

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

IMPLEMENTACIÓN DE UNA PRENSA HIDRÁULICA MANUAL PARA FABRICACIÓN DE PLATOS BIODEGRADABLES

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA

Jair Alejandro Zambrano López

jair.zambrano@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. HUGO FRANCISCO ZÚÑIGA PUEBLA, MSC.

hugo.zuniga@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. CARLOS ORLANDO ROMO HERRERA, MSC.

carlos.romo@epn.edu.ec

Quito, marzo 2022

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr Zambrano López Jair Alejandro como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA, bajo nuestra supervisión:



Firmado electrónicamente por:
**HUGO FRANCISCO
ZUNIGA PUEBLA**

Ing. Hugo Zúñiga MSc.

DIRECTOR DEL PROYECTO



Firmado electrónicamente por:
**CARLOS ORLANDO
ROMO HERRERA**

Ing. Carlos Romo MSc.

CODIRECTOR DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Yo Zambrano López Jair Alejandro con CI: 1726475278 declaro bajo juramento que el trabajo 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.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, soy titular de la obra en mención y otorgo una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entrego toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



Jair Alejandro Zambrano López

CI: 1726475278

Teléfono: 0984683131

Correo: jairzambranoale97@gmail.com

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

Mi madre Rosa López quien con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos Wendy y Andrés por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

De igual manera mis agradecimientos a la Escuela Politécnica Nacional y a toda la ESFOT. Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. Hugo Zúñiga, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción	11
1.1	Objetivo general	13
1.2	Objetivos específicos.....	13
1.3	Fundamentos Teóricos	13
2	Metodología.....	19
2.1	Técnica de investigación.....	19
2.2	Descripción de la metodología usada	19
3	Resultados y Discusión.....	20
3.1	Requerimientos técnicos.....	21
3.2	Dimensionamiento y selección de componentes	23
3.3	Simulación en SolidWorks	30
3.4	Ensamble de la prensa hidráulica	39
3.5	Pruebas de funcionamiento	48
3.6	Manual de Uso y Mantenimiento.....	52
4	Conclusiones y Recomendaciones	53
4.1	Conclusiones	53
4.2	Recomendaciones	55
5	Referencias Bibliográficas	56
	ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ley de Pascal Fuerzas [9].....	14
Figura 1.2 Partes de un proceso MIG/MAG [9].....	15
Figura 1.3 Aplicación de peso en resorte Ley de Hooke [11].....	16
Figura 1.4 Plato Biodegradable. [13].....	17
Figura 1.5 Hojas de Atzera [14].....	18
Figura 2.1 Metodología usada en el proyecto	20
Figura 3.1 Croquis estructura metálica.....	30
Figura 3.2 Inserción de los perfiles tipo C en el croquis	31
Figura 3.3 Inserción de los perfiles diagonales de soporte en el croquis	32
Figura 3.4 Inserción de los pernos y cáncamos a la estructura metálica	33
Figura 3.5 Inserción de los resortes de tensión hacía los cáncamos.....	33
Figura 3.6 Unión de la gata hidráulica en la estructura metálica	34
Figura 3.7 Creación de la malla de la estructura hidráulica	35
Figura 3.8 Diagrama de cuerpo libre – Perfil metálico superior	36
Figura 3.9 Diagrama de cuerpo libre – Perfil metálico molde hembra	36
Figura 3.10 Análisis de carga - Tensión axial.....	37
Figura 3.11 Análisis de carga – Perfil metálico molde hembra	37
Figura 3.12 Análisis de carga – Perfil metálico superior	38
Figura 3.13 Análisis de carga – Factor de seguridad.....	38
Figura 3.14 Estructura metálica lateral.....	40
Figura 3.15 Estructuras metálicas de soporte para matrices	40
Figura 3.16 Estructura metálica para anclaje de resortes.....	41
Figura 3.17 Estructura metálica de soporte diagonal.....	41
Figura 3.18 Valores colocados en la suelda MIG	42
Figura 3.19 Proceso de suelda estructuras laterales.....	43
Figura 3.20 Segundo proceso de suelda estructuras laterales	43
Figura 3.21 Unión de los pernos soldados para el soporte de la matriz hembra.....	44
Figura 3.22 Unión de la estructura de soporte para el molde hembra	44
Figura 3.23 Unión de las estructuras de soporte diagonal para el molde hembra	45
Figura 3.24 Anclaje de los pernos con los cáncamos.....	45
Figura 3.25 Unión de los resortes de tensión en los cáncamos.....	46
Figura 3.26 Inserción de la gata hidráulica en la estructura metálica	46
Figura 3.27 Unión del molde macho a la prensa hidráulica	47

Figura 3.28 Matriz hembra elaborado de aserrín y cola	47
Figura 3.29 Plato de ejemplo para elaboración de las matrices	48
Figura 3.30 Proceso de secado de las hojas de Atzera.....	48
Figura 3.31 Proceso de colocación de las hojas de Atzera en el molde hembra	49
Figura 3.32 Extensión de los resortes y de la gata hidráulica.....	49
Figura 3.33 Punto de contacto de las matrices macho y hembra	50
Figura 3.34 Plato biodegradable terminado.....	50
Figura 3.35 Posición inicial de trabajo.....	51
Figura 3.36 Uso del plato biodegradable.....	51
Figura 3.37 Código QR del video funcionamiento de la prensa hidráulica.....	52
Figura 3.38 Código QR del video del manual de uso y mantenimiento de la prensa hidráulica	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Espesores de chapas a unir	29
Tabla 3.2 Obstinación a tensión del perno.....	29
Tabla 3.3 Pernos seleccionados.....	29

RESUMEN

El presente proyecto de titulación “IMPLEMENTACIÓN DE UNA PRENSA HIDRÁULICA MANUAL PARA FABRICACIÓN DE PLATOS BIODEGRADABLES”, se basó en cálculos de presiones y fuerzas para la selección de la gata hidráulica. La Ley de Hooke fue aplicada para el diseño de los resortes de tensión. Los procesos de soldadura fueron implementados para la unión de las piezas metálicas de acero A36. Finalmente se realizaron las simulaciones y las pruebas de funcionamiento del proyecto.

Se determinaron los valores de presión y fuerza necesarios para elaborar de forma correcta los platos biodegradables mediante la deformación de las hojas de Atzera usadas, para verificar que los valores determinados es necesario identificar que la estructura los soportará mediante la simulación en el software SolidWorks, en donde se evidenció el correcto funcionamiento de la prensa hidráulica, adicional se analizaron diferentes tipos de procesos de soldadura para escoger el tipo de suelda que proporcione una correcta unión de los materiales.

Con base en los cálculos realizados en la etapa de diseño, se procedió a seleccionar el tipo de gata hidráulica, la cual tiene una capacidad de 4 [Ton], los resortes de tensión, los pernos para la unión de partes mecánicas y los materiales usados para la elaboración de las matrices

En la fase del ensamble de la estructura metálica de acero A36 fue necesario realizar la unión de las piezas metálicas con una suelda MIG, el tipo de alambre utilizado es el ER70S-2 y el tipo de gas a usar es el gas C-25 (75% argón + 25% CO₂), que proporciona una gran resistencia y protección a los cordones de soldadura.

Para las pruebas de funcionamiento, se escogieron las mejores hojas de Atzera y se procedió a realizar un proceso de pre secado a las hojas para evitar humedad excesiva en el momento de ejercer presión sobre las hojas, seguidamente se colocaron las hojas en la matriz hembra y se empezó a bajar la gata hidráulica hasta que llegue a tener contacto con la materia prima y ejercer la presión necesaria para dar forma de plato a las hojas de Atzera.

PALABRAS CLAVE: Prensa, Hooke, Atzera, suelda.

ABSTRACT

The present degree project "IMPLEMENTATION OF A MANUAL HYDRAULIC PRESS FOR MANUFACTURING BIODEGRADABLE PLATES", was based on pressure and force calculations for the selection of the hydraulic jack. Hooke's Law was applied for the design of the tension springs. Welding processes were implemented for the joining of the A36 steel parts. Finally, the simulations and performance tests of the project were carried out.

The values of pressure and force necessary to correctly elaborate the biodegradable plates were determined through the deformation of the used Atzera sheets, to verify that the determined values it is necessary to identify that the structure will support them through the simulation in the SolidWorks software, where the correct operation of the hydraulic press was evidenced, additionally different types of welding processes were analyzed to choose the type of welding that provides a correct union of the materials.

Based on the calculations made in the design stage, the type of hydraulic jack was selected, which has a capacity of 4 [Ton], the tension springs, the bolts for the union of mechanical parts and the materials used for the elaboration of the dies.

In the assembly phase of the A36 steel metallic structure it was necessary to join the metallic parts with a MIG weld, the type of wire used is ER70S-2 and the type of gas to be used is C-25 gas (75% argon + 25% CO₂), which provides high resistance and protection to the welding beads.

For the operation tests, the best Atzera leaves were chosen and a pre-drying process was carried out to avoid excessive humidity at the moment of exerting pressure on the leaves, then the leaves were placed in the female matrix and the hydraulic jack was lowered until it came into contact with the raw material and exerted the necessary pressure to give the Atzera leaves a plate shape.

KEY WORDS: Press, Hooke, Atzera, weld.

