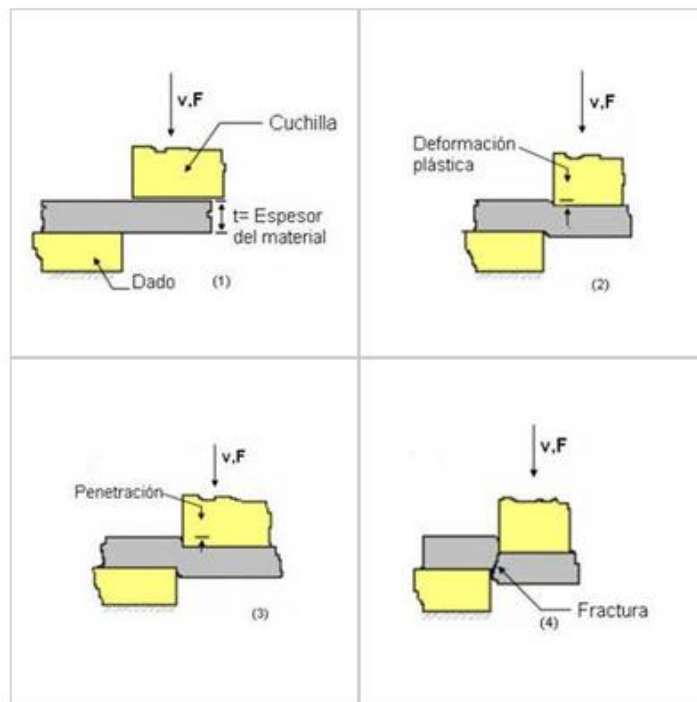


Figura 1.11 Proceso de cizallado, [17]

TROQUELADO

En este proceso, las láminas metálicas se someten a esfuerzos cortantes cuando el punzón presiona la lámina sobre la matriz como se lo observa en la Figura 1.12. Se diferencia del proceso de cizallado debido a que el tamaño de la lámina se reduce sin tener forma alguna. Su resultado final son láminas perforadas o piezas recortadas, [17].

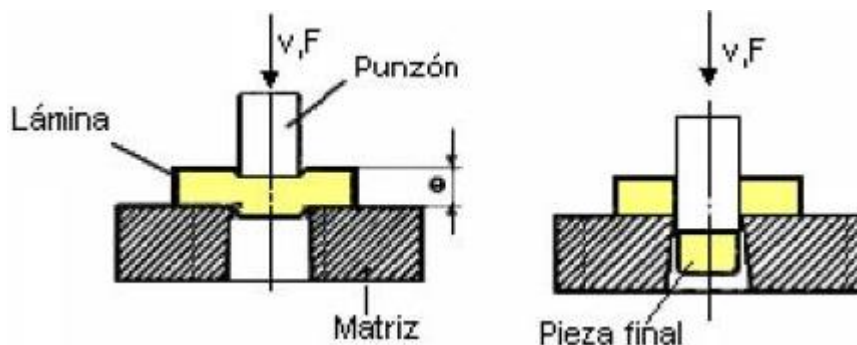


Figura 1.12 Proceso de troquelado, [17]

SOLDADURA SMAW

Es uno de los procesos de soldadura que tiene diversas técnicas de aplicación. Se realiza por arco con electrodo metálico revestido, y en la actualidad esta técnica es muy utilizada ya que ofrece ventajas en su aplicación, además, que se puede aplicar a una

gran variedad de metales, tipos de electrodo y posición del operador para soldar. Para elegir un electrodo se debe saber el S_{ut} del material a soldar, caso contrario el proceso puede salir con fallas.

Aunque el proceso es discontinuo por la limitación que tiene la longitud del electrodo, el equipo necesario para este proceso es portátil y de bajo costo [19]. En la Figura 1.13 se observa el equipo necesario para llevar a cabo dicho proceso.

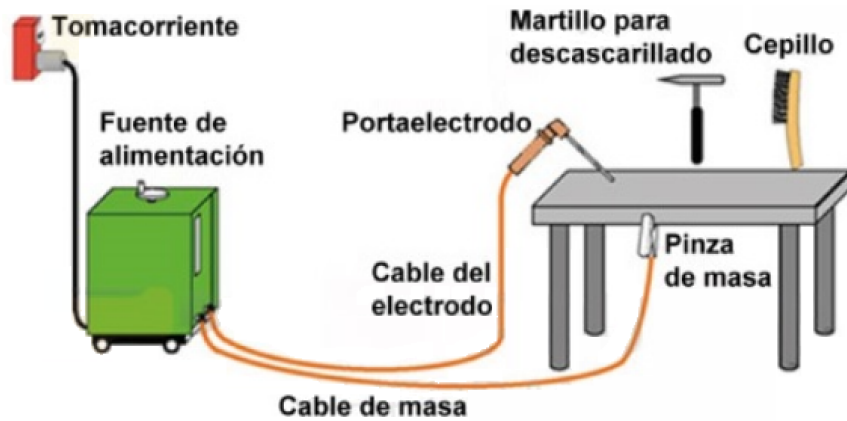


Figura 1.13 Partes para efectuar el proceso SMAW, [19]

2 METODOLOGÍA

Para que este proyecto se concrete de la mejor manera, como punto inicial se realizó una investigación proyectiva, ya que se tiene una necesidad de tipo práctico en el laboratorio LTI de la ESFOT, misma que será solucionada con la implementación de una prensa hidráulica para que los estudiantes puedan realizar procesos de conformado mecánico en frío, así se reforzarán algunos conocimientos adquiridos durante la carrera de Electromecánica, despertando interés en estos temas de aplicación.

En la Figura 2.2, se detalla el esquema empleado para la ejecución del componente del proyecto. Primero, se realizó una revisión bibliográfica sobre el uso y funcionamiento de una prensa hidráulica para procesos de conformado mecánico en frío, así se pudo entender de mejor manera las fuerzas que aplica y soporta el pistón hidráulico del sistema para el proceso a realizar, con ello se establecieron los parámetros con los que el sistema funciona con normalidad.

Segundo, en el software de diseño Inventor Professional, una vez determinados los materiales a utilizar, se realizó el modelado en 3D con el fin de elaborar los planos de todas las piezas de construcción del sistema, y se realizaron los análisis de cargas respectivos enfocándose en el anclaje mesa-estructura realizada con pernos de 8 (mm), considerando un factor de seguridad mínimo de 2. Luego, con los planos de diseño se fabricó cada componente en acero ASTM A36, ya que es el material más usado para estructuras metálicas.

Tercero, con el ensamble, soldadura y fijación de todos los elementos que forman parte de toda la estructura la prensa hidráulica, se procedió a fabricar la matriz de doblado que va fijada en el extremo del vástago del pistón, y la base que va fijada en la mesa de la prensa hidráulica con cuatro pernos cada una.

Cuarto, se realizó la adaptación a la unidad hidráulica del sistema mediante una conexión con cuatro mangueras hidráulicas; de la electroválvula 4/3 salen dos mangueras que alimentan el actuador hidráulico (pistón) por los puertos A y B, mientras que los dos puertos restantes P y T, se conectaron con acoples y válvulas de paso a las uniones de presión de la unidad hidráulica. En la figura 2.1 se puede visualizar el esquema interno de una válvula 4/3. Para comandar las bobinas de la electroválvula se realizó un algoritmo de control que funciona solo si la válvula reguladora de presión 1M5 de la unidad hidráulica esta activa.