1 INTRODUCCIÓN

El uso exagerado de los productos plásticos y fibras sintéticas ha alcanzado un puesto que ni los océanos o las playas más lejanas están seguras de sus estragos. Según la revista Science, playas vírgenes contienen desechos plásticos de tamaño celular combinado con la arena de las playas. Las sustancias químicas tóxicas de los plásticos se esparcen y prontamente quedan adheridas a partículas, animales y alimentos, por lo que posteriormente llegan al organismo y lo intoxican. [2]

El desperdicio de desechos plásticos se está convirtiendo en un problema serio para la humanidad. La contaminación de desechos sólidos en el Ecuador [3] afectan al entorno y a la vida misma de la sociedad ecuatoriana. Surge, como necesidad prioritaria, técnicas y materiales biodegradables que permitan la fabricación de vajillas desechables, que reduzcan la contaminación. Según datos entregados por la Empresa Metropolitana de Aseo (EMASEO), en Quito se producen al día 2 227,69 toneladas de desechos sólidos. De esto, 277,35 toneladas corresponden a fundas y otros desechos de familias del plástico. Diariamente en la ciudad capital se desechan fundas, recipientes y otros artículos plásticos [3]. Con el propósito de minimizar la utilización de ese tipo de material en la ciudad de Quito, se ha planteado un plan de reglamento con la idea “Quito Sin Plásticos”. Este modelo propone la supresión universal de bolsas, sorbetes, botellas y platos plásticos”. [3]

El presente proyecto consiste en el diseño e implementación una prensa hidráulica manual para fabricar platos biodegradables, con el fin de reducir desechos plásticos en el país, considerando que en Ecuador se producen 3 600 toneladas de basura de familias del plástico [3], procedentes en su mayoría de las grandes ciudades del país como Quito en donde el 65% de los desechos son del tipo orgánico y el 35% restante son del tipo inorgánico; dentro de los desechos inorgánicos más comunes están el plástico, el tetra pack, vidrio y cartón [4]; el uso de una vajilla biodegradable ayuda a la reducción de desechos plásticos, debido a su composición natural, este tipo de vajilla se degrada de forma más rápida con una descomposición máxima de 28 días, a diferencia de los plásticos de uso diario, los cuales tienen un tiempo de degradación de 150 años [4].

Una prensa hidráulica sirve para amplificar una fuerza pequeña en el accionamiento, la cual se multiplica en el sistema hidráulico, es decir. [5]

1.1 Objetivo general

Implementar una prensa hidráulica manual para fabricación de platos biodegradables

1.2 Objetivos específicos

Determinar los requerimientos

Elaborar los planos mecánicos

Ensamblar una prensa hidráulica manual

Realizar pruebas de funcionamiento

Redactar un manual de uso y mantenimiento del equipo

1.3 Fundamentos Teóricos

Para el diseño, construcción y ensamble de la prensa y sus partes mecánicas se siguió los protocolos especificados en el libro de Diseño de Acero Estructural de Joseph E. Bowles [6], que está especificado en el apartado de conexiones atornilladas y remachadas con la adición del apartado de conexiones soldadas.

- **Ley de Pascal**

La presión ejercida en un fluido moderado incompresible y en proporción intrínseca en un recipiente de paredes indeformables se transmite con semejante energía en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido. La ecuación de la presión está conformada por la fuerza que es ejercida sobre un área específica. Observar en la Figura 1.1 [9]

$$P = F/A$$

Ecuación 1.1 Presión [9]

Donde:

P = Presión [Pa]

F = Fuerza [N]

A = Área [m²]

- **Prensa Hidráulica**

La prensa hidráulica es un equipo complejo que permite multiplicar las fuerzas y constituye el principio de elevadores, frenos y muchos otros dispositivos hidráulicos.

La prensa hidráulica se fundamenta en la Ley de Pascal. Por lo general, tiene varios cilindros de desigual medida comunicados el uno con el otro, y cuya parte interna está completamente repleta de algún líquido que normalmente es un aceite especial conocido como aceite hidráulico. En la prensa, un par de émbolos de secciones diferentes se ajustan, proporcionalmente, en ambos cilindros de forma que estén en contacto con el fluido.

Cuando encima del pistón de sección menor A1 se ejerce una fuerza F1, la presión P1 que se origina en el fluido en trato con el émbolo, se transmite íntegramente y de modo aproximadamente de forma instantánea al restante del fluido.

Por la Ley de Pascal esta presión P1 será semejante a la presión P2 que ejerce el fluido en el elemento A2.

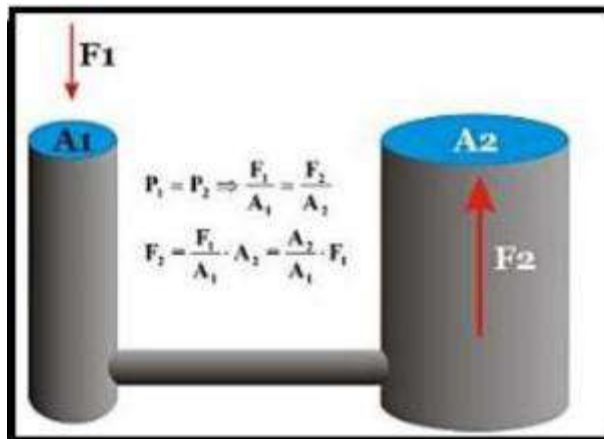


Figura 1.1 Ley de Pascal Fuerzas [9].

- **Proceso de Soldadura GMAW**

En la soldadura GMAW en donde se tiene los procesos MIG/MAG hay un componente de contribución o una hebra de adherencia que se encargan de cebar el arco voltaico cuando entra en relación con el material a ser soldado. La hebra fundida se utiliza como contribución de material. Los componentes principales se observan en la Figura 1.2.

Con el fin de resguardar el arco voltaico del oxígeno activo del ambiente, por la tobera del fluido se desplaza el llamado gas preventivo, el cual está encargado de despedir el

oxígeno mientras la soldadura continúe, evitando la oxidación en el arco voltaico y en el baño de fundición. [12]

Para el proceso de soldadura MAG se utilizan gases activos como CO₂ puro o gases de composición (argón, CO₂, O₂). Estos forman componentes estrechamente reactivos. El procedimiento de soldadura MAG se utiliza para materiales no aleados, de baja y alta aleación. En cambio, la MIG utiliza gases inertes, como el argón y el helio, o gases mixtos formados por argón y helio. [12]



Figura 1.2 Partes de un proceso MIG/MAG [9]

- **Resortes – Ley de Hooke**

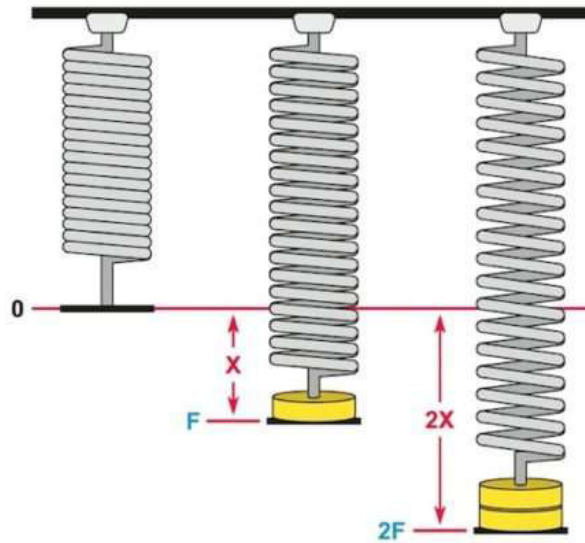


Figura 1.3 Aplicación de peso en resorte Ley de Hooke [11]

La Ley de elasticidad de Hooke es el principio físico en eje a la dirección elástica de los sólidos. Fue formulada en 1660 por el científico británico Robert Hooke, estudiante del célebre Isaac Newton. [11]

La teoría de esta ley es que el deslizamiento o la distorsión sufrida por un cuerpo subordinado a una fuerza, será claramente proporcional a la fuerza deformante o al peso, en la Figura 1.3 se observa la exposición del resorte a un cuerpo unido en su parte inferior que produce una elongación más pronunciada en cuanto mayor peso o fuerza sea aplicada en el extremo del resorte. [11]

La fórmula más conocida de la Ley de Hooke es la Ecuación 1.2:

$$F = k * \Delta L$$

Ecuación 1.2 Ley de Hooke [11]

Donde:

F = es la fuerza aplicada en el resorte [N]

k = es la constante de elasticidad de los resortes [N/m]

ΔL = es la variación de la posición inicial a la posición final de la elasticidad del resorte [m]

- **Platos Biodegradables**

Que un envase o material sea biodegradable significa que es fácil y práctico para desintegrarse y descomponerse por procesos de agentes biológicos como microorganismos, hongos, bacterias o algas, apoyado por otras circunstancias ambientales dadas por cambios en la temperatura del entorno, como la disposición de sol o agua, verificar en la Figura 1.4 un plato biodegradable. En el procedimiento el material elemental termina por transformarse en CO₂, agua, nutrientes o biomasa. [13]



Figura 1.4 Plato Biodegradable. [13]

- **Hojas de Atzera (Materia prima para platos biodegradables)**

En la sociedad ecuatoriana es conocida como Achira o Platanillo, y se la utiliza mayormente de forma decorativa.

Mantiene sus funciones tradicionales, de forma principal alimenticias e incluso algunas utilitarias como recipientes. Con la hoja se envuelven algunas delicias de la cocina oriunda del Ecuador, como el tamal, característico de la región Sierra, por mencionar un modelo. No obstante, no se conoce si su utilización se remonta a las culturas ancestrales, hay razones suficientes para especular que la Achira, en aquel tiempo, por lo menos fue utilitaria, como señala el científico José Luis Espinoza. [14]

El científico señala conjuntamente que la Atzera mantiene tres funciones. La primera, que su hoja sea utilitaria, es decir, aprovecharla como envoltorio para ciertos alimentos. La segunda es alimenticia, del tronco de la planta se obtiene la fécula, ventajosa para fabricar pan. Por último, tiene una ocupación decorativa, la cual se ha detonado en los últimos años, en la Figura 1.5 se puede observar una forma de uso de las hojas de Atzera. [14]



Figura 1.5 Hojas de Atzera [14].

2 METODOLOGÍA

2.1 Técnica de investigación

La realización del proyecto se basó en la exploración aplicada, que se define como la creación industrial y de manera tecnológica argumentada en una investigación real, que tiene como objetivo producir conocimientos centrados en la comunidad y en el nivel productor, la cual proviene de la indagación básica, para generar un nivel conciencia en cuanto a los desperdicios no biodegradables o amigables con el ambiente, dando como consecuencia una sociedad que produzca menor cantidad de desperdicios no biodegradables. [3]

En el actual proyecto se aplicaron conocimientos adquiridos en el trayecto de la carrera de Electromecánica, por muestra: la Ley de Pascal, la Ley de Hooke, ecuaciones de fuerza y presión, procesos de soldadura, entre otros. En consecuencia, se llegó a tener platos biodegradables que se degradan en menos de 30 días.

2.2 Descripción de la metodología usada

En el proceso de la prensa hidráulica se utilizó una investigación estratégica y real para solventar cualquier tipo de inconveniente en cuanto a su diseño basado en normas y principios para asegurar una implementación eficaz y que cumpla con todos los requerimientos necesarios del sistema.

En la Figura 2.1, se observa el proceso metodológico utilizado en el proyecto. Como primer punto, se determinaron los parámetros de trabajo tomando en cuenta el importe de fuerza a soportar por los materiales, de la misma forma, la superior cantidad de presión que será ejercida sobre las matrices para deformar la materia prima. Se realizó un análisis de los tipos y modelos de materiales usados para el ensamble de prensas hidráulicas.

Se calcularon los valores de presión y fuerza necesarios para escoger materiales que soporten dichos valores conseguidos, de esta manera llegar a tener una deformación exitosa en cuanto al tipo de materia prima utilizado como en este caso fue una hoja de Atzera. [7], [9]

Seguidamente, se realizó el cálculo de los resortes a utilizar para el retroceso a la posición inicial de la prensa, para este punto en particular fue necesario conocer el valor

de la distancia máxima a recorrer del resorte y la fuerza superior a ser aplicada en los resortes. [11]

Posteriormente, se procedió a realizar las matrices de deformación para la materia prima las cuales están creadas de cemento blanco y una aleación de cola con aserrín. [15] y [16]

Seguidamente, se realizaron los planos de la estructura de la prensa hidráulica con la ayuda del software SolidWorks y se verificaron los valores de deformación que pueden llegar a tener los elementos al aplicar los valores de presión y de fuerza calculados, se procedió a realizar el ensamble de la prensa hidráulica y las correspondientes pruebas de funcionamiento.

Finalmente, se procedió a realizar un manual de uso y de mantenimiento para tener en cuenta los periodos de mantenimiento de la prensa hidráulica.



Figura 2.1 Metodología usada en el proyecto

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro de la presente sección se trata los temas del dimensionamiento del sistema de la prensa hidráulica, así mismo, se visualizará los elementos a utilizar y los planos de construcción de la prensa hidráulica, se indicará los métodos y el tipo de proceso que se siguió para la construcción del proyecto como uniones mecánicas y uniones soldadas, de esta manera se presentara a detalle el proceso de construcción de la prensa hidráulica. Finalmente, se muestran las pruebas realizadas y los resultados

obtenidos en el presente proyecto. El proyecto funciona correctamente por lo que se presenta el certificado de funcionamiento del equipo en el Anexo 1.

Los conceptos desarrollados en esta sección están explicados con base en: la ley de Pascal [9], diseño de Acero Estructural de Joseph E. Bowles [6], la Ley de Hook [11] y elaboración de materiales a partir de aserrín y cola como materia prima basado en La elaboración de Paneles a Base de Aserrín y Polímeros en la Ciudad de Villavicencio-Meta. [10]

3.1 Requerimientos técnicos

Se van a tratar los fundamentos técnicos de los componentes de la prensa hidráulica, se procede a indicar los principios de funcionalidad de una prensa hidráulica, de los resortes de tensión, el tipo y forma de la estructura metálica a ser utilizada, el tipo de suelda y de proceso de soldadura empleada para la unión de las partes metálicas de la estructura, la elaboración de las matrices en cuanto su uso y funcionalidad, y por último los elementos de unión de las partes que no están fijadas por el proceso de soldadura como son los pernos y cáncamos que están adheridos a los resortes de tensión

- **Prensa hidráulica**

Para el dimensionamiento de la prensa o gato hidráulico y el valor de presión a utilizar, se procedió a usar la Ecuación de la Presión y la Ley de Pascal en la cual se explica que la presión puesta en un fluido de baja compresibilidad y que se mantenga en equilibrio al interior de un recipiente de estructura indeformable se moverá con la misma intensidad hacia todas las direcciones y en todos los puntos del fluido. [9]

Con este principio se escogió una prensa hidráulica tipo botella que será usada para realizar el movimiento de las matrices de deformación de la materia prima y comprimir las hojas de Atzera para darles la forma de un plato.

- **Resortes**

Dentro del dimensionamiento de los resortes de tensión usados en la prensa hidráulica para devolverla al punto de inicio, se utilizó la ecuación de los resortes o Ley de Hooke la cual indica el principio físico que tienen todos los sólidos al cambiar su propiedad elástica.

Los resortes escogidos deberán cumplir con una conducta elástica que, al momento de llegar a estar estirados, deberán tener la capacidad de volver a su forma inicial y no perder sus características de elasticidad.

- **Estructura metálica**

Para la estructura metálica se escogió un tipo de material de acero A36 que sea capaz de soportar presiones y fuerzas elevadas en todos sus puntos de contacto, el tipo de material a escoger deberá ser un perfil tipo C para unir las partes de toda la estructura con mayor facilidad y disponer de una mejor estabilidad debido a que la estructura metálica de la prensa tendrá que estar siempre ubicada de forma vertical con lo cual, los perfiles de acero en C proporcionan este tipo de estabilidad requerida.

De igual manera, el tipo de material seleccionado para la estructura metálica deberá cumplir con un tipo de suelda SMAW (suelda con electrodo) o una suelda MIG.

- **Método de soldadura**

Para la unión de las partes de la estructura metálica se usó un proceso de soldadura con el fin de asegurar una correcta unión de las piezas y evitar algún tipo de unión de mala calidad, para el proceso de soldadura se utilizó una suelda MIG la cual tiene un proceso de suelda de mejor calidad que una suelda común o suelda SMAW, este tipo de soldadura es especialmente utilizada en uniones de espesores pequeños y uniones de estructuras metálicas.

Se utilizó la técnica de soldadura de transmisión de metal de aporte por cortocircuito. El inicio de la hebra del alambre hace masa con la soldadura inmediatamente fundida. Dentro de las características en el momento de realizar la soldadura se trabajó con una corriente de 76 [A] y un voltaje de 29,6 [V]. [17]

De igual manera se escogió este tipo de suelda por las ventajas que posee sobre otros tipos de suelda convencionales como:

- Mayor producción al eliminarse los tiempos muertos en el momento de restablecer los electrodos que inmediatamente se han consumido.
- Es viable soldar en cualquier posición.
- Disminución de las discontinuidades del cordel de suelda, dando un buen terminado.

- **Matrices macho y hembra**

Para la elaboración de las matrices de deformación de la materia prima se procedió a escoger 2 tipos de moldes.

El molde macho debe ser considerado en su elaboración con un tipo de material que llegue a ser muy duro debido a que al momento de presionar la materia prima contra el molde hembra deberá soportar toda la cantidad de presión o fuerza ejercida para deformar de forma correcta y adecuada las hojas de Atzera, para su elaboración se utilizó una mezcla de cemento blanco por su gran dureza. [15]

Para la elaboración del molde hembra se considera que sea de un tipo de aleación menos rígida que el molde macho constituida por una aleación de aserrín con cola para llegar a evitar cualquier tipo de ruptura al momento de realizar la compresión de los dos moldes y no lleguen a cuartearse los moldes o en el peor de los casos llegar a romperse. [16]

- **Elementos de unión de partes no soldadas**

Los pernos a ser escogidos porque en la unión de los cáncamos para la sujeción de los resortes de tensión, es una parte de la estructura en donde no es posible llegar a realizar un proceso de soldadura. Debido a que los resortes tienen que ser regulados en su altura y si llegasen a sufrir un tipo de desgaste ser reemplazados por nuevos resortes con las mismas características y al tener estas piezas soldadas no sería posible ese cambio. Para la selección de los pernos a utilizar en uniones específicas las cuales no estarán sometidas directamente a la presión aplicada por la prensa hidráulica, es necesario escoger un tipo de perno el cual soporte la tensión proporcionada por los resortes de tensión, este tipo de perno a escoger es preferible que sea del mismo tipo de material usado de igual forma en la estructura metálica, es decir, el tipo de material para los pernos a escoger es acero A36.

3.2 Dimensionamiento y selección de componentes

- **Prensa hidráulica**

Para el dimensionamiento de la prensa hidráulica, se requiere que los diferentes pistones cumplan con la Ley de Pascal que se muestran en la Ecuación 1.1.

Se analizó las deformaciones medias en cuanto a la materia prima a ser deformada, para el presente proyecto de titulación se llegó a utilizar hojas de Atzera, la cual llega a presentar deformación en el momento que se llega a aplicar una presión promedio de 65 [kPa] a 70 [kPa] y en un área de contacto de 0,01767 [m²] o 176,7 [cm²], dando como resultado en el despeje de la Ecuación 1.1 el siguiente resultado:

$$P = F/A$$

$$70 \text{ [kPa]} = F/A$$

$$F = 70 \text{ [kPa]} * 0,01767 \text{ m}^2$$

$$F = 1,2369 \text{ [kN]}$$

Con los resultados anteriores, se tiene en cuenta que la prensa hidráulica deberá proporcionar una presión de 70 [kPa], como mínimo para obtener una deformación adecuada de la materia prima y las juntas soldadas que posea la estructura de la prensa hidráulica deban cumplir con la capacidad de soportar valores de 65 [kPa] a 70 [kPa] y valores de fuerza de 1,2369 [kN], se escogió una gata hidráulica tipo botella de 4 [Ton] con un tamaño de 18 [cm] de alto con el vástago retraído y 28 [cm] de largo con el vástago estirado.

- **Resortes**

Para el dimensionamiento de los resortes de tensión fue necesario la implementación de la ecuación de la Ley de Hooke que se encuentra definida en la Ecuación 1.2

Se utilizó la ecuación de la Ley de Hooke con la cual se pudo determinar la constante k como se muestra a continuación:

$$F = k * \Delta L$$

$$1,2369 \text{ [kN]} = k * 0,18 \text{ [m]}$$

$$k = 6,87 \text{ [kN/m]}$$

La variación de 0,18 m está dada por el movimiento del punto de partida del resorte hasta el punto de contacto entre el molde macho y la matriz hembra.

Como resultado se escogió un resorte con una constante de k de 7 [kN/m²] con un diámetro de alambre de 3 [mm], un largo de 8 [cm] y un diámetro nominal de 2,5 [cm].

- **Estructura metálica**

Con aplicación de la Ecuación 1.1, ecuación de la presión se busca despejar y obtener resultado de la fuerza necesaria a ser aplicada, se procede a escoger un material para la elaboración de la estructura metálica de la prensa hidráulica, con la cual soportará el valor mínimo de 70 [kPa] en el valor de presión y un mínimo de 1,2369 [kN], en el valor de fuerza.