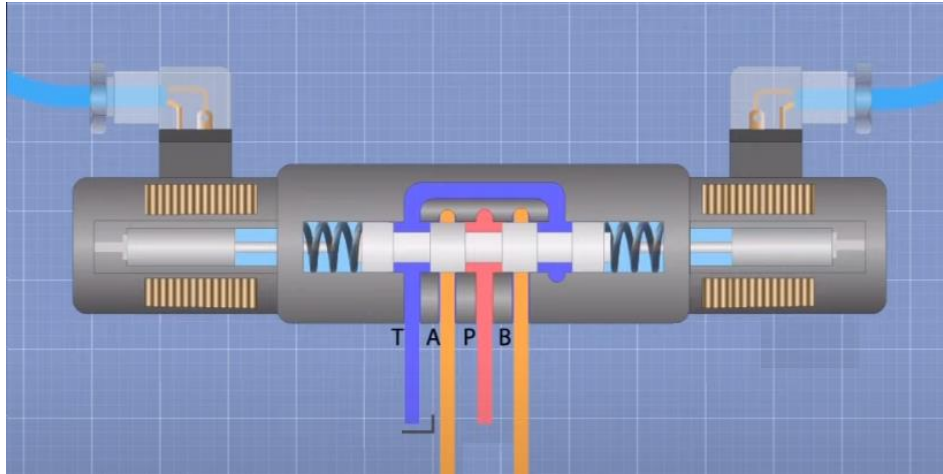


Figura 2.1 Esquema interno de la válvula 4/3, [20]

Quinto, finalizado las conexiones hidráulica y eléctrica, se realizó la primera prueba de funcionamiento, que consistió en purgar el aire que se encuentra dentro del sistema, también se verificó posibles fugas de aceite en todos los acoples que se hicieron. La segunda prueba de funcionamiento consistió en que cada pulsador accione a su bobina respectiva para que el fluido ingrese o retorne al pistón hidráulico según el operador lo desee, ejecutando uno de los distintos tipos de conformado mecánico como el doblado de materiales.

Como parte final del proyecto, una vez construido totalmente el sistema, y concluidas las pruebas de funcionamiento para constatar el funcionamiento correcto de la prensa, se realizó un videotutorial para garantizar un buen uso y mantenimiento de la máquina implementada, para que el estudiante o ingeniero docente que necesite usar la prensa hidráulica, lo haga de forma correcta y segura.



Figura 2.2 Esquema de la metodología utilizada para el proyecto

2.1 DISEÑO DE LA PRESNA HIDRÁULICA

Para empezar con la implementación, se procede al diseño de todos los componentes que forman parte de la prensa hidráulica. Entonces, para la estructura principal se escogió un perfil tipo C de Acero A36, los cuales son unidos y biselados con un ángulo de 45° en sus extremos y posteriormente soldadas, en este caso serán perfiles de 80x45x6 (mm), dos perfiles de 1600 (mm) para las dos columnas y para el larguero principal uno de 720 (mm). Para darle más estabilidad a la estructura en el extremo inferior de cada columna se suelda una platina de 340x100x10 (mm), perpendicular a la orientación de las columnas. En la Figura 2.3 se encuentra el bosquejo realizado en el software computacional Inventor Professional de la estructura principal ya con la capa de color seleccionado (azul).

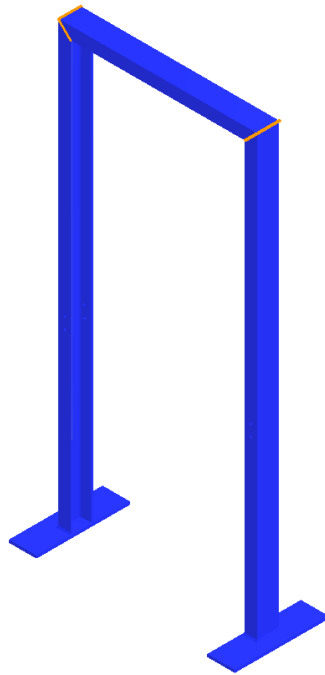


Figura 2.3 Estructura principal de la prensa hidráulica

Luego, de acuerdo con las especificaciones encontradas sobre el pistón hidráulico de doble efecto HMW1510 proporcionado por la ESFOT para el proyecto, se procede a bosquejar dos sujetadores con el fin de restringir la movilidad del pistón hidráulico; en el extremo del vástago del pistón se sujeta la matriz de doblado con cuatro pernos grado 8.8 de 25 (mm). En la Figura 2.4 se evidencia los sujetadores superior e inferior (color amarillo) situados en cada extremo del cilindro hidráulico de doble efecto (color negro).

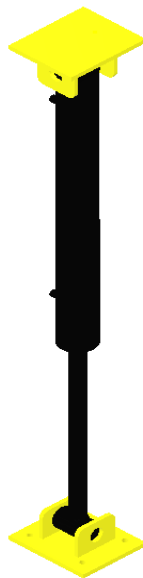


Figura 2.4 Sujetadores fijados al cilindro hidráulico

Ahora, para comprender la fuerza que ejerce el pistón hidráulico al empujar su vástago contra la mesa de la prensa hidráulica diseñada, se realizaron los siguientes cálculos, y el bosquejo a analizar mostrado en la Figura 2.5.

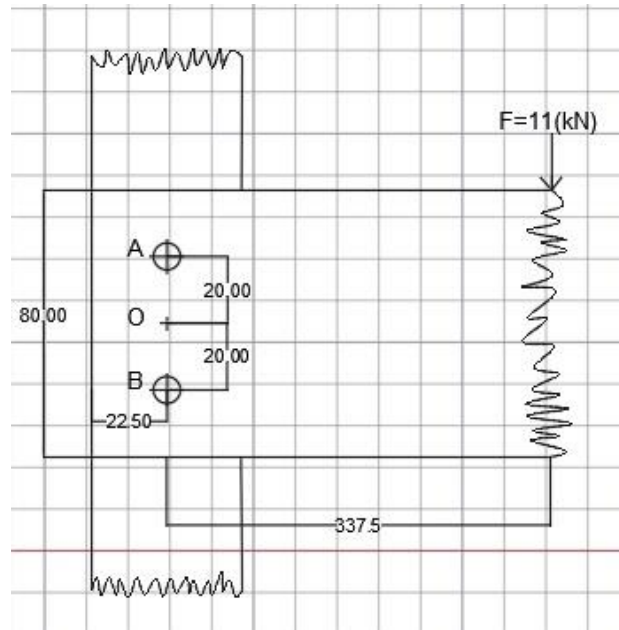


Figura 2.5 Bosquejo del sistema a analizar

Sabiendo que el diámetro del tubo es de 1,5 (in) y el diámetro de alimentación de aceite es de 0,25 (in), ahora si:

$$S = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

Ecuación 2.1 Sección del tubo en función del diámetro, [4]

Donde:

d: Diámetro interno del tubo del cilindro hidráulico

S: Área de la sección del tubo

Usando la ecuación 2.1 se obtiene que:

$$S_1 = \frac{\pi \times d_1^2}{4} = \frac{\pi \times (1,5)^2}{4} = 1,767 \text{ (in}^2\text{)}$$

$$S_2 = \frac{\pi \times d_2^2}{4} = \frac{\pi \times (0,25)^2}{4} = 0,049 \text{ (in}^2\text{)}$$

Seguido de esto con la Ecuación 2.2 se calcula la fuerza del sistema:

$$F = P * S$$

Ecuación 2.2 Fuerza resultante del sistema, [4]

Donde:

F: Fuerza transmitida por la sección del tubo

P: Presión de trabajo del sistema

S: Area de la sección del tubo

Sabiendo que la presión de trabajo de la unidad hidráulica tiene un máximo de 3750 (psig) pero solo se puede proporcionar hasta 1300 (psig), se hace el sobre dimensionamiento para una presión de 1400 (psig), entonces usando la Ecuación 2.2 tenemos que la carga transmitida a través de cada sección es de:

$$F_1 = P \times S_1 = 1400 \left(\frac{lbf}{in^2} \right) \times 1,767 (in^2) = 2473,8 (lbf)$$

$$F_1 = \frac{2473,8 (lbf) \times 4,44822 (N)}{1 (lbf)} = 11004,01 (N) \approx \mathbf{11 (kN)}$$

$$F_2 = P \times S_2 = 1400 \left(\frac{lbf}{in^2} \right) \times 0,049 (in^2) = 68,6 (lbf)$$

$$F_2 = \frac{68,6 (lbf) \times 4,44822 (N)}{1 (lbf)} = 305,15 (N) \approx \mathbf{0,31 (kN)}$$