Se analizó distintos tipos de materiales en estructuras metálicas y perfiles metálicos, hasta encontrar el ideal, como es el acero negro A36 en un perfil metálico de forma C o

mayormente conocido como forma U, de las siguientes dimensiones: un grosor de 3 [mm], una longitud de 12 [cm] y un ancho de 5 [cm].

Con este dimensionamiento se procedió a tener las piezas de la estructura metálica de las medidas de:

- Dos piezas de 1 [m] de largo, estas piezas fueron usadas para crear el borde de la estructura de la prensa hidráulica. Verificar en la Figura 3.14.
- Una pieza de 50 [cm] de largo, la cual está soldada con las piezas de 1 [m] de largo para crear el borde superior de la estructura, adicional en esta pieza irán ancladas con dos cáncamos, en donde se procede a colocar y sostener los resortes de tensión, estos se ubicaron a los extremos de la pieza, por adición estará de igual forma anclada la gata hidráulica por su parte superior. Verificar en la Figura 3.15
- Una pieza de 49,8 [cm] de largo, tiene un tamaño menor debido a que es donde se encuentra soportado el molde macho y por ende debe subir y bajar de manera que no puede existir un roce entre esta pieza y los bordes exteriores de la estructura metálica, por adición, se tendrá que anclar también a otros dos cáncamos donde va sostenido el otro extremo de los resortes. Esto se verifica en la Figura 3.16.
- Una segunda pieza de 50 [cm] de largo, la cual está soldada a los extremos de la parte exterior de la estructura de la prensa, esta pieza sirve de soporte para el molde hembra de la prensa hidráulica, adicional esta pieza va acompañada de dos piezas más cortas que servirá de soporte en caso de existir algún tipo de deformación de modo que sirvan de apoyo para contrarrestar este fenómeno, como se observa en la Figura 3.17. Es importante recalcar que se dimensionó la estructura y posteriormente fue simulada para asegurar que la misma soporta la carga. La simulación se muestra en la sección 3.3.

- **Matrices macho y hembra**

El molde macho se lo fabricó de cemento blanco con el fin de llegar a tener un molde fuerte que llegue a soportar la cantidad necesaria de fuerza para llegar a deformar de forma equitativa las hojas de Atzera. El molde se lo realizó mezclando proporciones de 3 a 2, es decir, por cada dos porciones de agua se equilibró con 3 porciones cemento blanco, con el fin de llegar a obtener una solución espesa y compacta que ayude a sostener la cantidad de fuerza ejercida sobre la matriz. [16]

El molde hembra se lo realizó con una aleación de cola líquida y aserrín en polvo, con este tipo de aleación se busca crear una matriz que soporte toda la presión que va a ser ejercida por la prensa hidráulica y el molde macho sobre la materia prima. Esta matriz esta realizada con una proporción de 1 a 3, es decir, por cada porción de cola se agregaron 3 porciones de aserrín en polvo, de esta manera logrando obtener una masa compacta y dura para soportar el tipo de presión que sea necesario durante largos tiempos y de esta manera llegar a obtener una buena deformación de las hojas de Atzera. [16]

- **Dimensionamiento de pernos**

Todos los pernos están solicitados a arrastre, siendo las fases del dimensionado de la aleación las siguientes:

Tabla 3.1 Dimensiones geométricas del tipo de perno empleado

DIMENSIONES GEOMÉTRICAS DEL TIPO DE PERNO EMPLEADO EN LA UNIÓN					
TIPO DE PERNO	DIÁMETRO DEL PERNO	LONGITUD DE LA PARTE ROSCADA	DIÁMETRO DEL AGUJERO	ÁREA NETA DEL NUCLEO	ÁREA RESISTENTE
TR 12	12 mm	90 mm	13-14 mm	225 mm ²	275 mm ²

La unión del perno con los resortes se encuentra sometida a los siguientes esfuerzos:

- - Esfuerzo cortante (normal al eje de los tornillos) = 0 [kN]
- - Esfuerzo axil (paralelo al eje de los tornillos) = 1,2369 [kN]

Los pernos que componen la unión cumplen la siguiente condición:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 * F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

Ecuación 1.3 Condición de dimensionamiento de los pernos [17]

Donde,

$F_{v,Ed}$, es el esfuerzo cortante que actúa sobre la unión atornillada, en este ejemplo, $F_{v,Ed} = 0$ [kN];

$F_{v,Rd}$, es la resistencia a cortante de la unión para el tipo de tornillo empleado;

$F_{t,Ed}$, es el esfuerzo axil que actúa sobre la unión atornillada; en este ejemplo, $F_{t,Ed} = 1,2369$ [kN];

$F_{t,Rd}$, es la resistencia a tracción de la unión para el tipo de tornillo empleado.

A continuación, se procederá a calcular los valores de la resistencia a cortante de los dos pernos a usar ($F_{v,Rd}$) y de la resistencia a tracción ($F_{t,Rd}$) de la unión atornillada de este ejemplo.

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 * f_{ub} * A_s * 2}{\gamma_{Mb}}$$

Ecuación 1.4 Resistencia a cortante de los pernos [17]

Donde,

A_s , es el área resistente a tracción del tornillo, según la tabla con las propiedades geométricas del tornillo vale, $A_s = 275$ [mm²]

f_{ub} , es la tensión última a tracción del tornillo, de valor, $f_{ub} = 400$ [N/mm²], como se observa en la Tabla 3.3.

γ_{Mb} , es el coeficiente parcial de seguridad, que para uniones atornilladas vale, $\gamma_{Mb} = 1,25$.

Con estos valores, la resistencia total a cortante de la unión atornillada vale:

$$F_{v,Rd} = 105\ 600$$
 [N]

Por consiguiente, el cortante que trabaja en la unión vale, $F_{v,Ed} = 0$ [N], que resulta menor al valor de resistencia a cortante que tiene la unión, es decir, que se cumple:

$$F_{v,Rd} = 211.200$$
 [N] > $F_{v,Ed} = 0$ [N]

Seguidamente, se calcula la resistencia a aplastamiento de la pieza en la zona contigua al tornillo, $F_{b,Rd}$, está dada por la siguiente expresión:

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * \alpha * f_u * d * t}{\gamma_{Mb}}$$

Ecuación 1.5 Resistencia a aplastamiento de la pieza [17]

donde d es el diámetro del tornillo $d=12$ [mm];

t , es el espesor de la pieza donde se ha practicado el agujero para anclar los tornillos en este caso, $t=1$ [mm];

f_u , la resistencia a tracción del acero de la pieza, que en este caso se trata de un angular de acero A36 con resistencia última a la tracción, $f_u = 400$ [N/mm²];

α , toma el valor de 1.

Al reemplazar los valores, se obtiene una resistencia de aplastamiento de la pieza de:

$$F_{b,Rd} = 9\,600 \text{ [N]}$$

Que resulta un valor superior al cortante que actúa en la unión, $F_{v,Ed} = 0 \text{ [N]}$, es decir, se cumple que:

$$F_{b,Rd} = 9\,600 \text{ [N]} > F_{v,Ed} = 0 \text{ [N]}$$

Cálculo de la resistencia a tracción ($F_{t,Rd}$) de la unión:

La resistencia a tracción $F_{t,Rd}$ de un tornillo viene dada por la expresión:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 * f_u * A_s * 2}{\gamma_{Mb}}$$

Ecuación 1.6 Resistencia a tracción [17]

Donde,

A_s , es el área resistente a tracción del tornillo que, según la tabla anterior de propiedades geométrica del tornillo, $A_s = 275 \text{ [mm}^2\text{]}$;

f_u , es la tensión última a tracción del tornillo de valor, $f_u = 400 \text{ [N/mm}^2\text{]}$;

γ_{Mb} , es el coeficiente parcial de seguridad, según lo indicado en el apartado para uniones atornilladas vale, $\gamma_{Mb} = 1,25$.

Con estos valores, la resistencia total a tracción de la unión atornillada vale:

$$F_{t,Rd} = 158\,400 \text{ [N]}$$

Continuando, el esfuerzo de tracción que actúa sobre la unión tiene el valor de, $F_{t,Ed} = 1\,236,9 \text{ [N]}$, resulta inferior al valor de resistencia al esfuerzo de tracción que tiene la unión, es decir, se cumple que:

$$F_{t,Rd} = 158\,400 \text{ [N]} > F_{t,Ed} = 1\,236,9 \text{ [N]}$$

Comprobación final:

Al comienzo de los cálculos se demostró que una unión atornillada actúa de manera simultánea esfuerzos cortantes y de tracción, por ende, es necesario cumplir la condición de la ecuación 3.1:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 * F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

Donde,

$F_{v,Ed}$, es el esfuerzo cortante que actúa sobre la unión atornillada y es, $F_{v,Ed} = 0 \text{ [kN]}$;

$F_{v,Rd}$, es la resistencia a cortante de la unión, tomando el valor, $F_{v,Rd} = 211.200 \text{ [N]}$;

$F_{t,Ed}$, es el esfuerzo axial que actúa sobre la unión atornillada y es, $F_{t,Ed} = 1,2369 \text{ [kN]}$;

$F_{t,Rd}$, es la resistencia a tracción de la unión, tomando el valor, $F_{t,Rd} = 158\,400 \text{ [N]}$.

Reemplazando los valores se comprueba la condición:

$$\frac{0}{211.200} + \frac{1,2369}{1.4 * 158\ 400} = 5,57 \times 10^{-6} \leq 1$$

Al cumplir esta condición se demuestra que el perno seleccionado resulta válido para su uso.

Tabla 3.2 Diámetro nominal del perno según el espesor de chapas a unir. [17]

M10	M12	M16	M20	M24
1 [mm]	1 [mm]	2 [mm]	2 [mm]	2 [mm]

Tabla 3.3 Obstención a tensión del perno. [17]

ACERO			ACERO 3.6	ACERO 5.6	ACERO 6.8	ACERO 8.8	ACERO 10.9
TORNILLO							
	d [mm]		$f_{u\beta} = 400$ [N/mm ²]	$f_{u\beta} = 500$ [N/mm ²]	$f_{u\beta} = 600$ [N/mm ²]	$f_{u\beta} = 800$ [N/mm ²]	$f_{u\beta} = 1000$ [N/mm ²]
M10	10	58	16 704 [N]	20 880 [N]	25 056 [N]	33 408 [N]	41 760 [N]
M12	12	84,3	24 278 [N]	30 348 [N]	36 417 [N]	48 556 [N]	60 696 [N]
M16	16	157	45 216 [N]	56 520 [N]	67 824 [N]	90 432 [N]	113 040 [N]
M20	20	245	70 560 [N]	88 200 [N]	105 840 [N]	141 120 [N]	176 400 [N]
M24	24	353	101 664 [N]	127 080 [N]	152 496 [N]	203 328 [N]	254 160 [N]

El tipo de perno que se escogió para las uniones no soldadas dentro de la estructura metálica fue un perno de cabeza hexagonal del mismo material de la estructura, es decir, de acero A36 con un diámetro de 12 [mm], capaz de llegar a soportar un esfuerzo de 24.278 [N/mm²] aproximadamente, escogiendo una cantidad de 4 pernos con estas características para el caso de sujeción para los cáncamos y resortes, y 2 pernos similares para la unión de las matrices con la estructura metálica.

Tabla 3.4 Pernos seleccionados

Tipo de Perno	Uso	Diámetro	Esfuerzo soportado	Cantidad
Perno Hexagonal	Sujeción de cáncamos y resortes	12 [mm]	24 278 [N/mm ²]	4
Perno Hexagonal	Sujeción de matrices	12 [mm]	25 278 [N/mm ²]	2

3.3 Simulación en SolidWorks

Para la simulación y elaboración de los planos estructurales de la prensa hidráulica con base en las diferentes consideraciones y parámetros ya calculados, se procedió con el software SolidWorks en el cual a más de realizar los planos para el ensamble de la prensa hidráulica, se llegó a realizar la simulación de la fuerza aplicada en las partes fijas de la prensa; en donde se evidenció si existe algún desperfecto con los tipos de materiales que fueron escogidos con anterioridad o si llega a existir algún tipo de fallo en la estructura metálica al momento de aplicar presión para la deformación de la materia prima.

- **Plano mecánico 3D**

Para la elaboración del plano mecánico en 3D de la prensa hidráulica y su estructura metálica se procedió a realizar en primer punto el croquis de la forma de la estructura metálica que se observa en la Figura 3.1, en donde se dimensionó el tamaño de los perfiles tipo C a ser utilizados en la estructura metálica, verificar en el Anexo 2 planos mecánicos a detalle.

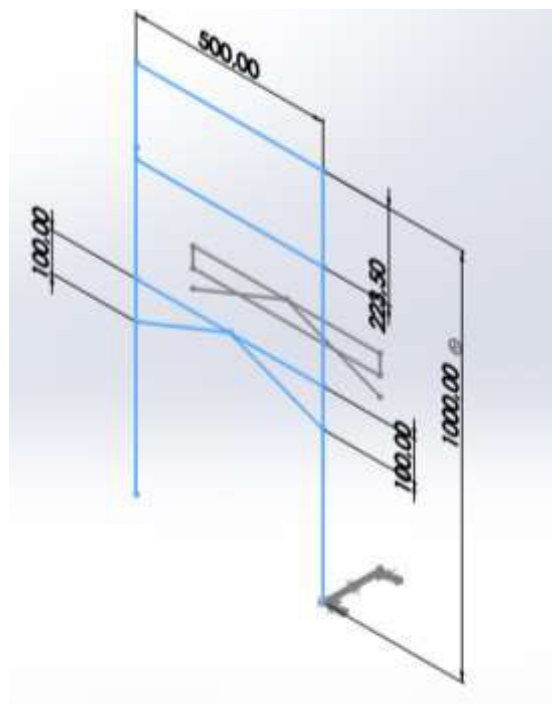


Figura 3.1 Croquis estructura metálica

Se escogió el tipo de material para los perfiles tipo C que en este caso son de acero A36, seguidamente se insertó los perfiles de acero en el croquis ya realizado, evidenciado en la Figura 3.2.

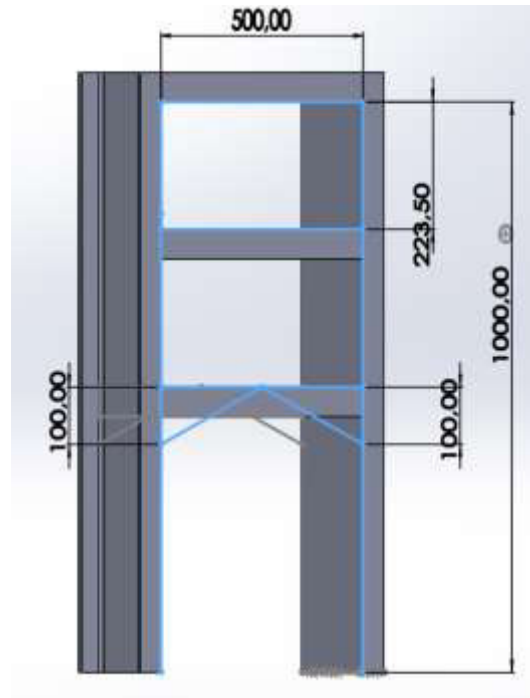


Figura 3.2 Inserción de los perfiles tipo C en el croquis

Seguidamente, se insertó las partes de soporte en diagonal de perfil de acero tipo C, que se observa en la Figura 3.3, con el cual se logra tener un mayor soporte en cuanto a la aplicación de presión sobre la estructura metálica en la cual va soportado el molde hembra.

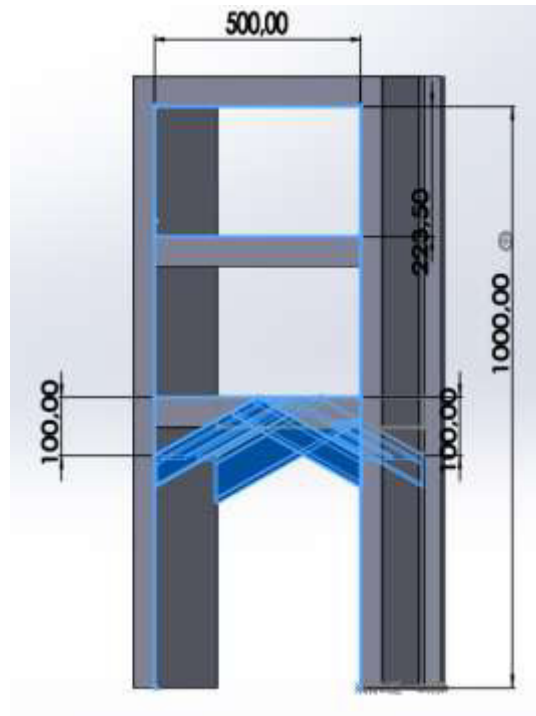


Figura 3.3 Inserción de los perfiles diagonales de soporte en el croquis

Posteriormente, se colocó los puntos donde son uniones soldadas para que el software tenga presente este parámetro al momento de realizar la simulación de la fuerza aplicada de la prensa hidráulica hacia la estructura soldada.

Se continuó con la inserción de los demás componentes de la prensa hidráulica, como son los pernos que están soldados hacia la estructura metálica para la sujeción de las matrices macho y hembra.

Dentro de la Figura 3.4 se puede observar la unión de los cáncamos en la estructura metálica para el anclaje de los resortes de tensión.

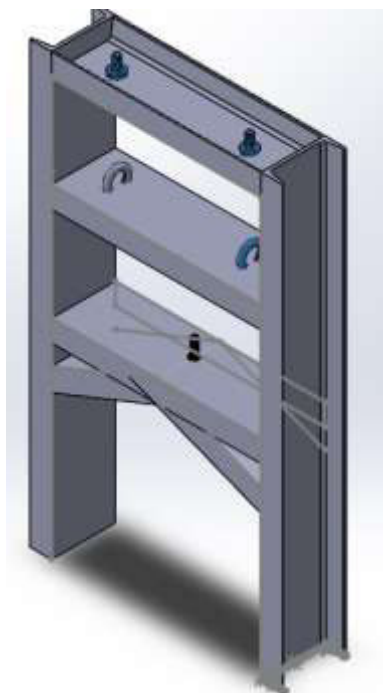


Figura 3.4 Inserción de los pernos y cáncamos a la estructura metálica

En la Figura 3.5 se visualiza la ubicación de los resortes de tensión conjuntamente anclados a los cáncamos para asegurar que la estructura móvil pueda regresar a su punto de inicio.

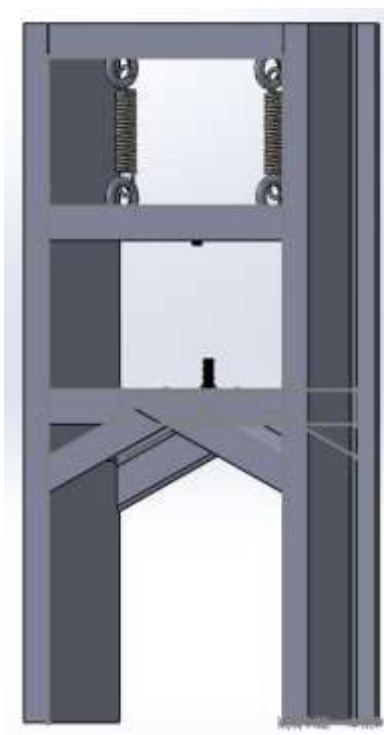


Figura 3.5 Inserción de los resortes de tensión hacia los cáncamos

En la Figura 3.6 se evidencia la unión de la gata hidráulica que servirá para proporcionar el movimiento vertical del molde macho usado para proporcionar presión en el molde hembra y deformar la materia prima se encuentra ubicada encima del perfil metálico donde están sostenidos los resortes.

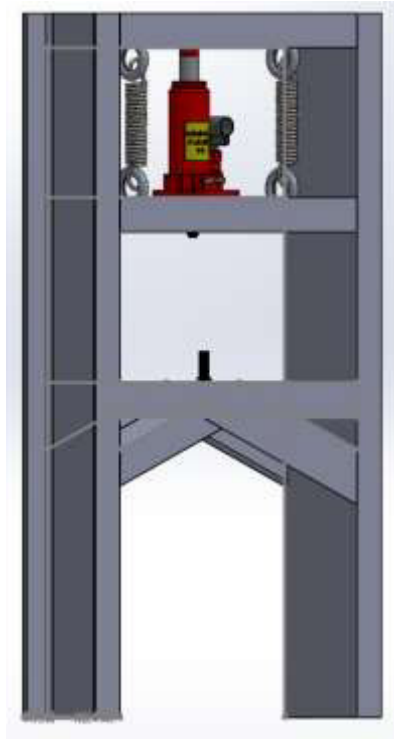


Figura 3.6 Unión de la gata hidráulica en la estructura metálica

- **Pruebas de resistencia de la estructura metálica**

Para realizar las pruebas de resistencia de la estructura metálica de la prensa se realizó la simulación dentro del mismo software SolidWorks, con él se analiza la deformación que va a sufrir la estructura y del mismo modo el factor de seguridad que está manejando la estructura metálica con el tipo de acero que fue escogido con anterioridad.