Por lo tanto, la carga enviada por las mangueras hidráulicas al tubo del cilindro a través de los puertos NPT de este es de 0,31 (kN), así con el principio de Pascal se tiene que la carga total que ejerce el pistón sobre la mesa es de 11 (kN). Además, como la mesa está anclada a la estructura principal de la prensa con ocho pernos grado 8.8 de 25 (mm) se analiza la carga cortante que se distribuirá en cada perno, así con las ecuaciones:

$$M = V \times d$$

Ecuación 2.3 Momento flexionante del sistema, [21]

$$F' = \frac{V}{n}$$

Ecuación 2.4 Fuerza cortante primaria del sistema, [21]

$$F'' = \frac{M \times r}{2 \times r^2}$$

Ecuación 2.5 Fuerza cortante secundaria del sistema, [21]

Donde:

V: Punto de fuerza cortante

M: Momento flexionante

d: Distancia del perno al punto de fuerza cortante

n: Número de pernos

r: Distancia del punto O a B, o de O a A

O: Punto medio entre dos pernos

F': Carga cortante primaria

F'': Carga cortante secundaria

F̄: Módulo de la fuerza cortante resultante

Entonces el momento flexionante aplicando en los pernos con la Ecuación 2.3 es de:

$$\mathbf{M} = V \times d = 11(kN) \times 337,5(mm) = 3712,5 (Nm)$$

Además, la carga cortante primaria por perno aplicando la Ecuación 2.4 es de:

$$\mathbf{F}' = \frac{V}{n} = \frac{11(kN)}{4} = 2,75 (kN)$$

Como las fuerzas cortantes secundarias son iguales, aplicando la Ecuación 2.5 se tiene:

$$\mathbf{F}'' = \frac{M \times r}{2 \times r^2} = \frac{3712,5 (Nm)}{2 \times 20 (mm)} = 92,81 (kN)$$

Entonces el módulo de la fuerza cortante resultante es de:

$$\mathbf{F}' = 0 \vec{i} - 2,75 \vec{j} (kN)$$

$$\mathbf{F}'' = 0 \vec{i} - 92,81 \vec{j} (kN)$$

$$\bar{\mathbf{F}} = 95,56 (kN) \approx 96 (kN)$$

Ahora para comprobar que el diámetro del perno seleccionado sea el adecuado, con ayuda de la Ecuación 2.6 y Ecuación 2.7:

$$\tau_G = \frac{4F}{\pi \times d^2}$$

Ecuación 2.6 Esfuerzo cortante por geometría, [21]

$$\tau_M = \frac{S_{ye} \times n}{F_S}$$

Ecuación 2.7 Esfuerzo cortante por material, [21]

Donde:

τ_G : Esfuerzo de corte por geometría

τ_M : Esfuerzo de corte por material

F_s: Factor de seguridad

S_{ye}: Resistencia de fluencia mínima a la tracción

d: Diámetro del perno

n: Cantidad de pernos

F: Módulo de la carga total aplicada

Entonces se plantea la desigualdad:

$$\tau_G = \frac{4F}{\pi \times d^2} \leq \tau_M = \frac{S_{ye} \times n}{F_s}$$

$$\frac{4F}{\pi \times d^2} \leq \frac{S_{ye} \times n}{F_s}$$

$$\frac{4(96(kN))}{\pi \times 8^2} \leq \frac{660 (MPa) \times 8}{2,2}$$

$$1909,86 (MPa) \leq 2400 (MPa)$$

La desigualdad se cumple, por lo tanto, los pernos de 8 (mm) seleccionados son aptos para el anclaje de la mesa con la estructura principal de la prensa construida.

El componente principal para ejercer la contrafuerza es la mesa, fijada a 940 (mm) del larguero principal, formada por dos perfiles en C de 80x45x6 de 720 (mm) de longitud, unidas por 4 platinas de 80x80x8 (mm) separadas entre si una distancia de 78 (mm) y 160 (mm) para distribuir esfuerzos al soportar la carga ejercida por el pistón del cilindro hidráulico, será fijada a las columnas principales por ocho pernos grado 8,8 de 25 (mm), cuatro a cada columna con una separación de 40 (mm) de centro a centro. En la Figura 2.6 se aprecia la mesa diseñada para ejercer la contrafuerza del sistema.

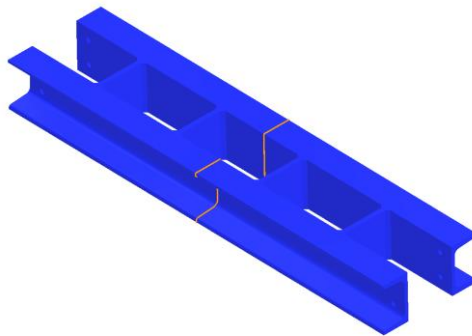


Figura 2.6 Mesa de la prensa hidráulica diseñada

Como parte final, una vez ensamblados todos los componentes antes mencionados, se obtiene el sistema propuesto, una prensa hidráulica para procesos de conformado mecánico en frío. En la Figura 2.7, se observa el ensamble total de la prensa hidráulica diseñada.

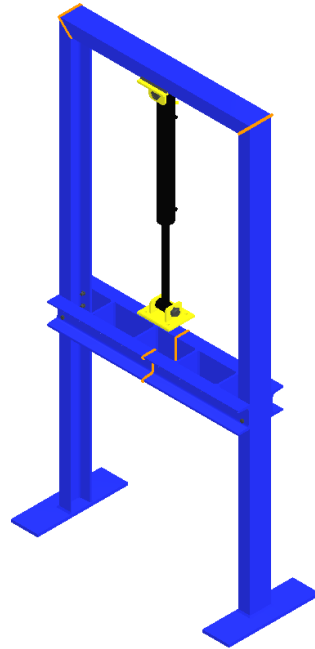


Figura 2.7 Prensa hidráulica para proceso de doblado

Para ejecutar el proceso de conformado mecánico, se diseña una matriz con su base para doblado de metales en frío. En la Figura 2.8 se visualiza la contra matriz diseñada para este proceso la cual está compuesta por una placa de acero de 300x170x8 (mm) y un prisma de 55x75x75 (mm) con una abertura de un ángulo de 90° en su parte superior.

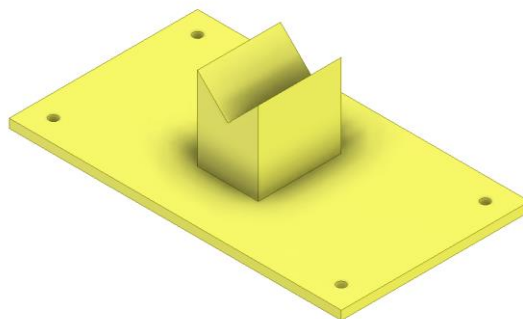


Figura 2.8 Contra matriz diseñada

Ahora en la Figura 2.9 se evidencia el punzón que sirve para ejercer el doblado a 90°, formado por una placa de acero de 120x100x8 (mm) y un prisma de 55x75x55 (mm).

En la parte superior del prisma se hace una forma de punta para que encaje perfectamente en la contramatriz y la aplicación del proceso sea la esperada gracias a este punzón.