Al realizar las simulaciones dentro del programa el apartado más importante que se debe tener en cuenta es la sección del factor de seguridad que debería tener un mínimo de 2 y en la simulación realizada en el software SolidWorks se obtuvo un factor de seguridad de 15,88.

Para el análisis estático se procedió a colocar únicamente las partes que está soldadas y sometidas a la aplicación de la fuerza ejercida por la gata hidráulica y los resortes de tensión, con lo cual el primer paso es fijar puntos de trabajo dentro de la estructura metálica y fijar la estructura en el espacio, seguidamente se procedió a estipular los

lugares en donde es aplicada la fuerza ejercida hacia la estructura, posteriormente se procede a ingresar las direcciones y las fuerzas aplicadas en las partes de la estructura metálica. Finalmente se crea una malla para realizar el análisis estático.

Las pruebas realizadas a detalle incluyendo la configuración en el programa se encuentran en el Anexo 3, en esta sección se presenta los aspectos más importantes: análisis de malla y análisis de cargas.

- **Análisis de malla**

Dentro del análisis de malla se puede ver la creación de un tipo de malla de viga, con la cual se crearon 155 nodos y 151 elementos dentro de la estructura metálica en un tiempo de 2 segundos, se observa la creación de la malla en la Figura 3.7.



Figura 3.7 Creación de la malla de la estructura hidráulica

- **Análisis de carga**

En la Figura 3.8 se observa el diagrama de cuerpo libre para la pieza metálica horizontal superior en donde se encuentran aplicadas 2 fuerzas de misma magnitud F_1 y F_2 de un valor de 0.824 [kN], y una fuerza F_3 de un valor de 1.648 [kN], verificando que la F_1 y F_2 son fuerzas direccionadas hacia la parte inferior de la prensa hidráulica y la fuerza F_3 esta direccionada hacia la parte superior de la misma.

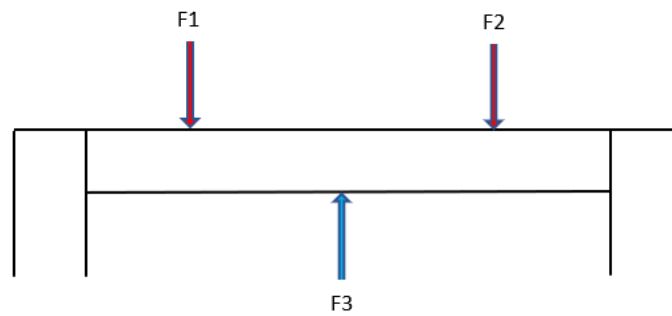


Figura 3.8 Diagrama de cuerpo libre – Perfil metálico superior

En la Figura 3.9 se observa el diagrama de cuerpo libre para la pieza metálica donde se encuentra soportada la matriz hembra para la deformación de los platos biodegradables, en esta sección se puede observar una fuerza F_1 de un valor de 1.648 [kN] y una fuerza F_2 de igual magnitud que la fuerza F_1 , la fuerza F_1 es ejercida por la presión proporcionada por la gata hidráulica, por ende, tiene una dirección hacia la parte inferior de la prensa hidráulica y F_2 es la fuerza que se encuentra soportando la matriz hembra al momento de que exista contacto entre el molde macho y la matriz hembra por causa de la presión ejercida mediante la gata hidráulica.

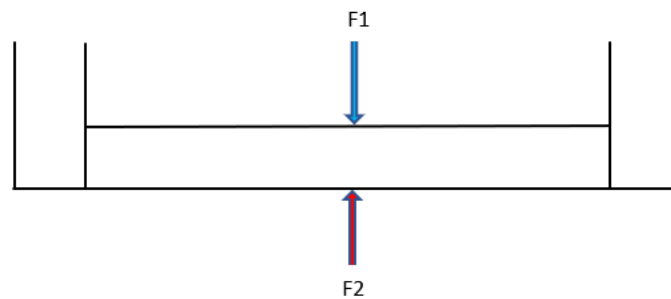


Figura 3.9 Diagrama de cuerpo libre – Perfil metálico molde hembra

En el análisis de carga se tomó en consideración dos factores esenciales la tensión axial ejercida en la estructura hidráulica y el factor de seguridad de la estructura.

Dentro de la tensión axial se determinó que la estructura metálica no sufría deformaciones en cuanto a su diseño dentro del Anexo 3, donde se evidencia los valores especificados a mayor profundidad dentro del cual se ve que se está trabajando con un valor de deformación de 3 628,52 el cual puede ser regulado para que se vea una mayor o menor deformación de la estructura mallada, observar en la Figura 3.10.

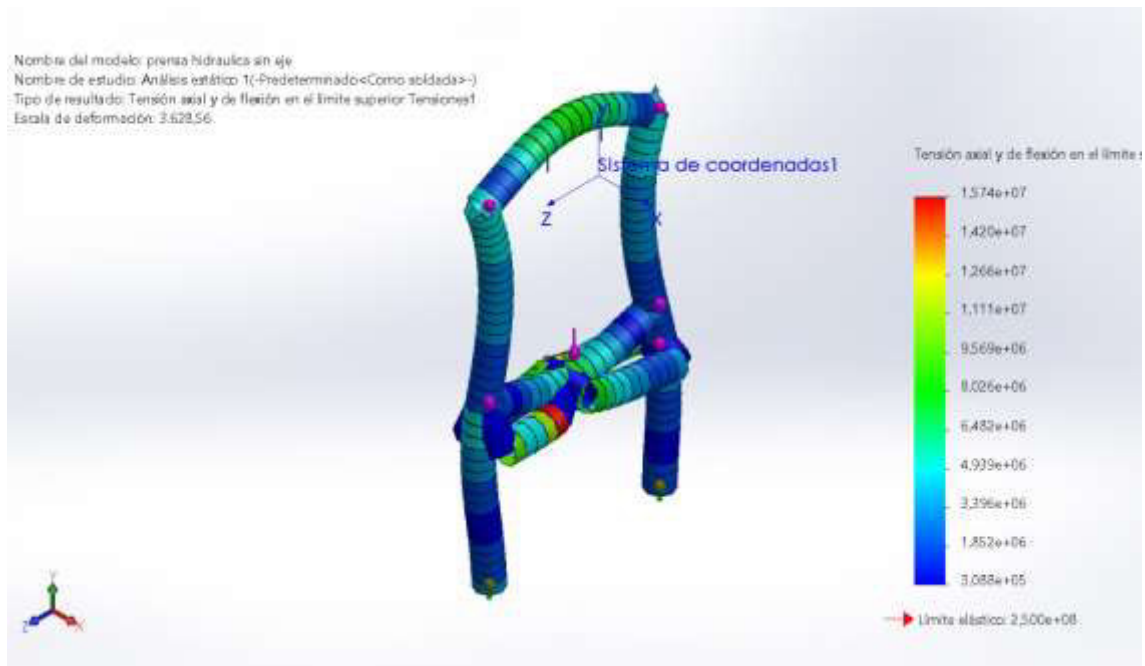


Figura 3.10 Análisis de carga - Tensión axial

En la Figura 3.11 se observa el tipo de carga que va a soportar el perfil metálico donde esta soportado el molde hembra teniendo en cuenta que este valor es el que está ejercido sobre el molde macho por la presión otorgada por la gata hidráulica la cual tiene un valor de fuerza de 1.648 [kN]

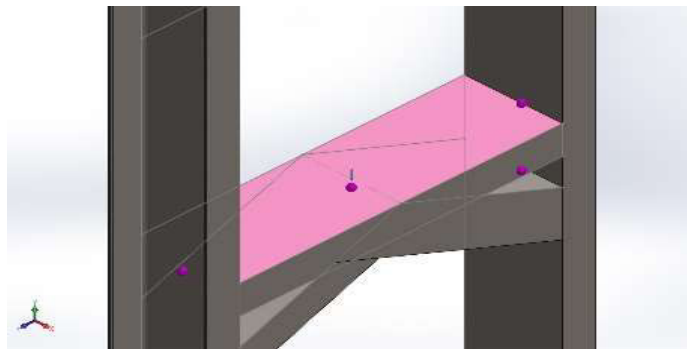


Figura 3.11 Análisis de carga – Perfil metálico molde hembra

Dentro de la Figura 3.12, se visualiza la carga a soportar por el perfil metálico superior de la estructura metálica donde se encuentran anclados los resortes de tensión y la gata hidráulica la cual por la acción de tensión de los resortes deberá soportar un valor similar al ejercido sobre el perfil metálico del molde hembra de un valor de 1.648 [kN].

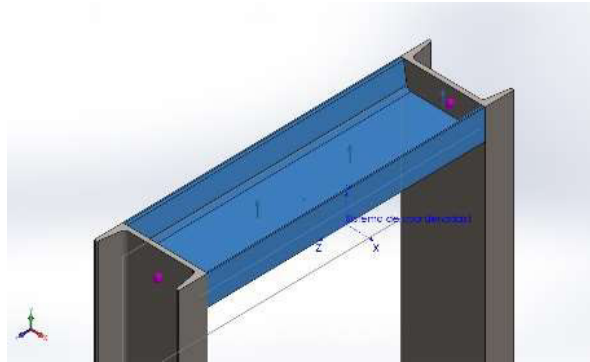


Figura 3.12 Análisis de carga – Perfil metálico superior

En el apartado del factor de seguridad, recordando que el factor de seguridad es el cociente resultante entre el monto calculado del soporte máximo de un procedimiento y el valor de la condición anhelada existente al que se verá dominado. Por dicha causa, se refiere a una cifra superior que uno, que indica el volumen de superioridad que tiene el proyecto por encima sus requerimientos.

Se trabajó con un valor de deformación mucho menor al del apartado de la tensión axial por lo cual en la Figura 3.13 se puede ver como la estructura no sufre ningún tipo de deformación, con este análisis se puede estipular si el material escogido es el correcto o no dependiendo de los valores obtenidos en el factor de seguridad mínimo el cual en el caso del proyecto dio un valor de 15,88 el cual es un valor demasiado bueno considerando que el valor mínimo para trabajo es de 2.

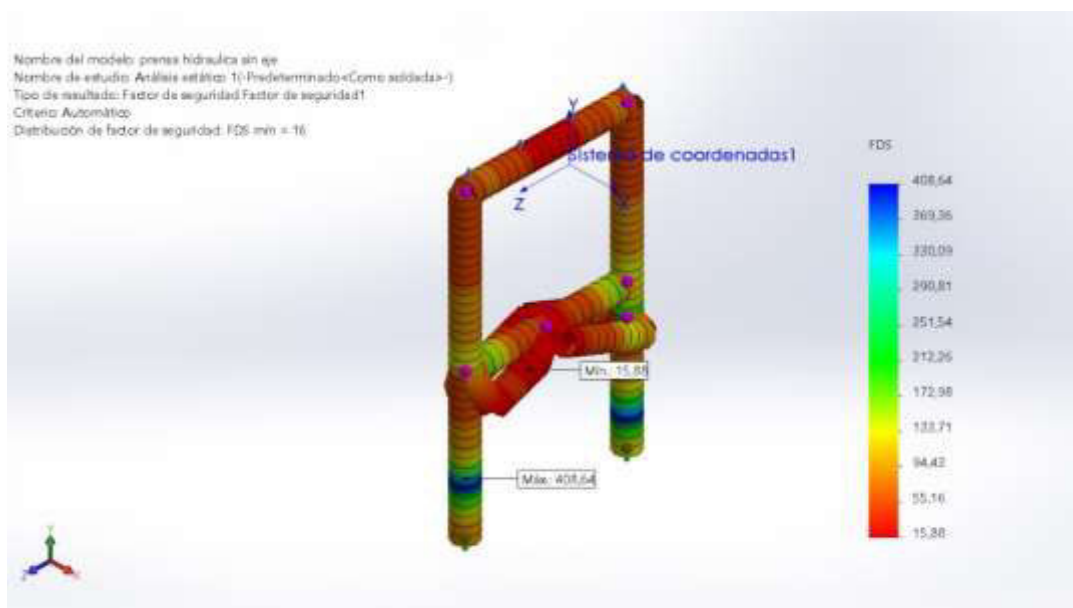


Figura 3.13 Análisis de carga – Factor de seguridad

- **Matrices macho y hembra**

Las matrices macho y hembra están constituidas para ser consumibles y tener una vida útil de 5 usos aproximadamente debido a su composición de aserrín y goma, la cual presenta cambios en sus propiedades de firmeza y dureza después de ese tiempo de uso. Por dicho motivo los moldes son anclados con pernos para facilitar su desmontaje e intercambio por moldes nuevos los cuales son elaborados con dos días de anticipación al último uso del molde antiguo para asegurar que en ese tiempo la matriz nueva este seca y preparada para su utilización.

3.4 Ensamble de la prensa hidráulica

Dentro de la presente sección se trata los procesos que se siguieron para ensamblar en su totalidad la prensa hidráulica con todas sus partes, se indica el tipo de suelda utilizada con sus valores de corriente y voltaje, el tipo de gata hidráulica con sus dimensiones de tamaño, la inserción de los pernos con los cáncamos y la unión de los resortes y la unión de las matrices en la estructura metálica.

- **Estructura metálica**

En primer lugar, se procede a tener las partes metálicas con los tamaños necesarios, adicional se procede a realizar los correspondientes agujeros para la inserción de los pernos con los cáncamos como se observa en la Figura 3.14, que es la parte metálica a la cual están anclados los resortes de tensión conjuntamente con la gata hidráulica.



Figura 3.14 Estructura metálica lateral

La parte metálica que se observa en la Figura 3.15, hace referencia a la parte donde irán ancladas las matrices macho y hembra para la deformación de la materia prima.



Figura 3.15 Estructuras metálicas de soporte para matrices

En la Figura 3.16, se observa la estructura metálica en la cual irán soportados la parte inferior de los resortes de tensión adheridos a los cáncamos.



Figura 3.16 Estructura metálica para anclaje de resortes

En la Figura 3.17 se observa la parte de soporte diagonal usada para evitar la deformación de la estructura que soporta al molde hembra.



Figura 3.17 Estructura metálica de soporte diagonal

- **Unión de las estructuras metálicas**

Para asegurar una correcta unión de las partes metálicas se usó el proceso de soldadura MIG, donde el tipo de alambre utilizado es el ER70S-2 y el tipo de gas utilizado es el

gas C-25 (75% argón + 25% CO₂), con el fin de asegurar unos cordones de soldadura capaces de soportar la fuerza ejercida por la prensa hidráulica y los resortes de tensión. Para el proceso de soldadura se colocó los valores de una corriente de 76 [A] y un valor de voltaje de 29,6 [V] que se observa en la Figura 3.18 con estos valores aseguramos que el tipo de arco creado al momento de comenzar la soldadura no vaya a presentar inconsistencias y provoque una mala calidad del cordón de suelda.



Figura 3.18 Valores colocados en la suelda MIG

Como primera unión fue la inserción de las partes laterales de la estructura metálica con la parte superior de anclaje de los resortes se observa esta unión en las Figuras 3.19 y 3.20.



Figura 3.19 Proceso de suelda estructuras laterales



Figura 3.20 Segundo proceso de suelda estructuras laterales

Seguidamente, se soldaron los pernos de soporte para las matrices que están colocados en las dos estructuras de 50 cm, como se observa en la Figura 3.21.



Figura 3.21 Unión de los pernos soldados para el soporte de la matriz hembra

Posteriormente, se suelda la parte inferior de soporte de la matriz hembra con las estructuras laterales como se observa en la Figura 3.22. Finalmente, se colocó los soportes diagonales debajo de la estructura de soporte del molde hembra, como se observa en la Figura 3.23, esta suelda es la más importante teniendo en consideración que estas estructuras diagonales son las que van a brindar un soporte estructural en el momento que se proceda a realizar el trabajo de deformación de la materia prima.



Figura 3.22 Unión de la estructura de soporte para el molde hembra



Figura 3.23 Unión de las estructuras de soporte diagonal para el molde hembra

- **Unión de las estructuras metálicas**

Para la unión de las partes que no son soldadas como los cáncamos, los resortes y la gata hidráulica, se utilizó un tipo de unión mecánica con los pernos antes calculados y tuercas que se conjuguen con los mismos.

Se colocaron los pernos con los cáncamos en las estructuras metálicas laterales, como se observa en la Figura 3.24.



Figura 3.24 Anclaje de los pernos con los cáncamos

Seguidamente, se colocó los resortes de tensión en cada extremo de la estructura metálica los cuales van soportados en los cáncamos como se observa en la Figura 3.25.



Figura 3.25 Unión de los resortes de tensión en los cáncamos

Finalmente, se colocó la gata hidráulica anclada en el perfil metálico superior y soportada en el perfil metálico inferior donde se encuentran sostenidos la parte inferior de los resortes como se observa en la Figura 3.26.



Figura 3.26 Inserción de la gata hidráulica en la estructura metálica

- **Unión de las matrices a la prensa hidráulica**

Las matrices ya elaboradas, se proceden a unir a la estructura metálica por medio de los pernos de soporte antes colocados en la Figura 3.21.

En la Figura 3.27 se observa el anclaje del molde macho, el cual está elaborado de cemento blanco por sus altas propiedades de dureza, la elaboración y la forma de esta matriz está basada en la Figura 3.29, el molde macho nos ayuda a transmitir la presión ejercida por la prensa hidráulica hacia la materia prima la cual se encuentra apoyada en la matriz hembra.



Figura 3.27 Unión del molde macho a la prensa hidráulica

En la Figura 3.28 se observa la matriz hembra en la cual estarán soportadas las hojas de Atzera para su pronta deformación por el contacto con el molde macho, la matriz hembra tiene una forma cónica haciendo semejanza al plato de espuma Flex de la Figura 3.29, con este modelo se procede a obtener la forma para la matriz hembra y realizar los platos biodegradables como se observar en la Figura 3.34 donde se encuentra ya finalizado nuestro producto.



Figura 3.28 Matriz hembra elaborado de aserrín y cola



Figura 3.29 Plato de ejemplo para elaboración de las matrices

3.5 Pruebas de funcionamiento

Al realizar las pruebas de funcionamiento se obtuvo los resultados esperados, dando como consecuencia la correcta deformación de la materia prima y resultando en la obtención de un plato firme y con la forma adecuada, se puede evidenciar el proceso realizado en el video de funcionamiento de la prensa hidráulica en la Figura 3.37.

Para iniciar el proceso de deformación es necesario que las hojas de Atzera hayan pasado por un proceso de secado para tratar de reducir el agua que existe en el interior de las hojas como se observa en la Figura 3.30.



Figura 3.30 Proceso de secado de las hojas de Atzera

Después del proceso de secado se procede a colocar las hojas de Atzera dentro del molde hembra acomodando las hojas con precaución de no romperlas como se observa en la Figura 3.31.



Figura 3.31 Proceso de colocación de las hojas de Atzera en el molde hembra

Seguidamente, se procede a empezar a bajar la gata hidráulica como se observa en la Figura 3.32, donde se observa de igual manera como los resortes se elongan crecidamente mientras la gata hidráulica siga estirando su cilindro.



Figura 3.32 Extensión de los resortes y de la gata hidráulica

Posteriormente, se procede a llegar al punto de contacto del molde macho con el molde hembra, dónde se debe dejar presionado hasta que la materia prima llegue a tener la forma adecuada del plato biodegradable como se observa en la Figura 3.33.



Figura 3.33 Punto de contacto de las matrices macho y hembra

Finalmente, se retira la gata hidráulica con su válvula de seguridad y se ve el proceso que cumplen los resortes para que la gata hidráulica y su estructura regresen al punto inicial como se observa en las Figuras 3.34 y 3.35.