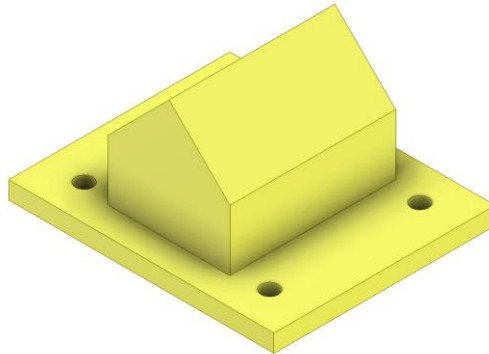


Figura 2.9 Matriz diseñada

2.2 CONSTRUCCIÓN DE LA PRENSA HIDRÁULICA

Para comenzar con la construcción de la prensa hidráulica, se consigue en la empresa DIPAC sucursal Ambato un perfil laminado UPN de 80x45x6 (mm), que se observa en la Figura 2.10.

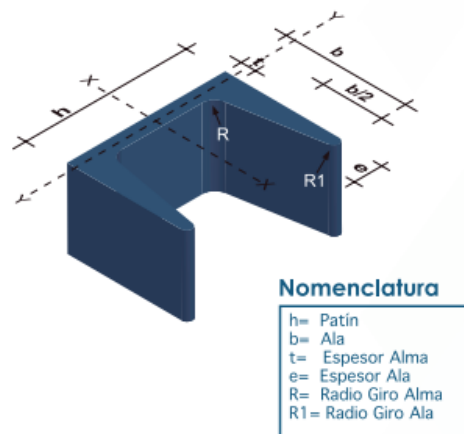


Figura 2.10 Cotas de la dimensión de los perfiles UPN

En la Figura 2.11 se observan las propiedades del perfil seleccionado en el catálogo de la empresa DIPAC.

DENOMINACIÓN	DIMENSIONES						PROPIEDADES					
	h	b	t	e	R	R1	ÁREA SECCIÓN cm ²	PESOS kg/mts	INERCIA (cm ⁴)		RESISTENCIA (cm ³)	
	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴			Eje x-x	Eje y-y	Eje x-x	Eje y-y
UPN 80	80	45	6.00	8.00	8.00	4.00	1.10	8.64	106.00	19.40	26.50	6.36
UPN 100	100	50	6.00	8.50	8.50	4.50	13.50	10.60	206.00	29.30	41.20	8.49
UPN 120	120	55	7.00	9.00	9.00	4.50	17.00	13.40	364.00	43.20	60.70	11.10
UPN 140	140	60	7.00	10.00	10.00	5.00	20.40	16.00	605.00	62.70	86.40	14.80
UPN 160	160	65	7.50	10.50	10.50	5.50	24.00	18.80	905.00	85.30	116.00	18.30
UPN 180	180	70	8.00	11.00	11.00	5.50	28.00	22.00	1350.00	114.00	150.00	22.40
UPN 200	200	75	8.50	11.50	11.50	6.00	32.20	25.30	1910.00	148.00	191.00	27.00
UPN 220	220	80	9.00	12.50	12.50	6.50	37.40	29.40	2690.00	197.00	245.00	33.60
UPN 240	240	85	9.50	13.00	13.00	6.50	42.30	33.20	3600.00	248.00	300.00	39.60
UPN 300	300	100	10.00	16.00	16.00	8.00	58.80	46.20	8030.00	495.00	535.00	67.80

Figura 2.11 Perfiles UPN disponibles en DIPAC.

Se plantean 6 cortes en el perfil UPN de 6000 (mm), y además un biselado a 45° en los respectivos extremos de las columnas y larguero principal con ayuda de una tronzadora, mismos que se detallan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Detalle de la utilización del perfil UPN

Perfil UPN 80x45x6	
Tamaño (mm)	Detalle del componente
1600	Columna izquierda
1600	Columna derecha
720	Larguero superior
720	Parte posterior de la mesa
720	Parte delantera de la mesa
640	Práctica y calibración de la soldadora

El proceso de soldadura llevado a cabo para la unificar los respectivos componentes de la prensa hidráulica es el proceso SMAW, con un electrodo E7018 de 1/8 (in) de la marca INDURA, que posee bajo contenido de hidrógeno y lo más importante, resistencia a la humedad. Otro factor para considerar y utilizar este tipo de electrodo es que el material de aporte tiene un S_{ut} de 70 (Ksi), y dado que el material de los perfiles tiene un $S_{ut} = 65$ (Ksi) aproximadamente, el 7018 es apto para el proceso. Si solamente se utiliza el electrodo E6011, la soldadura fallaría ya que, $S_{ut_{electrodo}} < S_{ut_{perfil}}$.

El equipo de soldadura utilizado es el eliteARC220S, el cual brinda un excelente arco eléctrico para todo tipo de electrodos, en especial el E7018, ya que se utiliza un rango de amperaje de 102 a 110 dependiendo de la caída de voltaje, y de 2% a 3% de arranque en la primera fase del electrodo, es decir, a lo que arranca se aumenta este porcentaje del amperaje nominal. Las especificaciones del equipo se encuentran en la Figura 2.12.

Modelo	Voltaje de entrada	Frecuencia	Voltaje en vacío	Rango de corriente	Ciclo de trabajo a 40°
elite ARC 220S	95-260V - 1 ph	50/60Hz	80V	10 - 220 Amp	60%
	Fusible mín. recomendado	Corriente de salida	Clase de insulación	IP	Peso
	16A	DC	I.CL.H	IP 21 S	7 Kg

USO PROFESIONAL PESADO



Figura 2.12 Equipo de soldadura utilizado.

En la Figura 2.13, se evidencia el cordón de soldadura resultante al unificar los perfiles, mismo que posteriormente fue pulido con ayuda de una amoladora y un disco de desbaste.



Figura 2.13 Cordón de soldadura resultante en el bisel a 45°

Ya con los cálculos y siguiendo los planos de diseño, en el taller DICOVAL en la ciudad de Ambato se procede a realizar los agujeros de 8 (mm) con un taladro de banco que servirán para anclar la mesa de la prensa hidráulica a la estructura principal como se evidencia en la Figura 2.14.



Figura 2.14 Perforación de los perfiles para pernos de 8 (mm)

La mesa está construida de dos perfiles UPN de 720 (mm) unificados con 4 placas de 80x80x8 (mm) de acero con cierta distancia entre sí, que ayudan a distribuir la carga que ejerce el pistón hidráulico la cual es de aproximadamente 11 (kN) a una presión de trabajo de 1400 (psig). En la Figura 2.15 se observa la mesa ensamblada con la estructura principal después de aplicar la primera capa de fondo de color gris a la estructura principal, además, en la parte superior se realizaron cuatro agujeros de 8 (mm) que servirán para sujetar la matriz en este componente de la prensa.



Figura 2.15 Mesa de la prensa hidráulica en proceso de pintado

Ensamblada la mesa con la estructura, se procede a fabricar los sujetadores superior e inferior que sujetan el cilindro hidráulico de doble efecto HMW1510 proporcionado por la ESFOT, estará sujeto a la estructura principal y a la matriz con dos pernos de 19,05 (mm) de diámetro. En la Figura 2.16 se visualiza el proceso de fabricación de este componente, el cual es realizado con el proceso de oxicorte para posteriormente con ayuda de la soldadura fijarlos a una placa de 120x100x8 (mm), así como se evidencia

en la Figura 2.17, y finalmente en la Figura 2.18 se ve el producto terminado una vez realizado el proceso de soldadura y pulido del mismo.



Figura 2.16 Proceso de oxicorte para fabricación del componente



Figura 2.17 Proceso de soldadura de los sujetadores



Figura 2.18 Sujetadores superior e inferior terminados

Posteriormente, se sueldan refuerzos, tanto en las cuatro esquinas que forman el larguero superior con las dos columnas, así como en los pies de la prensa, como se evidencia en la Figura 2.19.



Figura 2.19 Refuerzos soldados en la estructura.

Concluido con estos procesos, se observa en la Figura 2.20, la estructura principal de la prensa diseñada y ensamblada, puesta la capa de fondo.



Figura 2.20 Estructura principal de la prensa terminada

Fabricados, los acoples superior e inferior del pistón hidráulico, se fija el acople superior al larguero principal de la prensa mediante el proceso de soldadura, para que con ayuda de un perno de 19,05 (mm) se ancle el pistón hidráulico restringiendo así el movimiento causado por la presión ejercida a través de las mangueras hidráulicas. En la Figura 2.21

se evidencia el pistón hidráulico fijado al larguero principal y también ensamblada la matriz fabricada.



Figura 2.21 Pistón hidráulico y matriz ensamblados

Para concluir con la implementación de la prensa, en la Tabla 2.2 se encuentra el listado de materiales utilizados para el ensamble de la prensa hidráulica detallado la cantidad, dimensiones y especificaciones sobre la respectiva pieza a ensamblar.

Tabla 2.2 Materiales usados para la construcción de la máquina

Materiales para la estructura de la prensa hidráulica					
Tipo	Espesor (mm)	Dimensión (mm)	Cantidad	Pieza	Comentario
Perfil UPN	6	1600	2	Estructura Principal	Columnas
Perfil UPN	6	720	1	Estructura Principal	Larguero
Perfil UPN	6	720	2	Mesa Prensa	-
Placa de Acero	8	80x80	4	Mesa Prensa	Union Mesa
Placa de Acero	10	340x100	2	Pie Prensa	Apoyo columnas
Placa de Acero	8	120x100	2	Sujetador Cilindro	-
Placa de Acero	8	300x170	1	Contra Matriz	Base
Placa de Acero	8	120x100	1	Matriz	Base

Prisma de acero	-	55x55x75	1	Matriz	Punzón
Prisma de acero	-	55x75x75	1	Contra Matriz	Molde
Perno	8	25	22	-	Sujeción
Perno	19,05	75	2	Pasador	Sujeción

Con las dimensiones del diseño se procede a conseguir los prismas de acero detallados en la Tabla 2.2, luego con el proceso de soldadura SMAW son unidas a sus respectivas placas de acero como se evidencia en la Figura 2.22 y Figura 2.23.



Figura 2.22 Matriz para el proceso de doblado

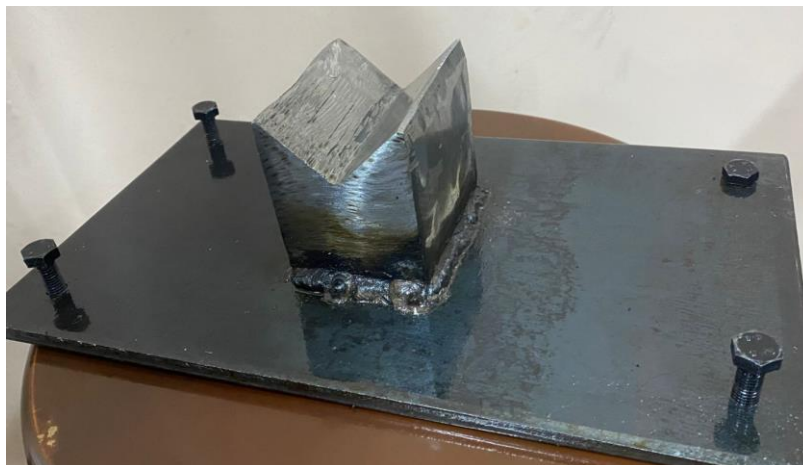


Figura 2.23 Contra matriz para el proceso de doblado

2.3 ADAPTACIÓN DE LA PRENSA A LA UNIDAD HIDRÁULICA

Para realizar la adaptación de la prensa hidráulica a la unidad de potencia hidráulica del LTI, fue necesario implementar un algoritmo de control eléctrico que permita enviar la

señal a los solenoides de la electroválvula 4/3, y de esta manera accionar el pistón hidráulico, en la Figura 2.24 se evidencia el algoritmo de control diseñado para comandar la electroválvula considerando que, para que los pulsadores SUBE y BAJA surtan efecto, la válvula reguladora 1M5 de la unidad hidráulica debe estar activada.

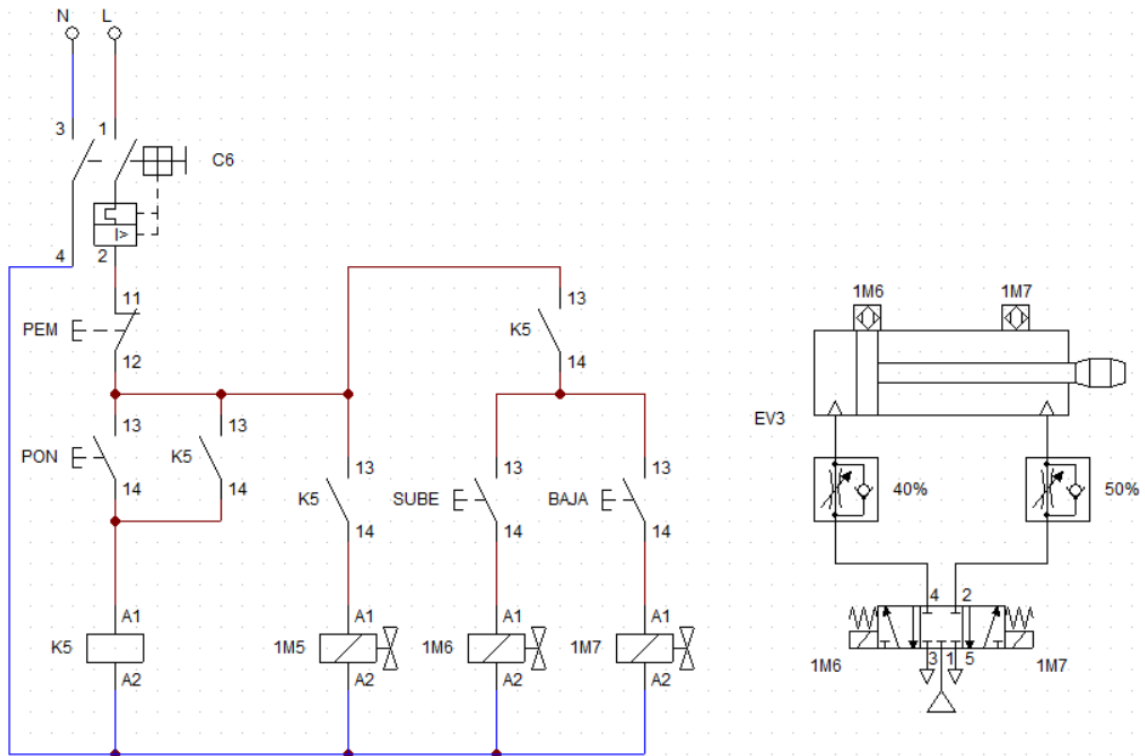


Figura 2.24 Algoritmo de control para el accionamiento del pistón

Mediante conexiones en T y válvulas de paso con los acoples respectivos como se evidencia en la Figura 2.25, se puede habilitar o deshabilitar los pistones según se requieran utilizar. En las cuatro mangueras hidráulicas, se establece la conexión cilindro-unidad hidráulica, donde dos mangueras salen de la electroválvula 4/3 hacia el cilindro de los puertos A y B, y las otras dos hacia la conexión con la unidad hidráulica desde los puertos P y T. Se evidencia en la Figura 2.26, el circuito interno de la electroválvula usada para este trabajo de integración curricular.



Figura 2.25 Válvulas de paso instaladas

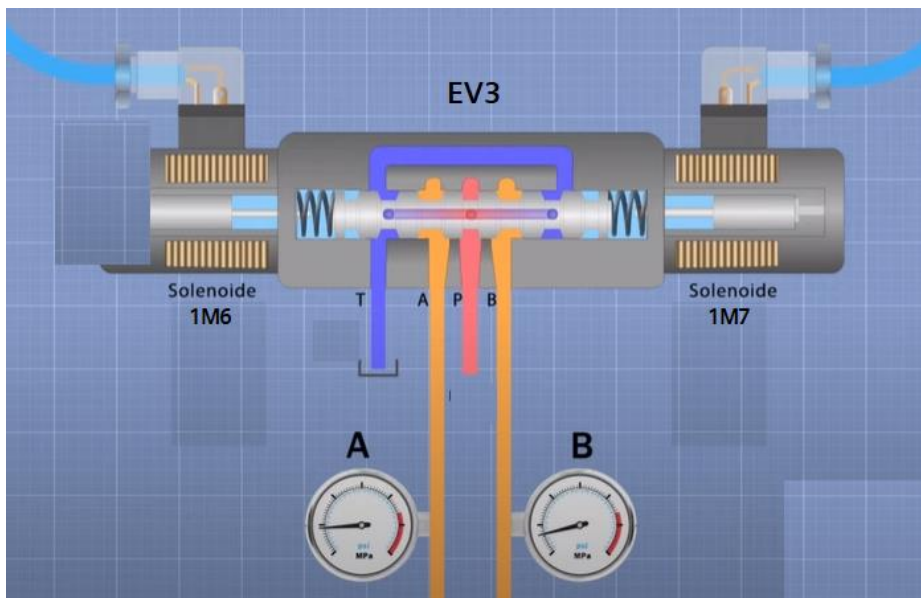


Figura 2.26 Conexiones internas de la electroválvula 4/3, [20]

El circuito de control eléctrico con una alimentación de 110 (V) fue diseñado con base en el algoritmo de control que se muestra en la Figura 2.24. Para conectarlo al tablero electromecánico del módulo oleo hidráulico, a la salida de un contacto N/A del contactor K5 se puentea con el pulsador SUBE y BAJA, luego se enlaza el pulsador BAJA con la bobina 1M6 y el pulsador SUBE con la bobina 1M7 de la electroválvula EV3. Cada bobina tiene 3 terminales, se estableció color negro para la fase (F), color blanco para neutro (N) y color verde para tierra (GND). Posteriormente, para cubrir los cables de agentes externos se utilizó manguera corrugada para protegerlos como se lo observa en la Figura 2.27.

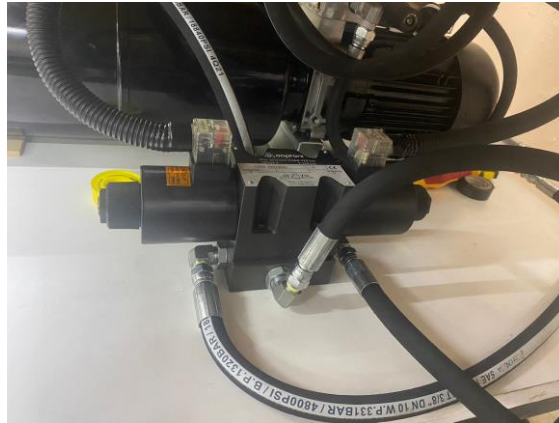


Figura 2.27 Alimentación eléctrica e hidráulica de electroválvula finalizada

A manera de resumen a continuación se muestra la Tabla 2.3 y Tabla 2.4 los materiales utilizados para la implementación del sistema eléctrico e hidráulico de la prensa construida

Tabla 2.3 Materiales usados para la conexión eléctrica

Materiales para la conexión eléctrica de la prensa				
Tipo	Calibre	Característica	Cantidad	Comentario
Cable Verde	AWG 12	4 metros	2	Tierra
Cable Negro	AWG 12	4 metros	2	Fase
Cable Blanco	AWG 12	4 metros	2	Neutro
Pulsador	-	N. Abierto	2	Accionamiento
Caja pulsadores	-	Capacidad 2	1	Empotramiento
M.Corrugada	-	3 metros	1	Protección

Tabla 2.4 Materiales usados para la conexión hidráulica

Materiales para la conexión hidráulica de la prensa					
Tipo	Diametro (in)	Longitud (mm)	Cantidad	Acople (in)	Comentario
Manguera	3/8	1800	1	Hembra 1/4	Ambos extremos
Manguera	3/8	1600	1	Hembra 1/4	Ambos extremos
Manguera	3/8	800	1	Hembra 1/4	Ambos extremos
Manguera	3/8	700	1	Hembra 1/4	Ambos extremos
T	3/8	-	2	Macho	3 extremos
Codos	3/8	-	4	Macho a Macho JIC Bulkhead	Bloque adaptador
Fitting	-	-	2	Macho 3/8 a 1/4 JIC	-
Fitting	-	-	2	Macho 3/8 a 3/8 JIC	-
Fitting	-	-	2	Macho 3/8 a Hembra 1/4 JIC	-
Fitting	-	-	2	Macho 1/4 a Hembra 3/8 JIC	-
Fitting	-	-	2	Macho 1/4 a Macho 1/4 JIC O-Ring	Manguera Cilindro

Como parte final de este proyecto, en la Tabla 2.5 se detalla los Gastos realizados para poder construir la prensa hidráulica.

Tabla 2.5 Costos para la implementación del proyecto

Costos de implementación	
Detalle	Valor
Perfil UPN, Placas de acero, Prismas de acero	\$180,00
Mangueras hidráulicas, acoples, válvulas de paso	\$190,00
Soldadura, pulido y pintado	\$150,00
Corte de piezas con tronzadora, Oxicorte, Taladrado de agujeros	\$60,00
Pernos, arandelas, brocas, discos de desbaste, materiales varios	\$40,00
Cables AWG 12, Pulsadores, Accesorios para conexión eléctrica	\$30,00
VALOR TOTAL DE IMPLEMENTACIÓN	\$650,00

2.4 MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO

En la Figura 2.28, se presenta el manual de operación y mantenimiento de la prensa hidráulica implementada en el presente proyecto.



Figura 2.28 Manual de uso y mantenimiento

<https://www.youtube.com/watch?v=kkhmIYwXP2s>

3 RESULTADOS

3.1 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL DISEÑO

En la Figura 3.1 se presenta el resultado del análisis de cargas que soporta la estructura principal en función del factor de seguridad, al ejercer el proceso de doblado en el software computacional Inventor Professional 2020. Además, se visualiza que en las uniones de los pernos se tiene un factor de seguridad de 3,8 aproximadamente, verificando así que el anclaje soporte la carga de 11 (kN) ejercida por el pistón.

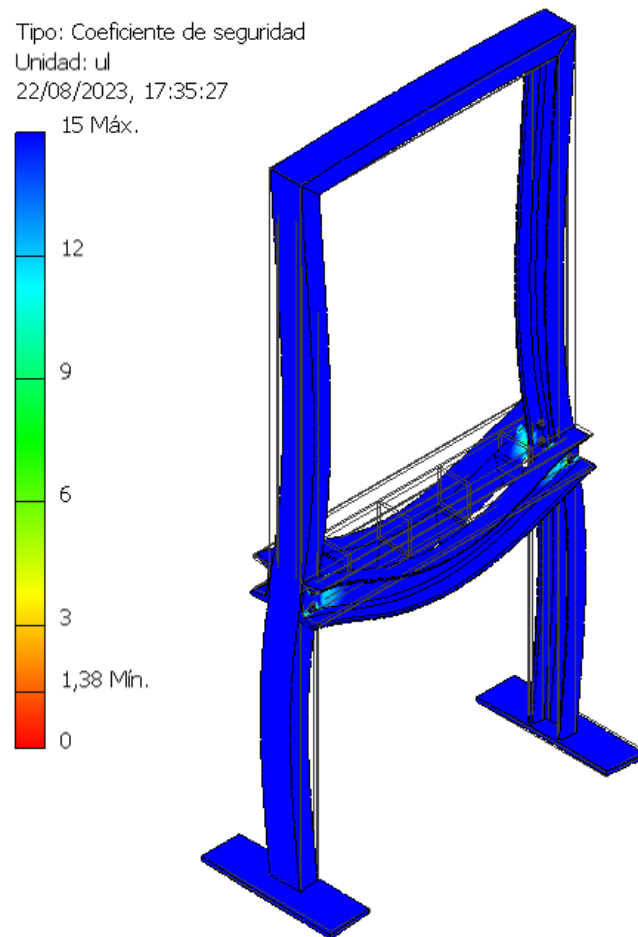


Figura 3.1 Análisis del factor de seguridad

A continuación, en la Figura 3.2 se encuentra un análisis estructural de desplazamiento, en el que se evaluó la situación cuando el punzón de la matriz presiona la placa contra el molde o base que está anclada en la mesa.

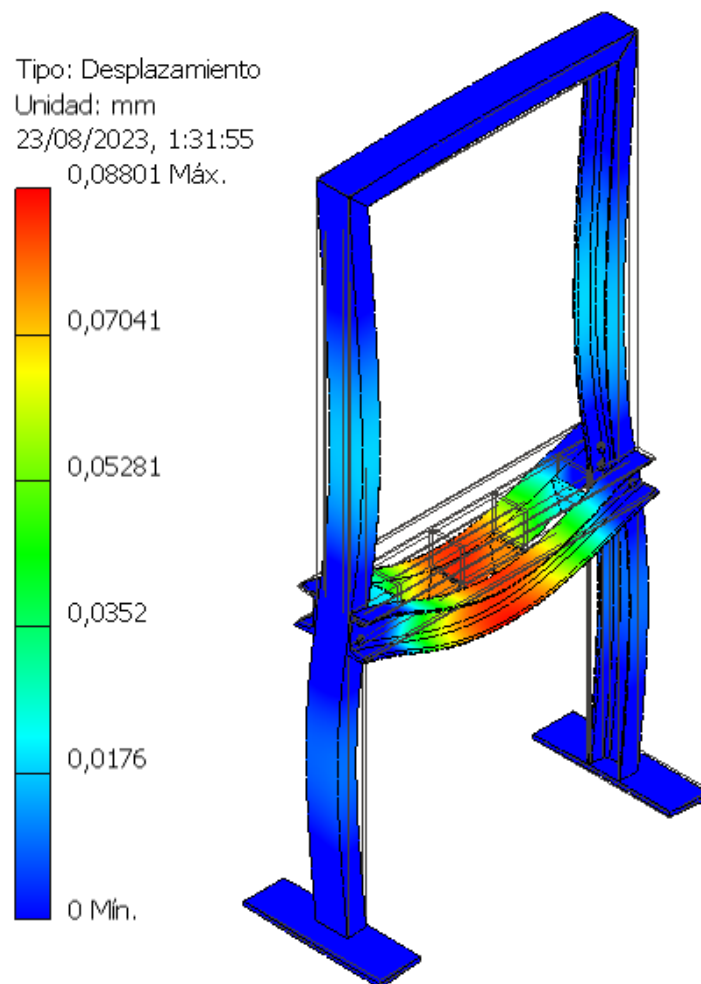


Figura 3.2 Análisis de desplazamiento

3.2 FUNCIONAMIENTO

Debido a que la unidad hidráulica está alimentando a tres pistones, se debe verificar que, las válvulas de paso de los dos pistones de la unidad hidráulica estén cerradas para evitar pérdidas de presión en el sistema. Luego, se debe encender el motor de la unidad hidráulica, seguido se debe presionar PON el cual activa el solenoide 1M5 de la unidad, así el contactor K5 se queda enclavado y, se puede ya regular la presión del sistema con la válvula solenoide 1M5, y se puede ver reflejada la presión en el manómetro de la unidad hidráulica.

Con K5 enclavado se habilita la función de los pulsadores SUBE y BAJA que accionan la carrera del pistón, caso contrario el fluido no ejerce presión alguna. Hecho esto, se acciona la carrera del pistón hidráulico sin importar la última posición en la que se encuentre el pistón según el pulsador accionado.

3.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Prueba 1

Para corroborar el funcionamiento esperado, la primera prueba tiene como fin verificar fugas de aceite en el sistema, y a su vez purgar el aire que está dentro del mismo, como se puede evidenciar en la Figura 3.3, donde en la conexión realizada proveniente del puerto P de la electroválvula, se encontró un liqueo; además, se verifica que la conexión eléctrica sea correcta al encenderse los indicadores de activación de las bobinas solenoides 1M6 y 1M7 según se presione el pulsador mostrado en la Figura 3.4.

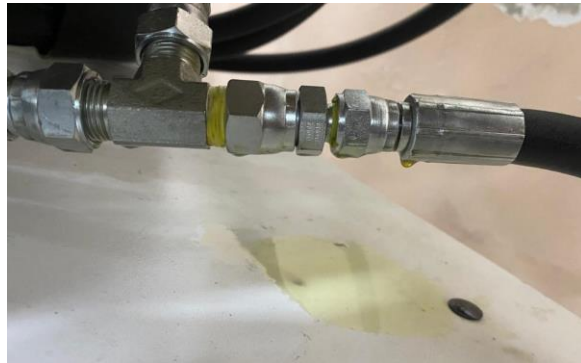


Figura 3.3 Liqueo encontrado durante la operación del sistema



Figura 3.4 Indicador de 1M6 activo

Prueba 2

La segunda prueba de funcionamiento consiste en una prueba de doblado una vez ensamblada la matriz, con el fin de comprobar que la mesa de la prensa hidráulica soporte los esfuerzos que ejerce el pistón. Para que el producto conformado sea de calidad, se debe llevar a cabo un pre-punzonado con el fin de colocar el punzón en la

posición correcta para tener un encaje y doblado recto. En la Figura 3.5 se evidencia la platina después de realizar el primer conformado con este proceso.

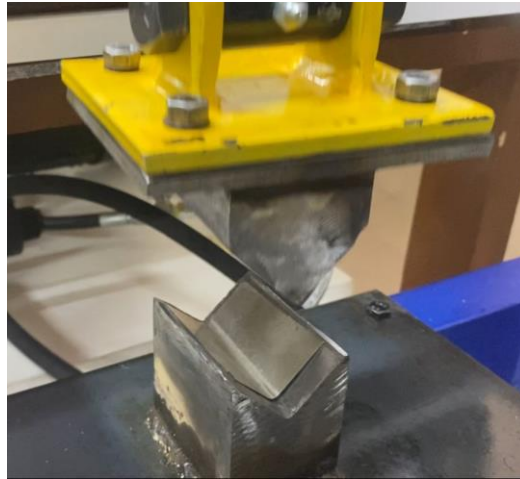


Figura 3.5 Proceso de doblado ejecutado

3.4 PRENSA HIDRÁULICA ENSAMBLADA

En la Figura 3.6 se encuentra la prensa hidráulica ensamblada en su totalidad, capaz de soportar una presión ejercida por el pistón de hasta 14 (kN) con un factor de seguridad de 3 aproximadamente, ubicada en el laboratorio 35 de la ESFOT una vez realizadas las etapas de pintado, ajuste y las respectivas pruebas de funcionamiento del sistema.



Figura 3.6 Prensa hidráulica para procesos de conformado mecánico

Adicionalmente, en la parte de anexos sección Anexos III se puede visualizar la planimetría diseñada para llevar a cabo la construcción de la máquina diseñada.

4 CONCLUSIONES

- Se realizó el diseño completo de la prensa hidráulica, donde gracias al programa computacional Inventor se pudo realizar un análisis estructural para verificar la estabilidad de la estructura con un factor de seguridad de 3.8 aproximadamente.
- Se dimensionó los pernos de anclaje de la mesa, donde sabiendo que la presión de trabajo no supera los 1400 (psig), la fuerza que se distribuye en cada perno es de 2.75 (kN) aproximadamente.
- Para realizar un proceso de soldadura SMAW eficiente, se debe tener el amperaje adecuado para realizar un cordón de soldadura continuo y también las protecciones respectivas para el soldador.
- Se ensambló cada componente de la prensa con el proceso SMAW y un electrodo E7018, para trabajar de forma eficiente y óptima con un material con un Sut mayor al Sut del material a soldar.
- Un fluido puede llegar a transmitir una fuerza considerable capaz de mover objetos pesados, o como en este caso moldear platinas, generando un sinnúmero de aplicaciones para el uso de pistones hidráulicos.
- La presión de trabajo de la bomba de la unidad hidráulica es regulable, ya que su sistema tiene su propia válvula reguladora que debe permanecer encendida durante todo el proceso de uso de la prensa, caso contrario no existe variación alguna en la carrera del pistón.
- Con una presión de trabajo adecuada, los solenoides pueden accionar el carrete de la electroválvula con normalidad, para enviar el fluido a presión de una vía a otra según la señal que reciban sus bobinas.
- La prensa hidráulica implementada está fabricada para el uso del pistón hidráulico HMW-1510, pero en el caso de que sea necesario cambiar por un pistón con menos carrera, la mesa de la prensa tiene la capacidad de autoajuste para esta distancia, ya que solo está anclada a la estructura principal con ocho pernos 8,8 de 25 (mm).

5 RECOMENDACIONES

- Si se desea añadir un pistón al sistema hidráulico, se recomienda utilizar válvulas de paso que permitan habilitar o deshabilitar el funcionamiento de cada pistón de forma individual para evitar caídas de presión en el sistema.
- Si se desea incrementar la capacidad para realizar procesos de conformado mecánico en la prensa hidráulica implementada, se recomienda fabricar la matriz del proceso con un material que tenga mayor dureza que el ASTM A36.
- Debido a que el fluido que alimenta el pistón es turbulento, el pistón hidráulico tiende a realizar un movimiento leve mientras se desplaza el mismo, por ello se recomienda siempre realizar un pre-punzonado para encajar la dirección de la matriz con su contra matriz.
- Si el pistón hidráulico se mueve con la fuerza ejercida por las mangueras, se recomienda ajustar el perno de sujeción superior del pistón al máximo torque que se pueda para anular este movimiento.
- Si para un futuro se desea incrementar la presión de trabajo del sistema, se recomienda realizar un nuevo dimensionamiento de los pernos de sujeción para el anclaje de la mesa de la prensa hidráulica, ya que el esfuerzo de corte que soportan los pernos aumenta, así como la fuerza de empuje máxima que ejerce el pistón sobre la mesa.
- Antes de accionar la prensa hidráulica verificar que todo el circuito eléctrico este correctamente conectado, para evitar daños en las bobinas solenoides 1M6 y 1M7 de la electroválvula EV3.
- Siempre utilizar equipos de protección individual para ejecutar el funcionamiento o mantenimiento de la prensa hidráulica, ya que se está trabajando con un fluido a presión y una mala manipulación del sistema puede ser lamentable.
- En cada uso de la prensa hidráulica verificar posibles fugas en cada conexión hidráulica, para evitar pérdidas de aceite que a un futuro puede dañar el sistema.
- Para conservar la estructura de la matriz, no procesar materiales que tengan un Sut superior a los 45 (kpsi).

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. Aceromafe, «Aceromafe,» 30 Junio 2022. [En línea]. Available: <https://www.aceromafe.com/placa-a36-especificaciones/>. [Último acceso: 25 Julio 2023].
- [2] J. Roldán, Neumática, Hidráulica y Electricidad Aplicada, México: Thompson Paraninfo, 1993.
- [3] D. Rodríguez, «GoConqr,» 18 Febrero 2022. [En línea]. Available: <https://www.goconqr.com/diapositiva/5169581/semana-3-mecanica-de-fluidos>. [Último acceso: 15 Mayo 2023].
- [4] M. Merino y P. Javier, «Definicion.de,» 17 Julio 2013. [En línea]. Available: <https://definicion.de/principio-de-pascal/>. [Último acceso: 14 Julio 2023].
- [5] F. Zapata, «Lifeder,» 27 Julio 2020. [En línea]. Available: <https://www.lifeder.com/principio-de-pascal/>. [Último acceso: 15 Mayo 2023].
- [6] G. Bavaresco, «GABPingenieria,» 12 Septiembre 2012. [En línea]. Available: <https://gabpingenieria.weebly.com/uploads/2/0/1/6/20162823/prensas.pdf>. [Último acceso: 16 Mayo 2023].
- [7] H. Gerling, Alrededor de las máquinas - herramientas, México: Reverté, 1964.
- [8] A. SAS, «Aeromaquinados Maquinaria Industrial,» Hidroliksan, 4 Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://aeromaquinados.com/prensas-hidraulicas-que-son-y-como-funciona/#:~:text=Una%20prensa%20hidr%C3%A1ulica%20es%20un,un%20pist%C3%B3n%20de%20menor%20superficie..> [Último acceso: 17 Mayo 2023].
- [9] HARSLE, «HARSLE,» 29 Diciembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.harsle.es/Tipos-y-Partes-de-La-Prensa-Hidr%C3%A1ulica-id1804286.html>. [Último acceso: 17 Mayo 2023].
- [10] G. Perez, «Maquituls,» 23 Agosto 2021. [En línea]. Available: <https://www.maquituls.es/noticias/prensas-hidraulicas-historia-usos-ventajas-y-desventajas/>. [Último acceso: 18 Mayo 2023].

- [11] S. Herrera y L. Torres, *Diseño de prensa hidráulica*, Bogotá: American University, 2016.
- [12] IGMA, «IGMA: Fabrica, Venta y Servicio de Equipo Automotriz,» 8 Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://igma.com.mx/Prensas-tipo-H.html>. [Último acceso: 18 Mayo 2023].
- [13] L. SHAOXING MAQ IMPORT & EXPORT CO., «MAQ,» 22 Febrero 2016. [En línea]. Available: <http://www.maquina.com.cn/Span/HPC-Open-side-C-type-hydraulic-press-126.html>. [Último acceso: 18 Mayo 2023].
- [14] E. cloud, *Prensa hidráulica de 4 columnas*, Japón: ETW International, 2009.
- [15] B. S.A.S, «BITAC,» 5 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://bitac.com.co/uncategorized/unidad-hidraulica/>. [Último acceso: 19 Mayo 2023].
- [16] K. Reyes, «Facilitando Conocimientos,» Santiago Mariño, 27 Enero 2015. [En línea]. Available: http://karyrandrade.blogspot.com/2015/01/normal-0-21-false-false-false-es-x-none_27.html. [Último acceso: 20 Mayo 2023].
- [17] B. Salazar, «Ingeniería Industrial Online,» 3 Septiembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/procesos-industriales/procesos-de-conformado/>. [Último acceso: 23 Mayo 2023].
- [18] Y. Zhak, «dreamstime,» 23 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://es.dreamstime.com/trabajar-con-chapa-en-el-freno-de-prensa-hidr%C3%A1ulica-cnc-plegado-met%C3%A1lica-y-m%C3%A1quinas-especiales-flexi%C3%B3n-frenado-presi%C3%B3n-o-image206957498>. [Último acceso: 23 Mayo 2023].
- [19] M. Pedro, «De maquinas y herramientas,» De maquinas y herramientas, 16 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/soldadura-smaw-que-es-y-procedimiento>. [Último acceso: 16 Junio 2023].
- [20] N. Mecatrónico, «Youtube,» 23 Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=fnjpGx0Y5Qc>. [Último acceso: 4 Agosto 2023].