Figura 3.34 Plato biodegradable terminado



Figura 3.35 Posición inicial de trabajo

En la Figura 3.36 se puede observar el correcto funcionamiento de nuestro plato biodegradable soportando una comida sólida en el mismo, dentro del video sobre el funcionamiento de la prensa hidráulica se puede observar un mayor uso a profundidad del plato biodegradable.



Figura 3.36 Uso del plato biodegradable



Figura 3.37 Código QR del video funcionamiento de la prensa hidráulica.

Enlace: <https://youtu.be/rwX9BD6MDtc>

3.6 Manual de Uso y Mantenimiento

Para el correcto uso de la prensa hidráulica es necesario asegurarse y revisar que los resortes y la gata hidráulica se encuentren bien anclados y en la posición adecuada, seguidamente, es necesario revisar que las matrices de deformación se encuentren limpias y no contengan ningún tipo de daño o imperfección, posteriormente, se coloca la materia prima y se procede a bajar la gata hidráulica hasta llegar al punto de contacto con la materia prima y el molde hembra. Se observa el correcto uso de la prensa hidráulica en el video 2 de la sección de anexos sobre el manual de uso y mantenimiento, verificar el video en la Figura 3.38.



Figura 3.38 Código QR del video del manual de uso y mantenimiento de la prensa hidráulica.

Enlace: <https://youtu.be/UcdATVR5ANA>

Al finalizar el uso de la prensa hidráulica es necesario revisar todos los componentes de la prensa hidráulica se hayan mantenido en condiciones de uso óptimo, es necesario revisar después de cada uso que las matrices no se encuentren fisuradas.

Seguidamente, es necesario revisar que los resortes de tensión mantengan sus características de elasticidad, si los resortes han perdido estas características es necesario reemplazarlos inmediatamente.

Finalmente, se procede a limpiar el área de trabajo conjuntamente con las matrices de deformación, es necesario realizar este proceso de limpieza para mantener un lugar de trabajo ordenado y continuar con la elaboración de otro plato biodegradable, el correcto mantenimiento se visualiza en el video sobre el manual de uso y mantenimiento en la Figura 3.38 y en el Anexo 4.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El proyecto fue elaborado con el fin de fomentar a las personas el uso de materiales biodegradables, de consumo primario como son los platos biodegradables y llegar a reducir los niveles de desechos no biodegradables o de un tiempo de degradación demasiado elevado.
- Al momento de dimensionar la estructura metálica y los elementos a utilizar deben llegar a cumplir con las características de fuerza de 1.648 [kN] y presión de 65 [kPa] a 70 [kPa] y que estos valores se mantengan en ese rango debido a que con una presión mayor la materia prima empieza a romperse y si se aplica una fuerza superior las matrices empiezan a cuartearse.
- Durante el proceso de elaboración de los planos mecánicos y la simulación con el software SolidWorks, se analizó que es una herramienta de gran ayuda al momento de colocar los elementos en sus distintas vistas o cortes, en el mismo se llega a simular de manera muy precisa elementos, momentos de fuerza y deformaciones aplicadas en la prensa hidráulica y diagramas mecánicos.
- En el proceso de simulación de cargas dentro del software SolidWorks, se pudo concluir que las estructuras metálicas tipo C de acero A36 llegan a soportar grandes fuerza y presiones, se evidenció en la simulación que la estructura metálica llega a sufrir una deformación en el rango del factor de seguridad al momento de ejercer una fuerza sobre las piezas metálicas.

- Con el uso de los resortes de tensión se observa que son de gran ayuda para mantener estable a la gata hidráulica y no empieza a tambalearse hacia sus laterales y de igual forma sirven de gran ayuda para regresar a la posición de partida de la prensa hidráulica.
- Durante la fase de pruebas de funcionamiento se observó que las hojas de Atzera usadas como materia prima por más que sean similares a primera vista, tienen características diferentes, como por ejemplo llegaron a existir hojas que, al momento de aplicar el mismo valor de presión, no sufrían ningún tipo de deformación, este fenómeno es ocasionado porque algunas hojas poseen en su estructura interna una mayor cantidad de agua a diferencia de otras.
- Gracias a la elaboración de los platos biodegradables, se observó que no es complicado ayudar al medio ambiente y una gran forma de realizarlo es con este tipo de productos que tienen un tiempo de degradación menor al de los productos desechables que usados hoy en día.
- Finalmente se pudo concluir que la elaboración de la prensa hidráulica para la deformación de platos biodegradables aporta una gran enseñanza e importancia de los conocimientos que son adquiridos en el transcurso de la carrera de Tecnología en Electromecánica y la forma de aplicarlos en la vida profesional.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda utilizar hojas de Atzera que hayan pasado un proceso de selección previo, para tener una buena calidad de platos biodegradables al momento de realizar la deformación de las mismas.
- Es recomendable revisar los resortes y las matrices, para prevenir que exista algún tipo de disfunción con estos elementos y no causen un desperfecto al momento de infringir presión sobre la materia prima.
- Al momento de proceder a elaborar un plato biodegradable es recomendable hacer un proceso de pre secado de las hojas de Atzera para eliminar la mayor cantidad de agua que posean en su interior y se puedan deformar con mayor facilidad, este proceso puede ser realizado en un horno normal de casa o un microondas.
- Se recomienda verificar que los moldes macho y hembra se encuentren bien asegurados y centrados para evitar que en el momento de ejercer presión no vayan a rosar en posiciones axiales y lleguen a cuartearse o romperse por el golpe.
- En el proceso de soldadura es bueno verificar el correcto posicionamiento de la estructura metálica, con el fin de evitar que la unión de las partes metálicas quede mal realizada, este proceso se lo puede hacer con la ayuda de un flexómetro, se mide las distancias existentes entre las esquinas de la estructura metálica con el fin de verificar que la medida de las dos esquinas tenga las mismas dimensiones.
- Al momento de realizar los procesos de simulación es recomendable realizar un croquis en donde va a ser diseñado la estructura de la prensa hidráulica y con base en este croquis empezar a diseñar las dimensiones y tipos de materiales a utilizar.
- Al momento de realizar el análisis estático de la prensa hidráulica en el software SolidWorks, se recomienda verificar que se haya creado la malla para poder simular de forma adecuada la aplicación de fuerza en las piezas metálicas, adicionalmente, se debe tener en cuenta que el rango de deformación no se encuentre muy elevado para evitar visualizar falsas simulaciones.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]"Platos biodegradables hechos con hojas naturales que se descomponen en 28 días", EcoInventos, 2020. [Online]. Available: <https://ecoinventos.com/platos-biodegradables-hechos-con-hojas-naturales/>.

[2]"LA JORNADA ECOLOGICA", Jornada.com.mx, 2020. [Online]. Available: <https://www.jornada.com.mx/2013/05/27/eco-g.html>.

[3]"Quito desecha 277 toneladas de plástico al día", El Comercio, 2020. [Online]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/desecho-diario-plástico-basura-quito.html>.

[4]"¿Sabes cuánto tiempo tardan en degradarse nuestros desechos? | Fundación Aquea", Fundación Aquea, 2020. [Online]. Available: <https://www.fundacionaquea.org/cuanto-tiempo-tardan-degradarse-desechos/>.

[5]"Prensas Hidráulicas: historia, usos, ventajas y desventajas.", Maquituls - HERRAMIENTAS PROFESIONALES, 2020. [Online]. Available: <https://www.maquituls.es/noticias/prensas-hidraulicas-historia-usos-ventajas-y-desventajas/>.

[6] J. Bowles, Diseño de acero estructural. México, D.F.: Limusa/Noriega, 1996.

[7] "Prensa Hidráulica", Fisicalab.com, 2020. [Online]. Available: <https://www.fisicalab.com/apartado/prensa-hidraulica>.

[8]M. Groover, INTRODUCCIÓN A LOS PROCESOS DE MANUFACTURA, 1st ed. McGraw-Hill, 2014.

[9]"Principio de Pascal", Física Termodinamica, 2021. [Online]. Available: <https://hernanleon1002.wordpress.com/fisica-de-fluidos-y-termodinamica/primer-corte/marco-teorico/principio-de-pascal/>.

[10]J. AGUDELO DIAZ, ELABORACION DE PANELES A BASE DE ASERRIN Y POLIMEROS EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO-META, 1st ed. VILLAVICENCIO-META, 2016.

[11]"Ley de Hooke - Concepto, fórmula, elasticidad y aplicaciones", Concepto, 2019. [Online]. Available: <https://concepto.de/ley-de-hooke/#:~:text=Ley%20de%20Hooke%20y%20elasticidad,->

[La%20aplicaci%C3%B3n%20de&text=Para%20calcular%20la%20elasticidad%20de.%CE%94L\).](#)

[12]"¿Qué es la soldadura MIG/MAG?", Fronius.com, 2018. [Online]. Available: <https://www.fronius.com/es-es/spain/tecnologia-de-soldadura/el-mundo-de-la-soldadura/soldadura-mig-mag>.

[13]"Diferencias entre biodegradable y compostable - VOLTA", VOLTA, 2019. [Online]. Available: <https://www.voltachile.cl/diferencias-biodegradable-compostable/>.

[14]G. El Diario, "La achira y su utilidad | El Diario Ecuador", El Diario Ecuador, 2017. [Online]. Available: <https://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/425622-la-achira-y-su-utilidad/>.

[15]J. Jorge, "Recipiente con masa de aserrín", Manualidades.innatia.com, 2018. [Online]. Available: <http://manualidades.innatia.com/c-masa-de-aserrin/a-recipiente-con-masa-de-aserrin-4639.html>.

[16] [3]J. AGUDELO DIAZ and Y. CONTRERAS RODRIGEZ, Repository.ucc.edu.co, 2016. [Online]. Available: https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/12689/1/2016_elaboracion_panel_es_base.pdf.

[17]Riunet.upv.es, 2019. [Online]. Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16477/uniones%20atornilladas.pdf>.

[18]"Definición del factor de seguridad - 2011 - Ayuda de SOLIDWORKS", Help.solidworks.com, 2017. [Online]. Available: http://help.solidworks.com/2011/spanish/SolidWorks/cworks/LegacyHelp/Simulation/Checking_stresses/Factor_of_Safety_Definition.htm.

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO

ANEXO 2: PLANOS Y ESQUEMAS

ANEXO 3: SIMULACIÓN SOLIDWORKS ANÁLISIS ESTÁTICO

ANEXO 4: MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO