

Reto John Deere

Forma de Semi-omega en placa

Integrantes del equipo:

Brianda Michelle Durand Álvarez A00833632

David Aristeo García Pardo A00824574

José Luis González Fragoso A00833607

Jacobo Torres Cepeda A00832642

Juan Gordillo Morales A00833571

Elisa Borjas Méndez A01026238

Alejandro Román A01236163



Contenido

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN (EN EQUIPO) | 1 |
| 2. ANTECEDENTES (EN EQUIPO) | 2 |
| 3. MARCO TEÓRICO (EN EQUIPO) | 6 |
| 4. HIPÓTESIS (INDIVIDUAL) | 11 |
| 4.1 HIPÓTESIS José | 12 |
| 4.2 HIPÓTESIS Jacobo | 14 |
| 4.3 HIPÓTESIS Juan | 15 |
| 4.4 HIPÓTESIS Alex | 16 |
| 4.5 HIPÓTESIS David | 17 |
| 4.6 HIPÓTESIS Elisa | 18 |
| 4.7 HIPÓTESIS Brianda. | 19 |
| 5. OBJETIVOS Y METAS (EN EQUIPO) | 20 |
| 6. RESULTADOS | 21 |
| 6.1 DISEÑO | 22 |
| 6.1.1 MEDIOS DE SUJECION ACTUALES (EN EQUIPO) | 23 |
| 6.1.2 MEDIOS DE SUJECION PROPUESTOS (INDIVIDUAL) | 24 |
| 6.1.2.1 PROPUESTA José | 25 |
| 6.1.2.2 PROPUESTA Jacobo | 26 |
| 6.1.2.3 PROPUESTA Juan | 27 |
| 6.1.2.4 PROPUESTA Alex | 28 |
| 6.1.2.5 PROPUESTA David | 29 |
| 6.1.2.6 PROPUESTA Elisa | 30 |
| 6.1.2.7 PROPUESTA Brianda | 31 |

| | |
|--|----|
| 6.1.3 DIAGRAMA DE FIXTURE COMPLETO (NÚMERO Y POSICIÓN DE LOS CLAMPS + PLACA ANTES Y DESPUES DE LA DEFORMACIÓN) (EN EQUIPO) | 32 |
| 6.1.4 LISTADO DE COMPONENTES DEL FIXTURE (EN EQUIPO) | 33 |
| 6.2 MATERIALES Y MANUFACTURA | 34 |
| 6.2.1 DESEMPEÑO DEL FIXTURE SOBRE EL PRODUCTO FINAL (INDIVIDUAL) | 35 |
| 6.2.1.1 DISCUSIÓN DE RESULTADOS 1 | 36 |
| 6.2.1.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS 2 | 37 |
| 6.2.1.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS 3 | 38 |
| 6.2.1.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS 4 | 39 |
| 6.2.1.5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS 5 | 40 |
| 6.2.2 PROPUESTA DE NUEVO DIAGRAMA DE PROCESO (EQUIPO) | 41 |
| 7. MANUFACTURA DE PROTOTIPO (INDIVIDUAL-EQUIPO) | 41 |
| 7.1 MANUFACTURA DE PARTES Y COMPONENTES (INDIVIDUAL) | 41 |
| 7.2 ENSAMBLE DEL FIXTURE (EN EQUIPO) | 41 |
| 7.3 FABRICACION DE PROTOTIPO DEMOSTRATIVO (EN EQUIPO) | 41 |
| 8 CONCLUSIONES (EN EQUIPO) | 41 |
| 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (EN EQUIPO) | 41 |

1. INTRODUCCIÓN (EN EQUIPO)

El equipo Antiomegas del semestre 4 de la carrera IMT, presentará en este escrito una propuesta de diseño de fixture reconfigurable. Dicho fixture se materializará con cartón prensado (MDF) y PLA; el diseño tendrá su respectivo CAD y dibujo técnico, denotando cada uno de los parámetros y ángulos de ser necesario.

El fin de esta práctica es usar los conocimientos adquiridos en clase, como propiedades de materiales, procesos de manufactura y dibujo técnico; para proponer una posible solución con respecto a la deformación no deseada en uno de los procesos de manufactura, de la empresa agrícola John Deere. La solución tendrá como fecha de entrega la semana 5 del 2do periodo semestral febrero-junio 2023, y se presentará en el salón A4-219 Campus Monterrey.

Cabe mencionar, que se estarán realizando pruebas y distintos análisis sobre la viabilidad de esta solución con relación a la problemática, para tener una respuesta más concreta a la pregunta, ¿se debería implementar mi solución y por qué?

2. ANTECEDENTES (EN EQUIPO)

Proveer a John Deere con alternativas de solución al problema de manufactura de un perfil de tablero de moldeo el cual resulta en forma semi-omega en lugar de la forma convexa deseada.

John Deere nos proporcionó la información inicial con respecto al problema en el proceso de manufactura de la placa previamente deformada.

1. En la estación de fijación Tack de la molboard, no se obtiene el perfil de arqueado de tablero de moldeo deseado.
2. Estamos obteniendo un perfil de tablero de moldeo en forma semi-omega en lugar de la forma convexa deseada.
3. Se observan grietas después del uso en el campo.
4. En el fixture actual, también se observan marcas de hendidura de abrazadera.

Datos necesarios para desarrollar la solución:

1. El arqueamiento de la molboard se realiza para mejorar la durabilidad de la molboard.

2. Proceso de fabricación actual de la molboard:

- i. Los componentes del ensamblaje de la molboard se fijan con el sujetador Tack.
- ii. El Ram central es presionado con el sujetador Tack para tener un arco convexo.
- iii. La soldadura completa de la molboard es realizada por un sujetador robótico.
- iv. La molboard es enderezada en la máquina SweBend para lograr la rectitud deseada. Los rodillos superiores de la máquina tienen alcance hasta la longitud del riel (no se cubre toda la longitud de la hoja).
- v. Las costillas salientes (montajes del cilindro de desplazamiento lateral) están soldados en la molboard.
- vi. Pintura de molboard.

3. Las longitudes de molboard son de: 12 pies, 14 pies, 16 pies 4. Los valores de extensión del Ram central:

i. tablero de 12' .88"

ii. 14' short 1.38"

iii. 14' tall 1.48"

iv. 16' 1.50"

En la Figura 1 se aprecia el producto finalizado.

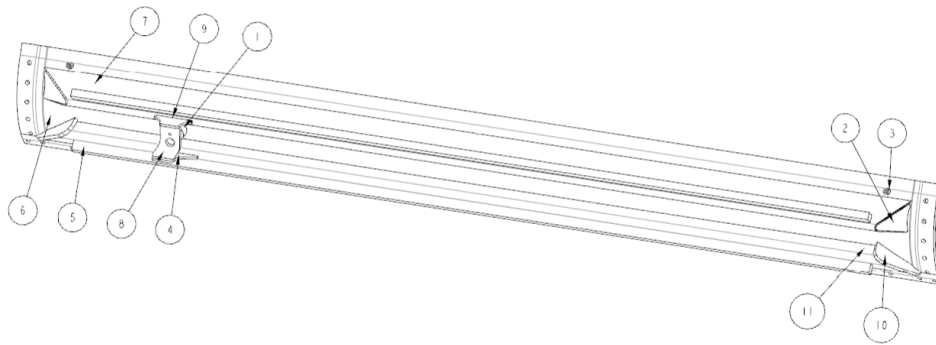


Figura 1: Placa

A continuación, en la Figura 1 se muestra la forma que se desea obtener (forma convexa), la que actualmente se está teniendo (forma semi-omega) y la que se logra después del rolado.

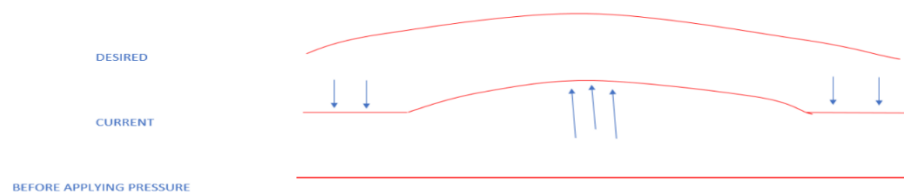


Figura 2: Formas

El proceso para obtener el producto final es el siguiente:

1. Soldadura por puntos: Se sujeta el moldboard en un riel, el ariete central sube y presiona el moldboard para obtener una forma convexa y se realiza la soldadura por puntos.
2. Soldadura de líneas: Se suelda moldboard mediante un brazo robótico.
3. Rolado: Molboard rectificada en la máquina SweBend para lograr la rectitud deseada en la molboard. Los rodillos superiores de la máquina tienen alcance hasta la longitud del riel.
4. Pintado: Se pinta del producto terminado.

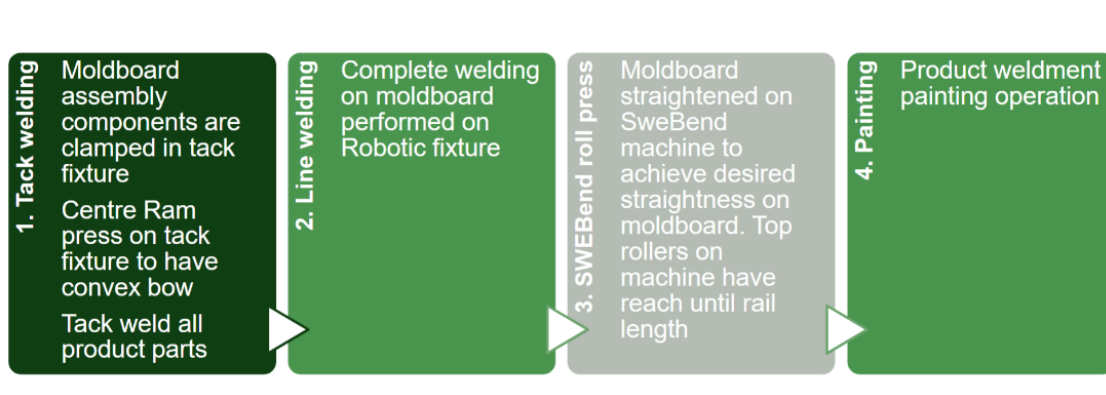


Figura 3: Proceso de Manufactura

En la Ilustración 1 se ve claramente una grieta de estilo “Toe Crack”; una grieta que se presenta justamente en la intersección de los “gusanos” de soldadura con la placa de acero. Esto se reporta después de unos ciclos de uso en el campo.

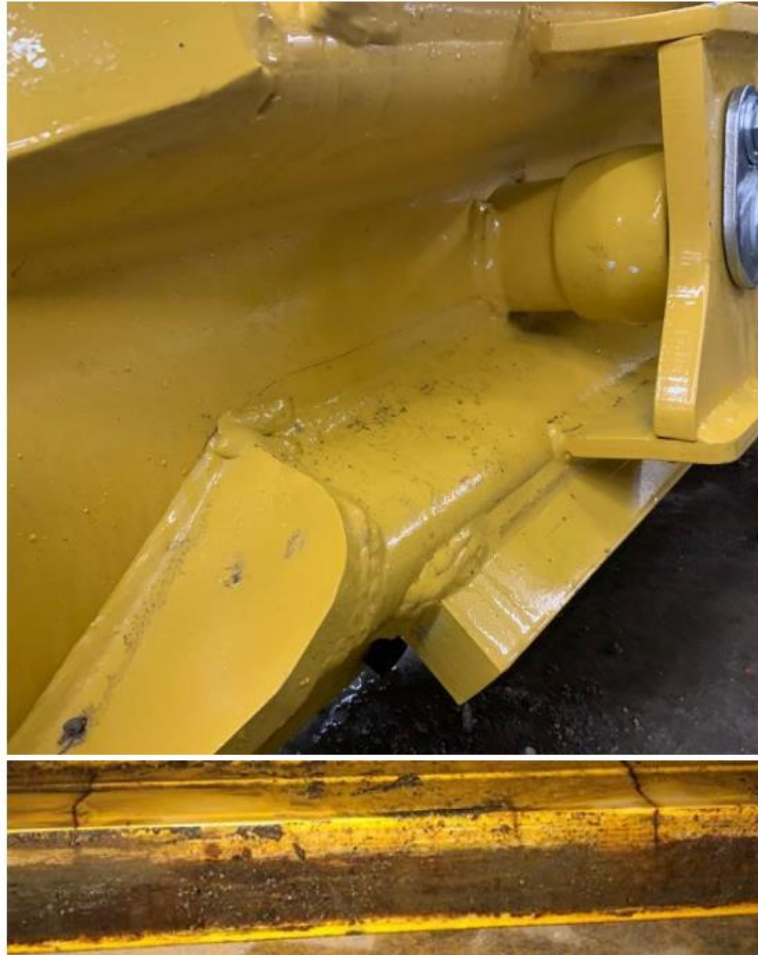


Ilustración 1: Toe Crack

3. MARCO TEÓRICO (EN EQUIPO)

Fixture reconfigurable:

Un fixture es un dispositivo de sujeción, posicionamiento, localización t/o soporte, utilizado en una operación de ensamble, maquinado, soldadura, inspección o algún otro proceso industrial. Los fixtures son herramientas que nos permiten soportar o mantener fijo una pieza durante su proceso de manufactura o maquinado (Sadepsa, 2022).

Un fixture reconfigurable, es un habilitador que permite configurarse dependiendo del uso y variantes necesarias para realizar uno o más procesos de una manera más eficiente, en el menor tiempo y el uso óptimo de recursos para la introducción de nuevas variantes de productos (Bejlegaard et al., 2018).

Métodos de soldadura:

Soldadura por arco eléctrico: Se crea un arco eléctrico entre el metal que se quiere soldar y un electrodo. Con el arco se consigue elevar la temperatura del material hasta que se funde y se unan.

Soldadura por gas: Se utiliza acetileno para generar una llama a 3200 grados centígrados que funde al material para unir las piezas.

Soldadura TIG: Es similar al arco eléctrico, sin embargo, se utiliza un electrodo de tungsteno no consumible y un gas inerte para proteger la soldadura del oxígeno y mantener la temperatura estable en todo el proceso.

Soldadura MIG: Similar al TIG, pero se utiliza un alambre de soldadura que se alimenta directamente a la zona y se funde.

Soldadura MMAW: Es una soldadura por arco eléctrico que utiliza un electrodo revestido. Al irse fundiendo el metal del electrodo, se quema el revestimiento el cual está compuesto de arcilla, carbonato de calcio, polvo de hierro, silicato de sodio, etc. Esto actúa como un agente de protección.

Clamps:

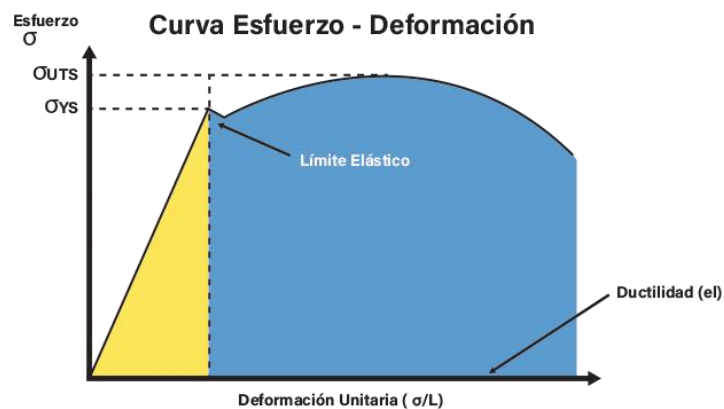
El clamp o sujetador mecánico, es un dispositivo con mandíbulas por el cual se puede fortalecer una unión fija, asegurar a un banco o con el que se pueden unir dos objetos (Educalingo, 2019). Algunos tipos de clamps son los siguientes:

- Clamps horizontales: estos clamps se utilizan para sujetar materiales en una posición horizontal, son útiles para trabajos de carpintería, metalurgia y soldadura.
- Clamps verticales: estos clamps se utilizan para sujetar materiales en una posición vertical, son útiles para trabajos de carpintería y metalurgia.
- Clamps de gancho: estos clamps tienen dos mandíbulas, una fija y otra que se ajusta mediante un gancho que se posiciona en un orificio, son útiles para sujetar piezas que tienen orificios para fijación.
- Clamps de resorte: estos clamps utilizan un resorte para aplicar presión y sujetar el material al comprimirse, cerrando las mandíbulas que sujetan el material.
- Clamps de tornillo: estos clamps tienen una barra roscada y una placa de sujeción que se ajusta mediante el giro del tornillo, son útiles para sujetar piezas grandes y pesadas.
- Clamps de leva: estos clamps utilizan una leva, que al girarla la pieza se sujeta y fija en su lugar, son útiles para trabajos de precisión y para sujetar materiales delicados.
- Clamps de palanca: estos clamps tienen una palanca que se ajusta, al accionarla, la pieza se sujeta y fija su posición, son útiles para trabajos de carpintería y metalurgia.
- Clamps de expansión: estos clamps utilizan un mecanismo de expansión, al girar una tuerca o tornillo, el mecanismo se expande para sujetar la pieza, son útiles para sujetar piezas irregulares.
- Clamps de pistón: estos clamps tienen un pistón que se ajustan para sujetar la pieza, son útiles para trabajos de alta precisión y para sujetar materiales delicados.

(CESEHSA, 2022).

Esfuerzo de cedencia:

El esfuerzo de cedencia también conocido como límite elástico “es el esfuerzo máximo que permite el material antes de sufrir deformaciones permanentes.” (Levinson, 2020). Se puede calcular mediante un ensayo de tensión y es útil para los procesos de manufactura, ya que es necesario sobrepasar el esfuerzo de cedencia para formar o doblar las piezas. Este límite se puede observar fácilmente en las gráficas de deformación-esfuerzo, ya que es donde termina el comportamiento lineal (Levinson, 2020).



Gráfica 1: Curva Esfuerzo-Deformación

Deformación unitaria:

La deformación unitaria, se define como el cambio de longitud, por unidad de longitud, debido a una carga normal sobre un material. Esta se puede relacionar directamente con el esfuerzo generado sobre el material al dividir la carga que genera la deformación entre el área transversal del material (Universidad de Guanajuato, 2022).

Esfuerzos residuales:

Las tenciones residuales se pueden definir como aquel esfuerzo en un cuerpo elástico, que se encuentre libre de fuerzas o restricciones externas y de cambios o gradientes de temperatura (Yamazen México, 2022).

Trabajado mecánico:

Se define como la acción de una fuerza sobre un cuerpo en reposo o movimiento, de tal manera que produzca un desplazamiento en el cuerpo proporcional a la energía invertida en la fuerza que lo mueve (Concepto, Características, Fórmula Y Ejemplos, 2013).

Rolado en frío:

El rolado es un proceso continuo en el que una lámina es sometida a una serie de rodillos que le proporcionan a la tira de acero de una forma específica (Collado, 2023). El rolado en frío es un tipo de rolado que incrementa la resistencia del acero y reduce su capacidad de deformarse sin romperse, por esto se le somete a un proceso denominado “recocido” (CREA, 2020).

Dislocaciones:

Las dislocaciones son defectos que provocan una distorsión de la red centrada en torno a una línea. Éstas se crean durante la solidificación de los sólidos cristalinos. También se pueden formar en la deformación plástica o permanente de los metales, por condensación de vacantes, por desajuste atómico en las disoluciones sólidas e incluso por tensiones térmicas. Se visualizan como una línea imperfecta en un cristal, tal como muestra la figura 4 y 5. Hay tres tipos de dislocaciones. (*Introducción a La Ciencia De Los Materiales Y Sus Propiedades (I)*, 2018)

- *Dislocación de cuña:* Se trata de un “plano extra” de átomos que se termina dentro del cristal, “en medio de ninguna parte”, sin llegar de principio a fin del cristal.

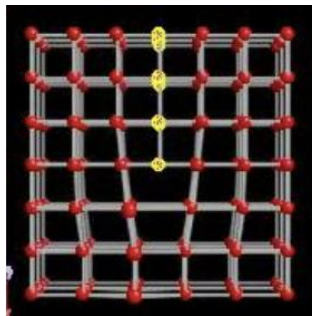


Figura 4: Dislocación de cuña Ejemplo 1

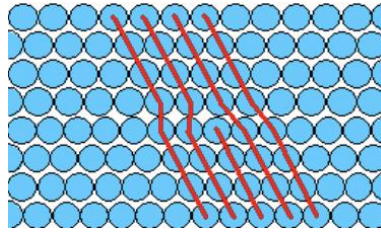


Figura 5: Dislocación de cuña Ejemplo 2

- *Dislocación helicoidal*: Es un cristal con una “torcedura” en su interior, de modo que un plano atómico produce una rampa espiral entorno a un eje: la dislocación (Figura 6).

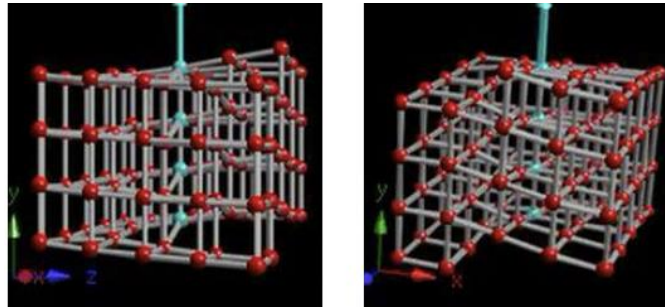


Figura 6: Dislocación helicoidal

- *Dislocación Mixta*: Es una dislocación que combina las dos anteriores. Es lo habitual en cristales (Figura 7).

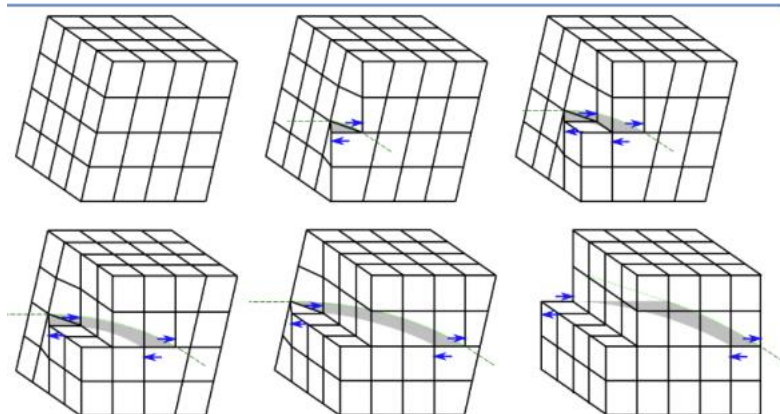


Figura 7: Dislocación Mixta

Criterio de von Mises:

El criterio de von Mises se basa en la teoría de la energía de distorsión máxima. Consta de 3 tensiones principales σ_1 , σ_2 , σ_3 . La tensión de von Mises se expresa de la siguiente manera:

$$\sigma_{\text{vonMises}} = \{[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2] / 2\}^{1/2}$$

Esta teoría indica que un material dúctil empieza a ceder cuando la tensión de von Mises es igual al límite de tensión. En la mayoría de los casos este límite de tensión es igual al límite elástico. Es importante recordar que el límite elástico es una propiedad que depende de la temperatura. (SolidWorks, 2014).

Tipos de grietas en la soldadura:

Las grietas son consideradas como la discontinuidad más crítica; debido a su forma alargada pueden generar grandes problemas en la unión soldada que puede terminar en una liberación de energía generando un gran accidente.

Grietas en la garganta. Son del tipo longitudinal y generalmente se consideran fisuración en caliente. Se presentan a lo largo de la soldadura o en tramos cortos a través de la sección transversal de la misma, una grieta en la garganta puede observarse fácilmente en la cara del cordón. La expresión “grieta en la línea central” también es empleada para describir esta condición.

Grietas en la raíz. También son del tipo longitudinal; su propagación puede darse tanto en el metal base como en el metal de soldadura, se refieren a grietas en la raíz debido a que ellas se inician normalmente en la raíz del cordón. Así como las grietas en la garganta, éstas se relacionan con la existencia de esfuerzos de contracción del cordón. Por otra parte, son consideradas generalmente como grietas en caliente. Las grietas en la raíz resultan normalmente cuando las juntas son mal preparadas, también se presentan con grandes aberturas de raíz, por ejemplo, pueden traducirse como concentradores de esfuerzos los cuales pueden producir fisuras en la raíz.

Grietas en el pie. Son grietas en el metal base, las cuales se propagan desde el pie del cordón. Los cordones de soldadura que muestran un excesivo refuerzo o convexidad provocan puntos concentradores de esfuerzos en el pie del cordón. Esto combinado con una microestructura de menor ductilidad en la ZAC, (Zona afectada por el calor) incrementa la susceptibilidad de la fisuración del cordón. Las grietas en el pie del cordón son consideradas generalmente grietas en frío. El esfuerzo que causa este tipo de fisuración puede nacer en el esfuerzo de contracción transversal durante la soldadura, alguna carga aplicada en servicio o una combinación de ambos. Este tipo de fisuración ocurre en servicio, generalmente en aquellas piezas que están sometidas a cargas cíclicas.

Grietas en el cráter. Ocurren en el punto de terminación de un cordón de soldadura. Si al finalizar un cordón, el soldador no utiliza una buena técnica de llenado del metal fundido en ese punto, puede resultar un cráter. La presencia de dicho cráter combinada con los esfuerzos de contracción de la soldadura puede originar fisuras individuales o mallas de fisuras que parten del centro del cráter. Cuando se presenta este tipo de fisuración radial en el cráter, se conoce comúnmente con el nombre de Grietas en Estrella. Dado que la fisuración en el cráter ocurre durante el proceso de solidificación del metal depositado se considera fisuración en caliente. Las grietas en el cráter pueden llegar a ser extremadamente peligrosas porque tienden a propagarse.

Grietas debajo del cordón. Aunque se relaciona con la operación de soldeo, la fisuración bajo el cordón se localiza en la ZAC y no en el metal depositado. Cuando se observa una sección transversal de un cordón de soldadura la fisuración bajo el cordón aparece desplazándose directamente paralela a su línea de fusión. Aunque comúnmente se encuentran dentro del metal base, pueden propagarse hacia la superficie y pueden descubrirse durante una inspección visual. Consecuentemente, en materiales susceptibles a presentar este tipo de problema, debe efectuarse una inspección final de 48 a 72 horas después de haber finalizado el trabajo de soldadura y haber terminado hasta temperatura ambiente. Los aceros de alta resistencia son muy susceptibles a este tipo de fisuración.

Grietas en la ZAC. Dado que la ZAC (Zona Afectada por el calor) es típicamente menos dúctil que el metal base y el metal depositado aledaños la fisura puede ocurrir sin la presencia del

hidrógeno. En situaciones de alta restricción, el esfuerzo de contracción puede ser suficiente para que la ZAC se fisure, especialmente en aquellos metales frágiles tales como la fundición de hierro.

Grietas en el metal base. La fisuración también puede presentarse en el metal base. Estos tipos de fisuras pueden estar asociados o no con la soldadura. Generalmente la fisura en el metal base se asocia con concentradores de esfuerzos, los cuales se traducen en fisuración una vez que las partes se han puesto en servicio. Radiográficamente, las grietas aparecen como líneas finas en vez de líneas oscuras bien definidas con lo cual pueden diferenciarse de otro tipo de discontinuidad. Además, su camino de propagación no es perfectamente recto. (Doctorwelding, 2020).

4. HIPÓTESIS (INDIVIDUAL)

En esta sección se describen las hipótesis individuales. Los integrantes del equipo son:

José Luis González Fragoso con matrícula A00833607, a partir de ahora José.

Jacobo Torres Cepeda con matrícula A00832642, a partir de ahora Jacobo.

Juan Gordillo Morales con matrícula A00833571, a partir de ahora Juan.

Alejandro Román con matrícula A01236163, a partir de ahora Alex.

David Aristeo García Pardo con matrícula A00824574, a partir de ahora David.

Elisa Borjas Méndez con matrícula A01026238, a partir de ahora Elisa.

Brianda Michelle Durand Álvarez con matrícula A00833632, a partir de ahora Brianda.

4.1 HIPÓTESIS JOSE

Mi hipótesis sobre la forma de omega en el acero es que existen grados de libertad restringidos en las zonas laterales de la pieza. Si estas limitaciones se remueven, la pieza podría formar la parábola deseada sin un exceso de deformaciones (Figura 8).

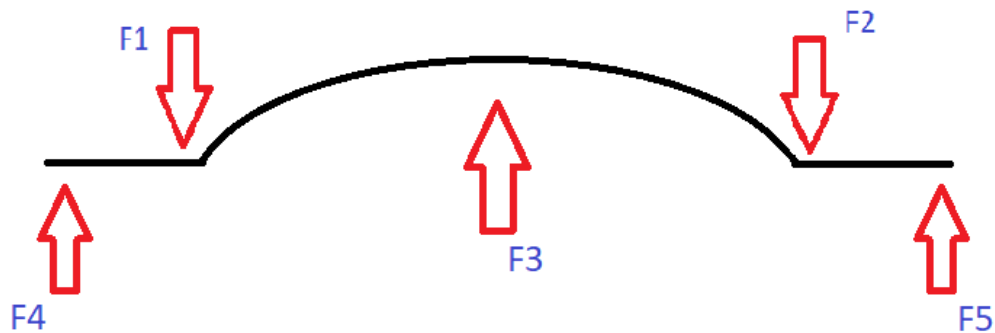


Figura 8: Diagrama de fuerzas.

En la Figura 1 se puede observar de manera más sencilla las direcciones de las fuerzas. F1 y F2 son las fuerzas que generan los clamps más cercanos al centro; F4 y F5 son las fuerzas que generan los clamps más alejados del centro; F3 es la fuerza que hace la prensa hidráulica. Si partimos este diagrama por la mitad y calculamos los momentos que aparecen en el proceso, obtendremos lo siguiente (Figura 9):

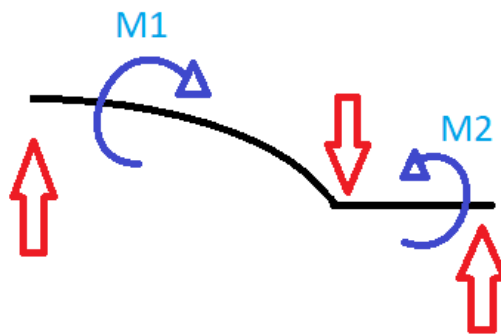


Figura 9: Diagrama de momentos.

Se crean momentos opuestos divididos por el clamp más cercano al centro, lo que ocasiona una deformación no deseada en forma de omega. M2 es el momento que buscamos eliminar para

que $M1$ sea el único torque actuando en el acero, para conseguir esto, debemos eliminar las fuerzas hacia arriba generados por los clamps más alejado del centro (Figura 10).

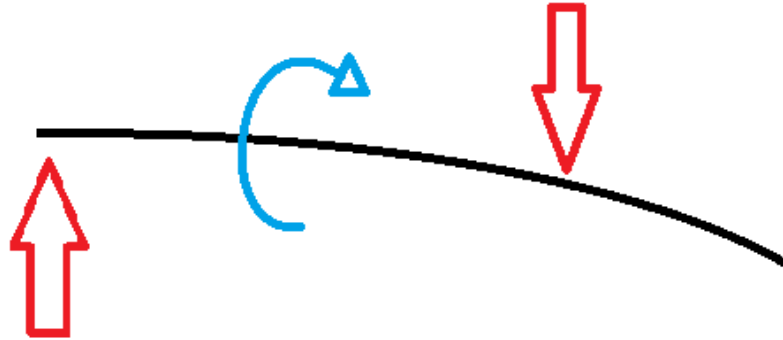


Figura 10: Diagrama de fuerzas y momentos.

Mi hipótesis con respecto a la problemática de la soldadura es que al estar deformando el acero por flexión y no por tensión, los esfuerzos se disparan, haciendo una especie de trabajado mecánico en la pieza. Los efectos del trabajado son revertidos por el proceso de soldadura que aplican una especie de recocido, regresando el punto de cedencia a su punto original (teóricamente). Si los esfuerzos por flexión son muy altos, significa que en el proceso de rectificado se crearán la misma cantidad de esfuerzos.

4.2 HIPÓTESIS JACOBO

Mi hipótesis es que, en el proceso de doblado de la placa, las orillas quedan planas y no se doblan debido a los clamps que ejercen torques y fuerzas opuesta a la de la máquina y mantienen estática esa parte de la placa (Figura 11).



Figura 11: Diagrama de Fuerzas

Si se llegara a utilizar una configuración diferente de 3 puntos para flexionar la placa podríamos obtener nuestra forma deseada. Actualmente la fuerza se está aplicando sobre un solo punto en el centro de la pieza. Si se cambiara a dos puntos donde se ejerce la fuerza en las orillas en lugar del centro o un punto en el centro, pero sin utilizar clamps para sujetar la pieza, se podría conseguir la geometría de arco deseada (Figura 12).



Figura 12: Nueva configuración de 3 puntos para flexión

Por otro lado, la problemática también incluye la formación de grietas después de ciertos ciclos en la soldadura en las partes donde se forma la omega. Esto puede ser ocasionado por esfuerzos residuales que quedan en la zona gracias a los clamps a la hora de deformarse. Esto se podría solucionar con un revenido o un tratamiento térmico para aliviar esos esfuerzos y revertir ese trabajado mecánico ocasionado por el rolado y la flexión.

4.3 HIPÓTESIS JUAN

Mi hipótesis se centra en la velocidad del pistón al momento de realizar la deformación. Como anteriormente se mencionó en las pláticas con socios formadores y colaboradores de John Deere India, el proceso consta de 4 ciclos, entre los cuales el pistón retorna a su origen y vuelve a realizar el proceso de pandeo al cabo de algunos segundos. Todo este proceso, se realiza aproximadamente en dos minutos, por lo que podemos deducir que cada ciclo ronda los 20-25 y un tiempo de pausa en lo que el pistón vuelve al origen y retoma el proceso de doblez de entre 5 a 10 segundos.

Es por ello, que considero importante cambiar la velocidad del pistón a lapsos de tiempo más largos y con incrementos de aplicación de fuerza menores, con esto se lograría un proceso de deformación más controlado. En adición esto, debemos que considerar que al momento que aplicamos una cantidad elevada de fuerza en lapsos de tiempos de corto, una abrazadera o clamp tiende a ceder la posición que está sujetando, por lo que esto podría ser la razón de la formación los esfuerzos residuales en ciertas áreas de la placa, que luego serán las zonas más vulnerables a fracturas con la fatiga del material.

Además, considero importante que, en el proceso de pandeo, el pistón no regrese a su origen, puesto que no se garantiza que de ciclo a ciclo el mismo esté tocando la misma área de contacto que en el ciclo anterior (Figura 13). Por ello recomendaría que no exista este retroceso del pistón, y que, si se necesita de cierto tipo de pausas, ya sea por razones el sobrecalentamiento de la prensa o demás; que se existan lapsos de tiempos en los cuales no haya incrementos en fuerza, pero que el pistón no retroceda, para que así se garantice un proceso de deformación controlado, al mismo tiempo que no permite que los clamps experimenten variaciones de tensiones y puedan tener una mejor sujeción a la placa.

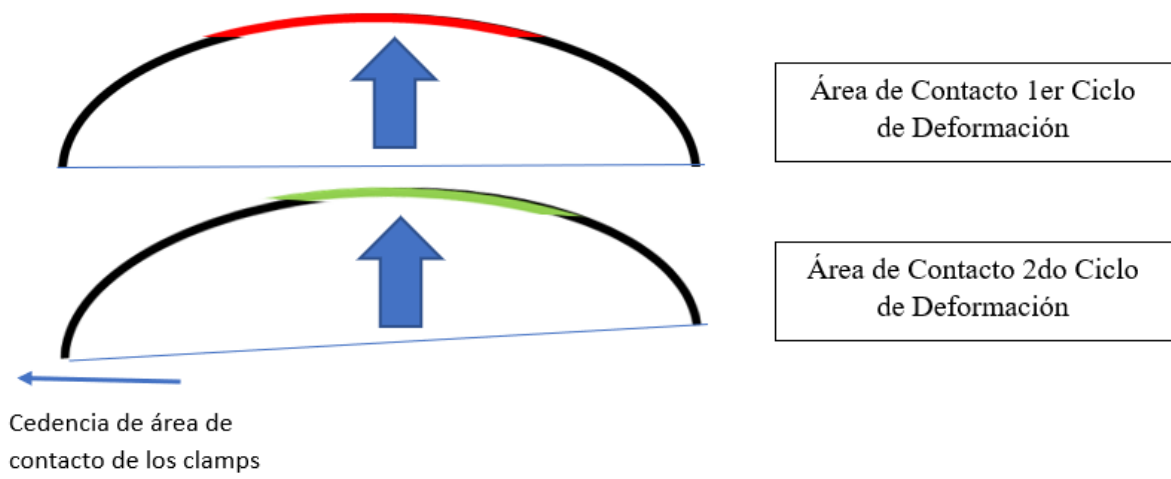


Figura 13: Áreas de contacto entre el pistón y placa entre ciclos del proceso de deformación

4.4 HIPÓTESIS ALEX

Mi hipótesis consiste en la forma en como la placa es agarrada, porque si podemos ver con las fotos y documentos que nos mandó John Deere, podemos ver que sus clamps dañan a la placa de acero que están deformando. Sin embargo, mi proposición consiste en hacer clamps que en verdad no agarren a la placa, sino que mantengan la placa.

Los 3 pistones que deforman la placa están debajo de la placa empujándola hacia arriba, y gracias a que está sostenida por los dos clamps no deformara la placa en forma de omega.

La fuerza en que los pistones deforman la placa tiene que ser lenta, para que la placa no se rompa, porque si la fuerza es rápida podría romper la placa. Los clamps medirán al igual que la placa para que lo pueda sostener de sus 2 lados y se lograra la forma deseada sin la forma de la omega (Figura 14).

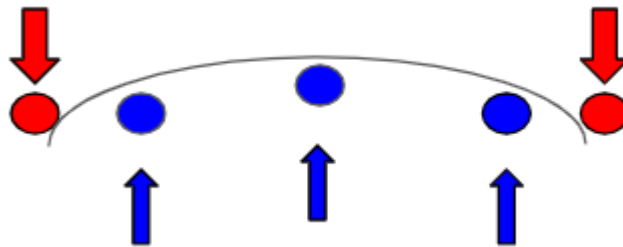


Figura 14: Diagrama de fuerzas

4.5 HIPÓTESIS DAVID

Para el problema de la forma omega, pienso que se forma debido a los clamps, estos tienen que hacer la contrafuerza del RAM para lograr la deformación de la placa, sin embargo, esto causa que la parte donde se sujeta quede plana porque no sigue el movimiento de la deformación, además se marca el área de contacto de las piezas.

Mi hipótesis consta de una estructura la cual logre la deformación deseada (forma convexa) sin provocar una omega. El RAM seguiría estando en el centro aplicando la fuerza, se cambiarían los clamps actuales por nuevos, los cuales tendrían una especie de rodillos, que le darán un grado de libertad a la placa para moverse, estos tendrán que ir montados a lo ancho de la placa para que esta pueda desplazarse hacia abajo y afuera de estos (Figura 15).



Figura 15: Propuesta David

En cuanto a las grietas que se presentan en la placa, dado que estas se presentan al borde del cordón de la soldadura y esta parte de la máquina está sometida a cargas cíclicas se puede concluir que se trata de una grieta de pie, esta se forma debido a que cuando la soldadura se enfría ésta se contrae formando un cordón pequeño el cual provoca tensiones en la soldadura llegando a fracturarla. Creo que si se realiza un correcto grosor del cordón para asegurarse que haya suficiente material y además se controla el calor de todo el proceso para que la velocidad de enfriado sea reducida, podremos obtener un menor riesgo de contracciones significativas y por consecuencia menos posibilidades de grietas.

4.6 HIPÓTESIS ELISA

Mi hipótesis parte de que la fuerza ejercida por los clamps del fixture utilizado actualmente es la que genera la forma de la omega en la placa de acero, esto debido a que los clamps sujetan la pieza de manera muy rígida, por lo que las fuerzas que interactúan y se llevan a cabo durante este proceso van en sentidos contrarios, causando de igual manera las futuras grietas en estos mismos lugares (Figura 16).

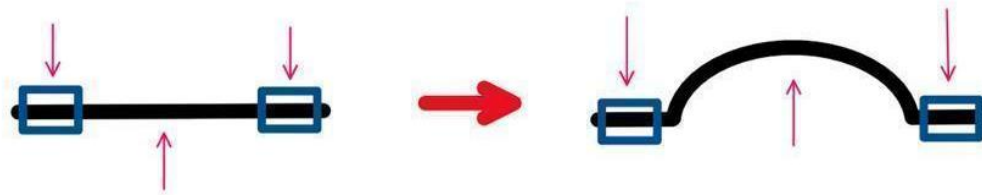


Figura 16: Diagrama de fuerzas

Si en lugar de sujetar la placa de acero con los clamps, se utiliza un fixture con un ángulo de inclinación específico, limitando, pero no impidiendo por completo su movimiento, es posible evitar la generación de la omega (Figura 17).

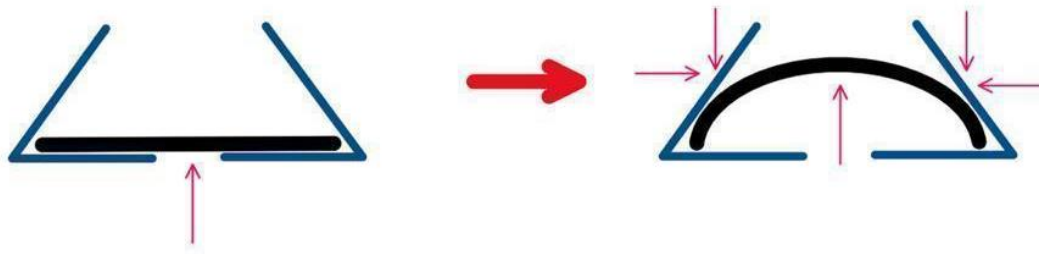


Figura 17: Nuevo fixture con ángulo de inclinación

De esta manera, cuando el pistón suba (a un ritmo determinado y constante), hacia el centro de la placa y empiece a deformarla, la placa resultará en una parábola continua, ya que las paredes de los medios triángulos lo mantendrán y guiarán para obtener la forma deseada.

Además, al utilizar este nuevo fixture, se puede disminuir la concentración de esfuerzos, los cuales son originadas por los clamps originales.

4.7 HIPÓTESIS BRIANDA

Considero que la fractura está ligada al problema de la forma semi-omega obtenida, por lo cual de ser solucionado podremos prevenir la fractura en la soldadura, pues cada procedimiento realizado en la pieza crea esfuerzos internos, lo cual ocasiona que la pieza tienda a fallar al estar en campo.

Como pudimos observar en la fotografía brindada por John Deere, vemos que es una grieta de tipo toe crack, por lo que, para que se forme dicha grieta se tiene que estar bajo 3 condiciones que deben ocurrir de manera simultánea:

1. Debe haber suficiente nivel de hidrógeno.
2. Un material sensible involucrado, y
3. Un alto nivel de estrés residual o aplicado.

Al disminuir 2 de los 3 factores involucrados, se puede prevenir la aparición de este tipo de grieta, de los cuales se recomienda la disminución del nivel de hidrógeno, y la reducción de la velocidad de enfriamiento del material después de la soldadura.

Sin embargo, como tenemos la problemática del semiomega, considero que la mejor manera sería reduciendo la velocidad de enfriamiento y disminuyendo el estrés contenido en la placa debido a cada etapa de proceso de producción.

Para la solución del cooling rate, podemos precalentar la pieza en un rango de temperatura de 600 a 650 °C, para así disminuir el gradiente de temperatura, alentar la velocidad de enfriamiento, y así evitar la formación de microestructuras frágiles, las cuales son las que ocasionan que después se fracture la pieza, cómo sabemos éstas se generan debido a que al calentar tanto el acero se llega a su fase más dura y por lo tanto más frágil, siendo ésta la austenita.

Para la segunda hacer un cambio de clamp y fixture para el trabajado mecánico, logrando así disminuir la acumulación de estrés residual en la placa.

Es claro que para este problema se puede de igual manera aconsejar un tratamiento térmico, sin embargo, esto implicaría agregar una nueva etapa al proceso y considero que no sería muy rentable.

5. OBJETIVOS Y METAS (EN EQUIPO)

1. Identificar las posibles causas raíz del problema de la formación de la forma semi-omega en la placa.
2. Proponer el diseño de fixture reconfigurable, mediante un prototipo físico, su CAD y dibujo técnico por piezas y ensamble.
3. Realizar cálculos reales y simulaciones de flexión en SolidWorks, para comprobar la viabilidad del prototipo.
4. Detallar los procesos de manufactura y selección de materiales necesarios para producir el prototipo (por pieza y ensamble).

5. RESULTADOS

Para hacer un análisis completo al proceso decidimos usar la herramienta de Solid Works para replicar la deformación en formato digital, y visualizar de manera sintética lo que está sucediendo internamente en la placa.

Primero se definen las zonas en donde los clamps toman lugar (Figura 18):

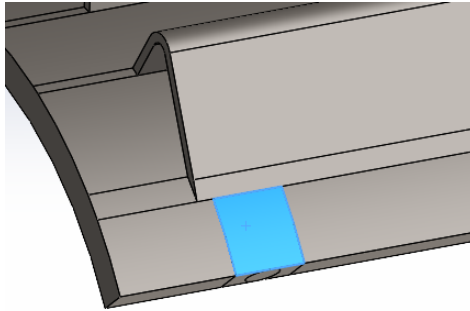


Figura 18: Zonas de clamps

Después se define el área de contacto entre la placa de acero y el rack (Figura 19):

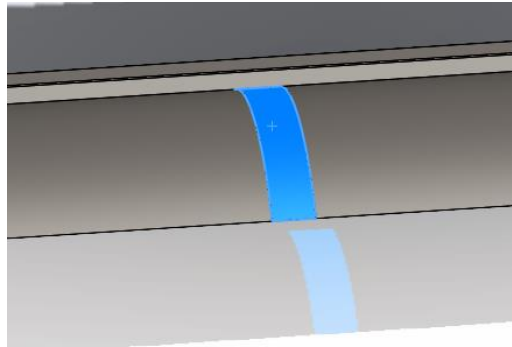


Figura 19: Área de contacto

Se hicieron varias simulaciones hasta encontrar la fuerza necesaria para que las tensiones en cada punto de la pieza dieran un promedio igual o mayor a cedencia ($5,300 \times 10^8$ Pa), de esta forma aseguramos que la deformación está sucediendo.

A continuación, tenemos el resultado final exagerado del proceso de deformación con el fixture de John Deere:

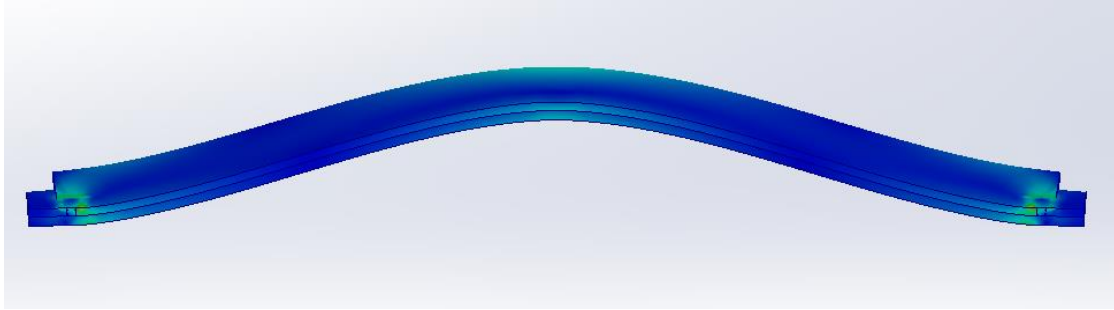
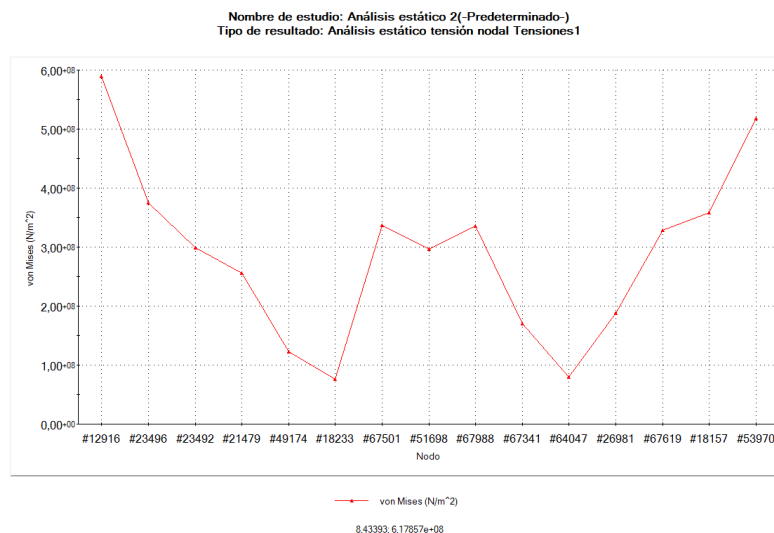


Figura 20: Simulación Deformación de la Placa por John Deere

En la Figura 20, se puede ver de manera detallada la forma de omega que está teniendo la pieza como consecuencia de la sujeción de los clamps que provocan una segunda deformación en contra.

Para entender aún más el fenómeno que se está presentando en la placa, graficaremos los esfuerzos que van de izquierda a derecha de la placa y observar su comportamiento.



Gráfica 2: Análisis Estático de Tensión Nodal

La gráfica 2 tiene una forma de M invertida, y eso esto se debe a que el programa detecta más esfuerzos en la zona de los clamps, que en el centro de la pieza. Todo esto, hace sentido ya que la deformación en el centro es por tensión y en los costados es por doblez, dando como resultado que se concentren más los esfuerzos.

Cabe destacar que el valor del esfuerzo que tienen los puntos en los extremos muy posiblemente es el mismo esfuerzo que provoca el proceso de rolado para rectificar esas deformaciones no deseadas, lo cual podría estar contribuyendo a la baja calidad de las soldaduras.

Ahora bien, a continuación, se muestra el mapa de esfuerzos, referente a la propuesta grupal que más adelante se presentará en el punto 6.1.3, el cual trata de un sistema de equilibrio estático que reemplaza a los clamps, ubica el centro de la placa en el centro de una base y realiza la deformación por flexión con dos pistones hidráulicos a 80.35 mm de la orilla de sus extremos.

A continuación, se presentan los cálculos de Fuerza necesarios para pandear 1.5 pulgadas de la placa presentada por John Deere.

$$E_{flex} = 200 \text{ GPa}$$

$$D = 1.5" = 0.0381 \text{ m}$$

Longitud entre puntos de aplicación de fuerza de flexión:

$$L = 4.6 \text{ m}$$

Se resuelve la ecuación de deformación por flexión:

$$\varepsilon_{flex} = \frac{6Dd}{L^2} \rightarrow \frac{6(0.0381 \text{ m})(0.041 \text{ m})}{(4.6)^2}$$

$$\varepsilon_{flex} = 4.43 \times 10^{-4}$$

Se resuelve la ecuación de esfuerzo de deformación:

$$\sigma_{flex} = \varepsilon_{flex} \cdot E_{flex}$$

$$\sigma_{flex} = (4.43 \times 10^{-4})(200 \times 10^9)$$

$$\sigma_{flex} = 88.7 \text{ MPa}$$

Se despeja para encontrar la fórmula para encontrar el valor de la fuerza:

$$\sigma_{flex} = \frac{F}{A} \rightarrow F = \sigma_{flex} \cdot A$$

$$A = 0.026 \text{ m}^2$$

$$2F = 88.7 \times 10^6 \cdot 0.026 = 2.33 \times 10^6 \text{ N}$$

$$F = 1.16 \times 10^6 \text{ N (CADA PISTÓN)}$$

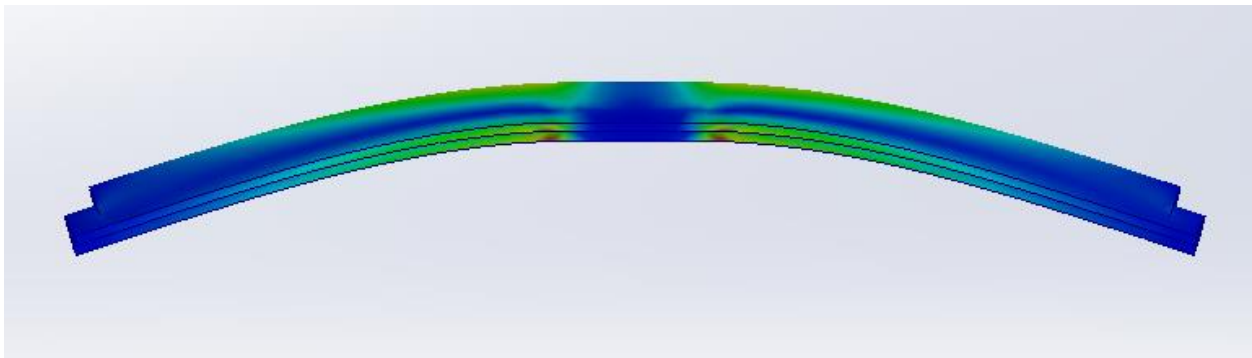
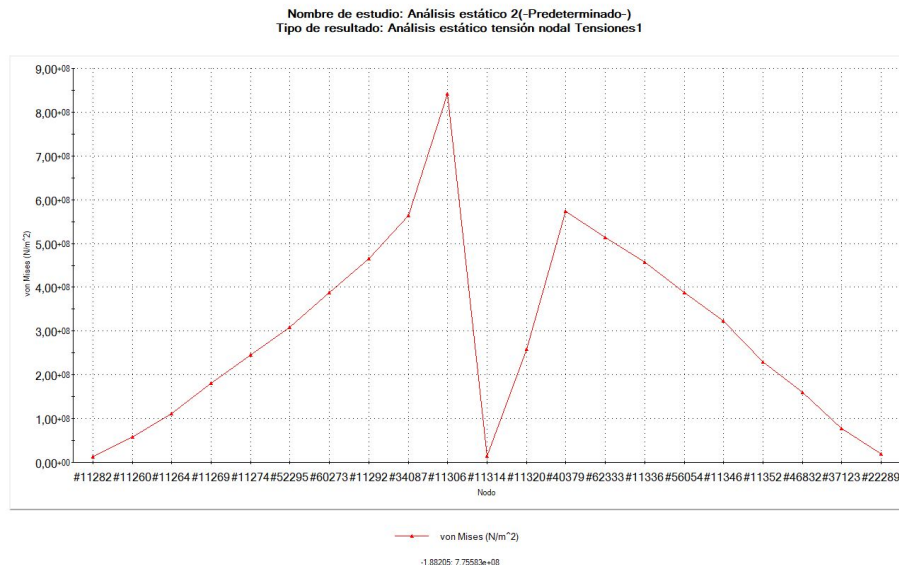


Figura 21: Simulación Deformación de la Placa por Flexión (Nueva Propuesta)

En la Figura 21 podemos denotar en el mapa una menor concentración de esfuerzos que en la Figura, por ello a través de estos mapas podemos concluir la notable mejora de producción si el sistema de cambiase a una prensa hidráulica que realicé la deformación a sus extremos.



Gráfica 3: Análisis Estático por Tensión Nodal

Adicional a todo esto, podemos analizar en la gráfica 3 de análisis estático por tensión nodal, el cual nos indica que el proceso de deformación tiene cierta tendencia lineal, lo cual nos asegura que existe un mayor control en cuanto a la concentración de esfuerzos, diferente a lo cual se puede apreciar en la gráfica 2.

6.1 DISEÑO

6.1.1 MEDIOS DE SUJECION ACTUALES (EN EQUIPO)

John Deere nos entregó una maqueta entera que se muestra en la imagen, donde se observan los sujetadores (para sostener la pieza que estamos trabajando no se necesitan todos), en el centro de la estructura se encuentra el Ram que empuja el molboard hacia arriba para obtener el doblez (Figura 22).

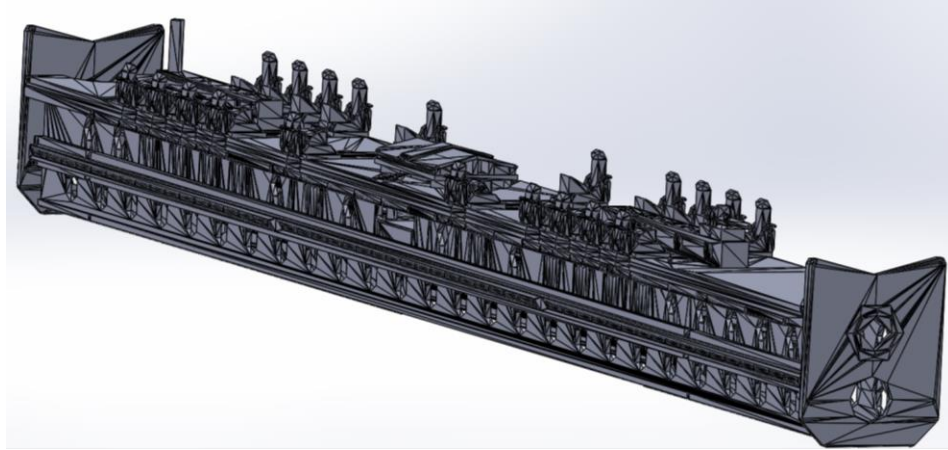


Figura 22: Fixture de Deformación John Deere

La Figura 23 muestra el sujetador que usan en la actualidad, se puede observar que el área de contacto con la superficie de la molboard es plana, esto da como resultado las marcas en el producto final, así como la forma omega (Figura 23).

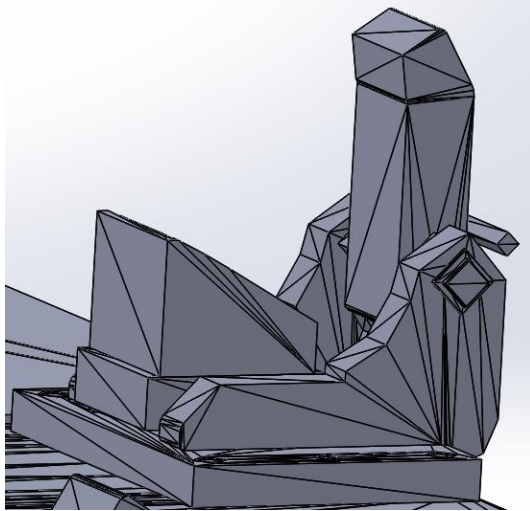


Figura 23: Medios de Sujeción de John Deere

6.1.2 MEDIOS DE SUJECION PROPUESTOS (INDIVIDUAL)

A continuación, presentaremos los diseños que creó cada uno de los integrantes del equipo, respetando las tolerancias y peticiones del socio formador.

6.1.2.1 PROPUESTA JOSE

De acuerdo con mi hipótesis, hace falta un grado de libertad en las orillas de la pieza, para que permitan que ocurra una deformación plástica con una forma parabólica. Para agregar esta libertad, se conectó el clamp directamente a una chumacera que cuenta con un movimiento giratorio sobre su propio eje, este movimiento permitirá eliminar el torque que provoca la deformación no deseada (Figuras: 24,25,26,27).

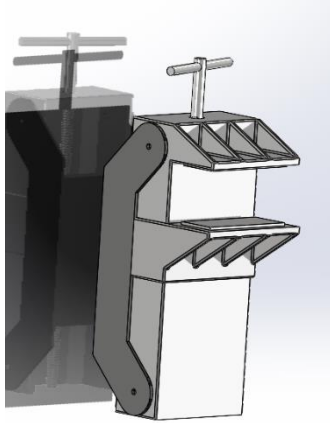


Figura 24: Vista isométrica

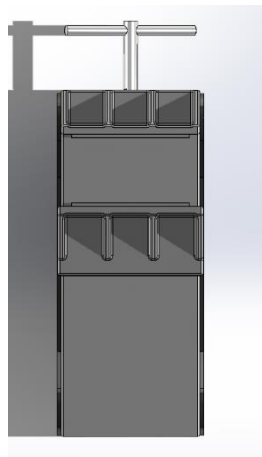


Figura 25: Vista frontal

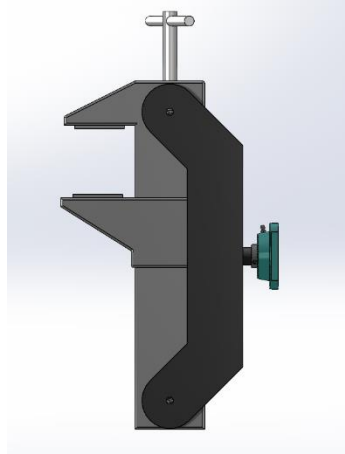


Figura 26: Vista lateral

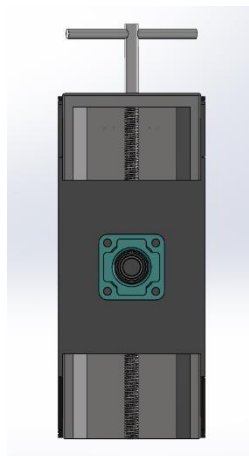


Figura 27: Vista trasera

Con ayuda de la herramienta Solid Works, podemos revisar la deformación que tendrá la placa de acero si integramos estos clamp en el proceso.

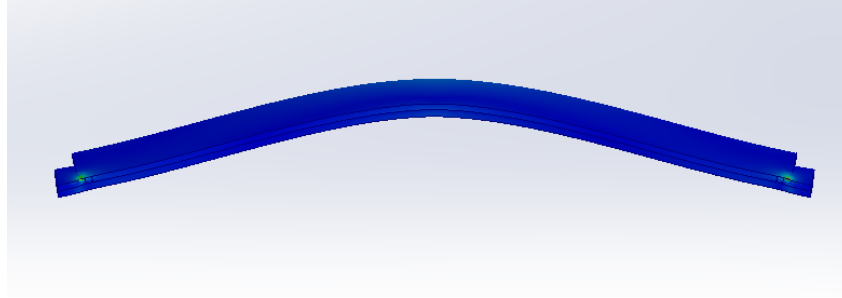
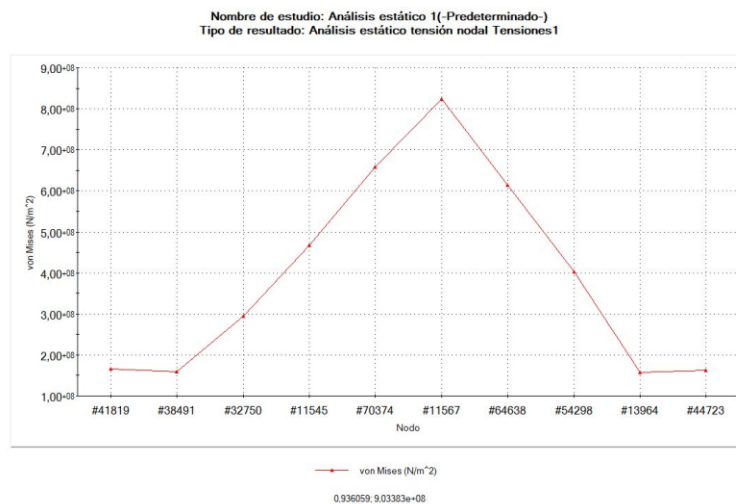


Figura 28: Deformación con clamps giratorios

En la Figura 28, podemos ver cómo la deformación ocurre principalmente en el centro del acero y no en las orillas, que es lo que estaba provocando que apareciera la forma de omega en la pieza. Con ayuda de una gráfica podremos identificar los esfuerzos a lo largo de la lámina para confirmar que está ocurriendo una deformación plástica mayormente en medio.



Gráfica 4: Esfuerzos en diferentes puntos del acero.

En la gráfica 4, podemos ver que una tercera parte de la pieza completa ya se encuentra en deformación plástica, y son los 3 puntos más altos de la gráfica.

6.1.2.2 PROPUESTA JACOBO

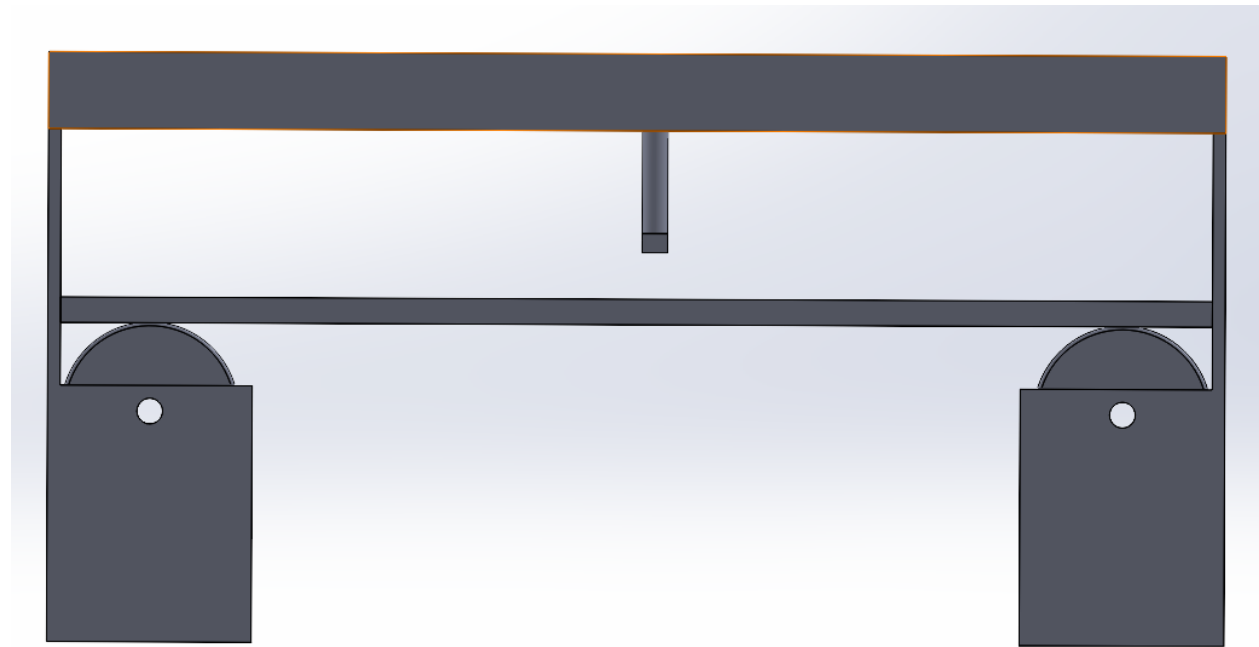


Figura 29: Propuesta de Jacobo

La figura 29, muestra el diseño que cuenta con 3 puntos de contacto sobre la placa que se quiere deformar. Los puntos de contacto de las orillas son sobre ruedas, esto permitirá a la placa fluir y deformarse. Con este diseño se podría colocar la placa y después bajar el pistón hasta que haga contacto para inmovilizar la placa, pero sin deformarla. En este punto te aseguras de que esté bien alineada, para después empezar con la deformación empujando más el pistón.

Se puede modular la flexión y el arco de la pieza al variar la distancia y la fuerza del pistón central. Cabe recalcar que un nuevo fixture y proceso de manufactura requiere de una gran inversión y tiempo para implementar. Sin embargo, si consiguiéramos nuestro objetivo de eliminar la geometría de omega.

6.1.2.3 PROPUESTA JUAN

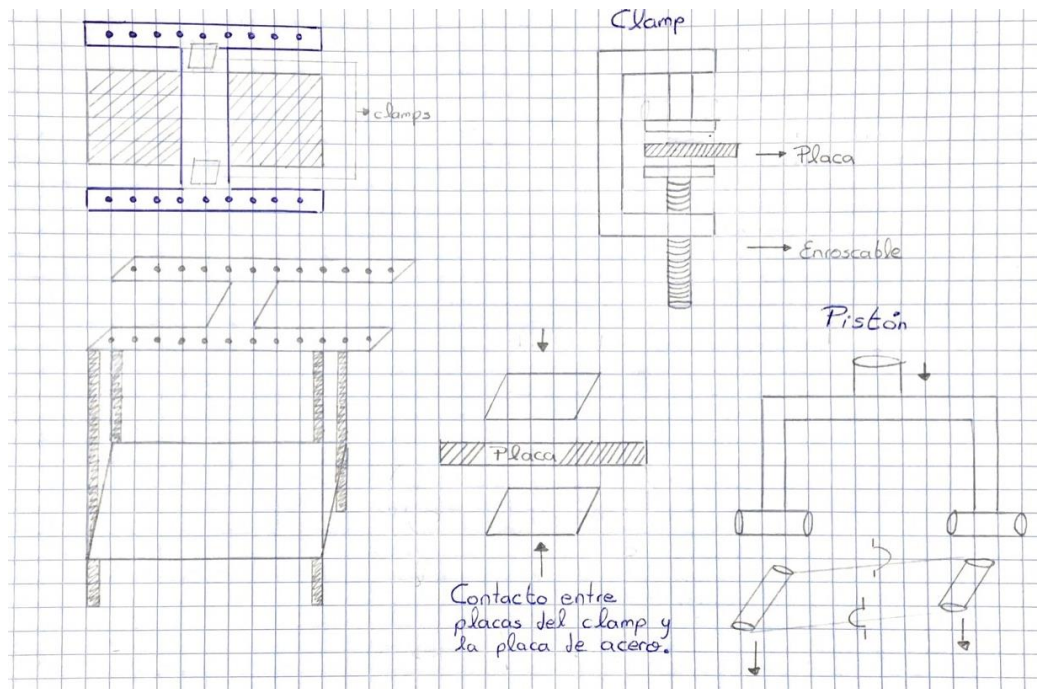


Figura 30: Propuesta Juan- Diseño y Manufactura de una nueva máquina de doblado

Mi propuesta (Figura 30), se basa en la manufactura de una nueva prensa, la cual cuenta con una estructura H, donde se colocará la placa en su zona media y se ajustará con clamps a dicha zona. En esta propuesta, se proponen clamps con una zona de contacto cuadrada, que garanticen una mayor área de contacto y una mejor sujeción a la placa de acero. Adicional a esto, este fixture cuenta con un sistema de pistones de forma cilíndrica, los cuales serán los encargados de realizar la deformación a los extremos de la placa. Cabe recalcar, que este sistema de deformación tendrá una aplicación de fuerza simultánea y con incrementos en fuerza graduales, para así garantizar que los clamps no experimenten tensiones elevadas en lapsos de tiempos cortos, también en este diseño se propone que los pistones no retrocedan a su posición original y que sea una deformación constante y lenta, con el fin de no generar esfuerzos residuales en ciertas zonas de la placa.

6.1.2.4 PROPUESTA ALEX

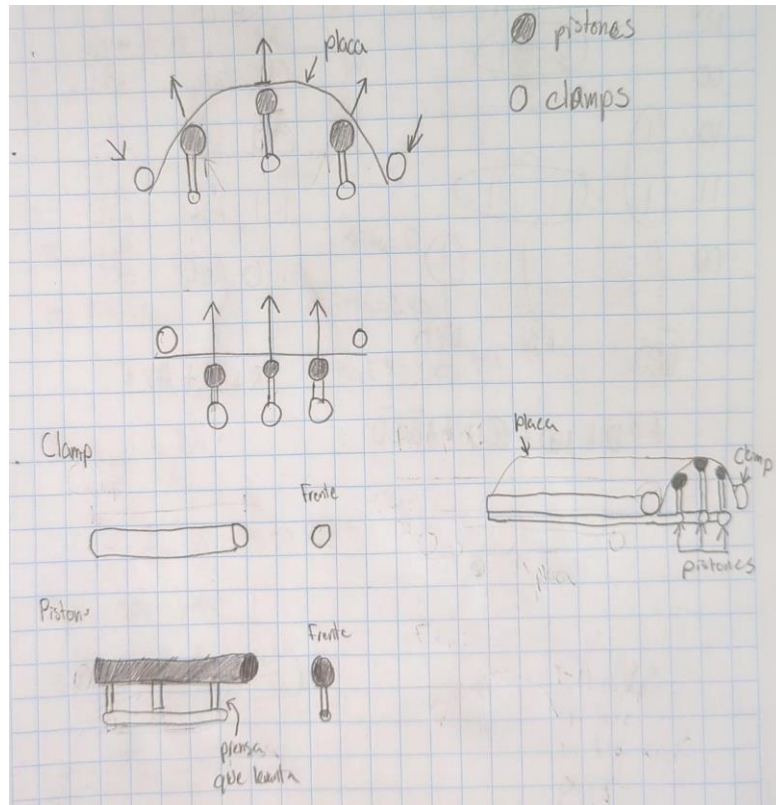


Figura 31: Propuesta de Alex

La figura 31, muestra el diseño que escogí consiste en eliminar el omega hecho cambiando el sistema de esfuerzo de flexión por pistones largos como la placa para que el esfuerzo se divida por toda la placa y así evitar esfuerzos internos.

La idea de los clamps es que son cilindros que evitaren el movimiento de la placa, haciendo que no haga un omega para cuando los esfuerzos se apliquen sobre la placa.

6.1.2.5 PROPUESTA DAVID

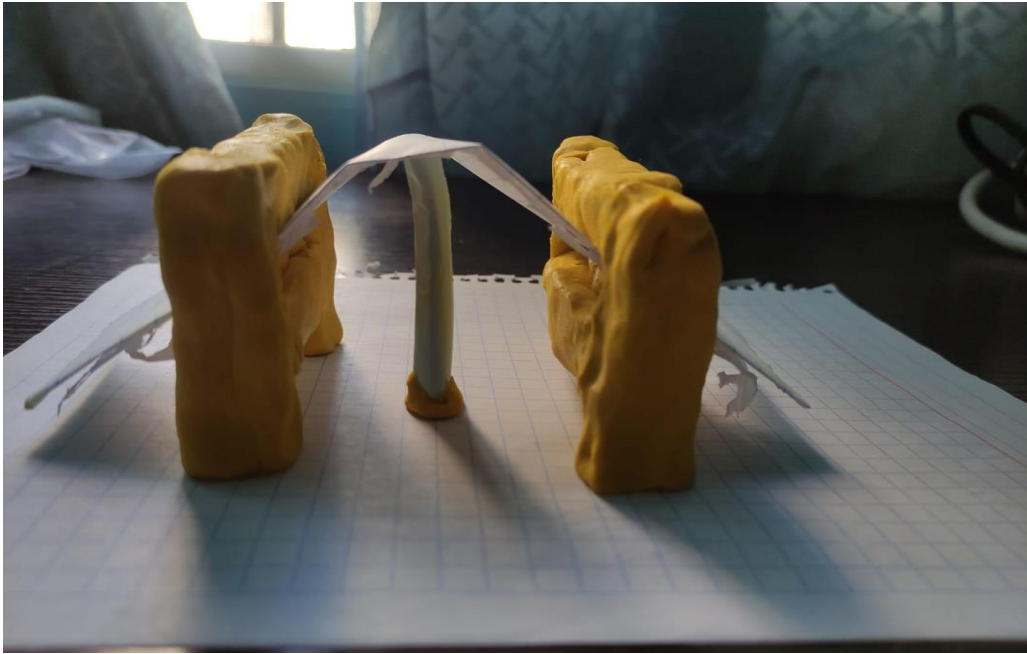


Ilustración 2: Propuesta de David

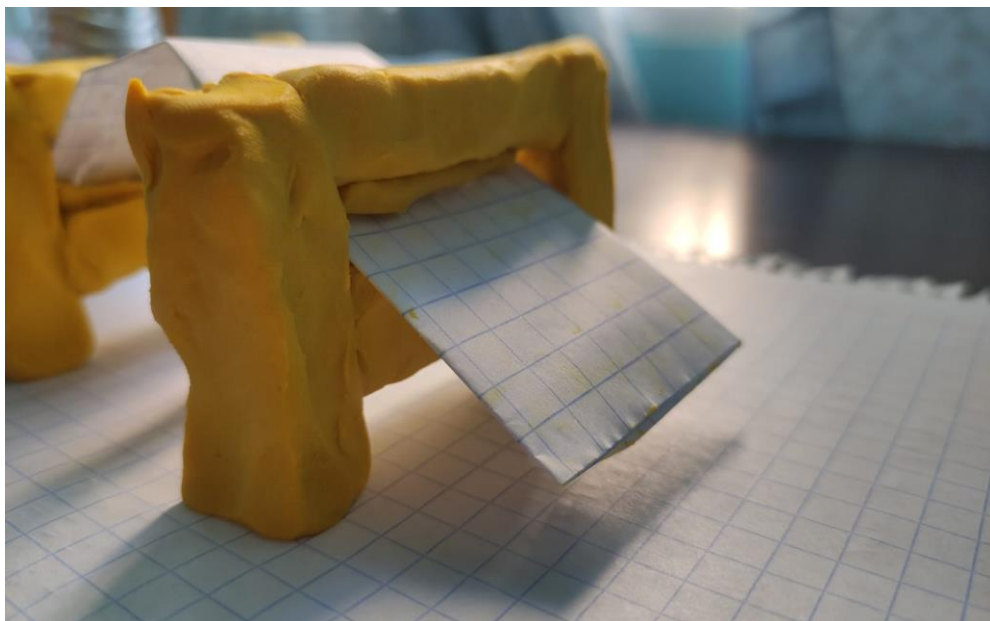


Ilustración 3: Propuesta de David

De acuerdo con mi hipótesis planteada anteriormente, realice en un modelo de plastilina que se muestra en las ilustraciones 2 y 3, un nuevo fixtures una gran estructura que se coloca al inicio y al final de la placa, esta nueva fixture contará con un hueco rectangular con rodillos en las paredes superior e inferior, esto con la finalidad de pasar la paca a través de esta parte y que al momento de ser aplicada la deformación en el centro por medio del RAM, los costados de placa cuente con la libertad de desplazarse. De esta manera se evitan las fuerzas de reacción creadas con los clamps actuales, por ende, la omega no se formará.

6.1.2.6 PROPUESTA ELISA

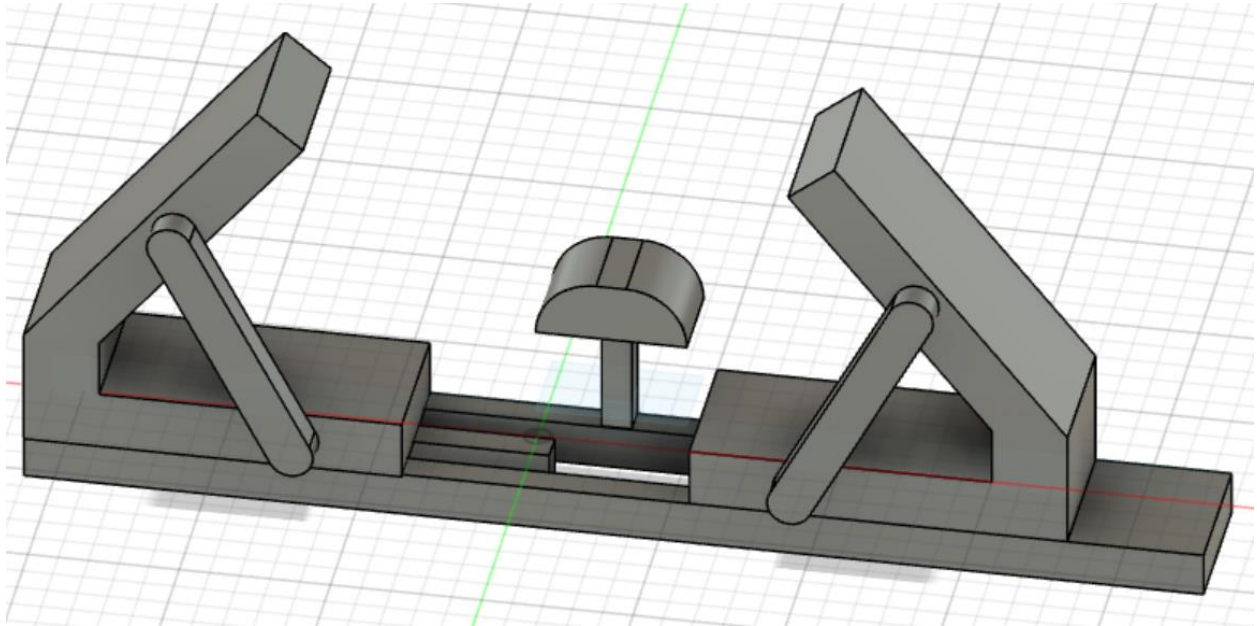


Figura 32: Propuesta de Elisa

La figura 32, muestra mi propuesta que consta de un nuevo fixture, compuesto por dos medios triángulos en espejo, soportados por una barra desde su extremo superior hasta el inferior; una base con carril para que sea posible su desplazamiento y reconfiguración; y el pistón el cual se encuentra al centro del fixture y tendrá un movimiento vertical, así como una cabeza redondeada en semicírculo para lograr obtener una parábola continua y evitar de igual manera la concentración de esfuerzos, evitando así posibles fracturas o grietas.

La placa se colocará sobre la base interior de los dos medios triángulos, los cuales se ajustarán a la medida de esta y limitarán, sin necesidad de usar clamps, el movimiento de la placa. Una vez sujeta, el pistón comenzará a aplicar presión y subir a una velocidad requerida y de manera constante, llevando a la placa a tener contacto con la parte diagonal interior de los medios triángulos, los cuales guiarán la pieza, hasta llegar a la medida de parábola deseada.

6.1.2.7 PROPUESTA BRIANDA

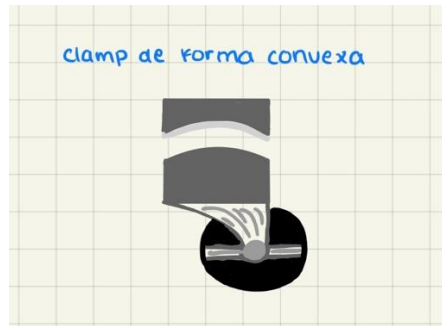


Figura 33: Diagramas esquemáticos del clamp de sujeción 1.

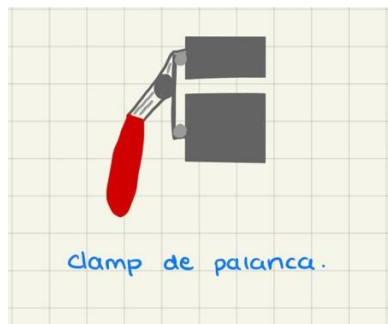


Figura 34: Diagramas esquemáticos del clamp de sujeción 2.

La propuesta consiste en un clamp en forma ya convexa que tenga ya sea una palanca o un tornillo de ajuste para insertar la placa y una rueda en la parte inferior para poder deslizarse por el riel del sistema en forma de Y diseñado para la deformación (Figura 33 y 34).

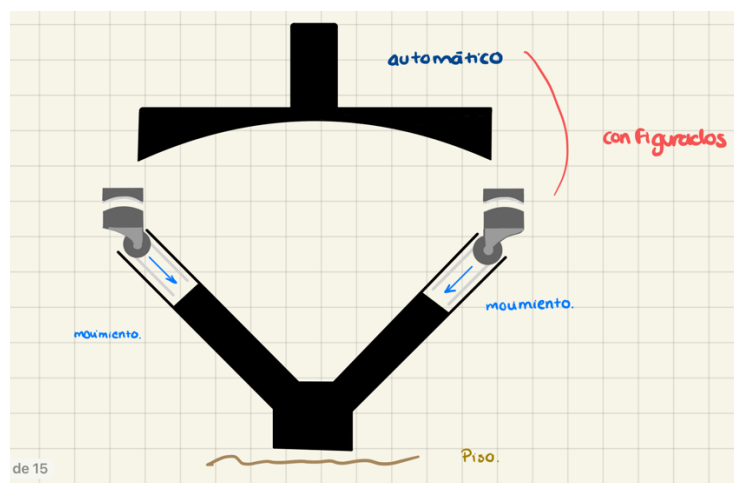


Figura 35: Sistema en Y de deformación.

Este sistema consta de una Y que contiene unos rieles por los cuales se pueden deslizar los clamps para ejercer la fuerza y el ángulo necesario para la deformación de la placa, pero además cuenta con un “tope” en la parte superior, que ayudará a la detención de la placa por la fuerza de oposición que tendrá al cambio, previniendo así posibles accidentes (Figura 35).

Se propone una configuración sincrónica de la parte superior del sistema al movimiento de los clamps sobre la Y.

6.1.3 DIAGRAMA DE FIXTURE COMPLETO (NÚMERO Y POSICIÓN DE LOS CLAMPS + PLACA ANTES Y DESPUES DE LA DEFORMACIÓN) (EN EQUIPO)

Como resultado de la discusión e intercambio de ideas con los integrantes del equipo, decidimos que la mejor propuesta sería el diseño y manufactura de una nueva presa hidráulica que realizará la deformación, a través de una fuerza de flexión dividida en dos pistones que actuarán simultáneamente en la placa (Figura 36).

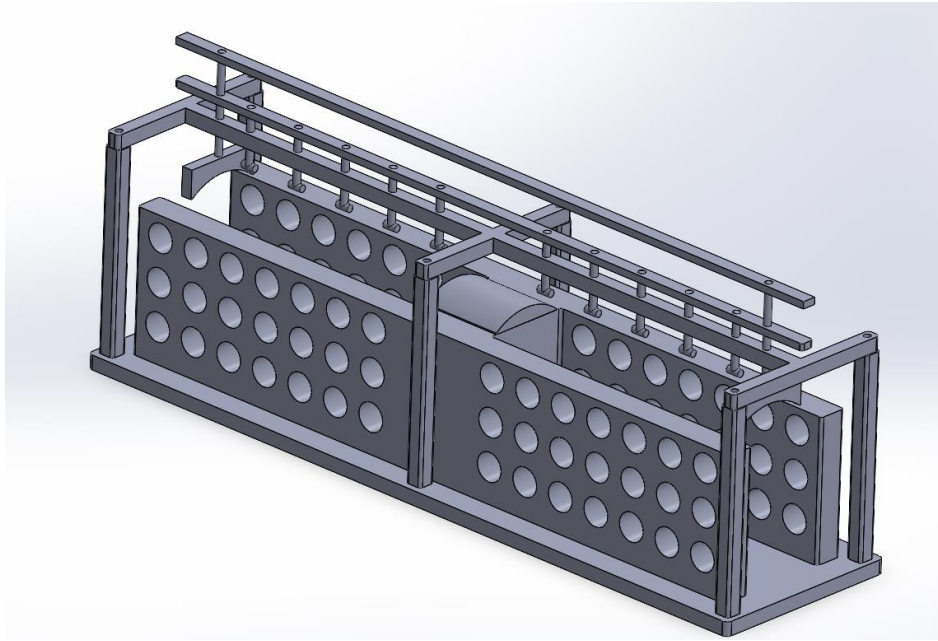


Figura 36: Fixture Propuesto

En adición a esto, proponemos remplazar el sistema de clamps, por un sistema de ajuste estático de 10 pistones cilíndricos, 5 en la parte izquierda y 5 en la parte derecha de la placa, los cuales actuarán como contrapesos. Con esto pretendemos, que el proceso de deformación no se vea restringido por la tensión de sujeción de los clamps que ejercen en la placa (Figura 37).

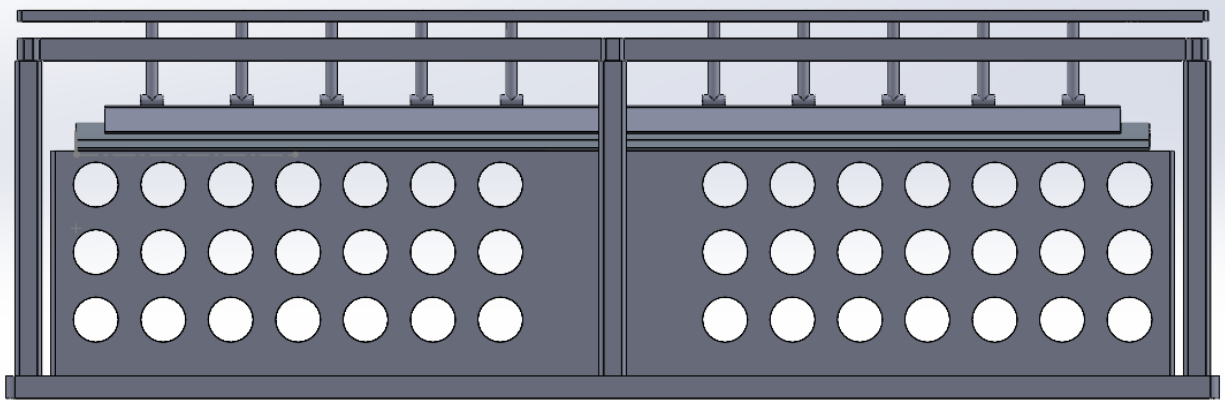


Figura 37: Sistema de Ajuste

Como tercer punto decidimos implementar, una estructura pandeada en la cual se colocará el centro de la placa previamente deformada, con ello pretendemos que el centro de la base esté en total contacto con el centro de la placa y a su vez, esto ayude a tener un mejor equilibrio estático en conjunto con el sistema de ajuste de los pistones cilíndricos previamente mencionados (Figura 38).

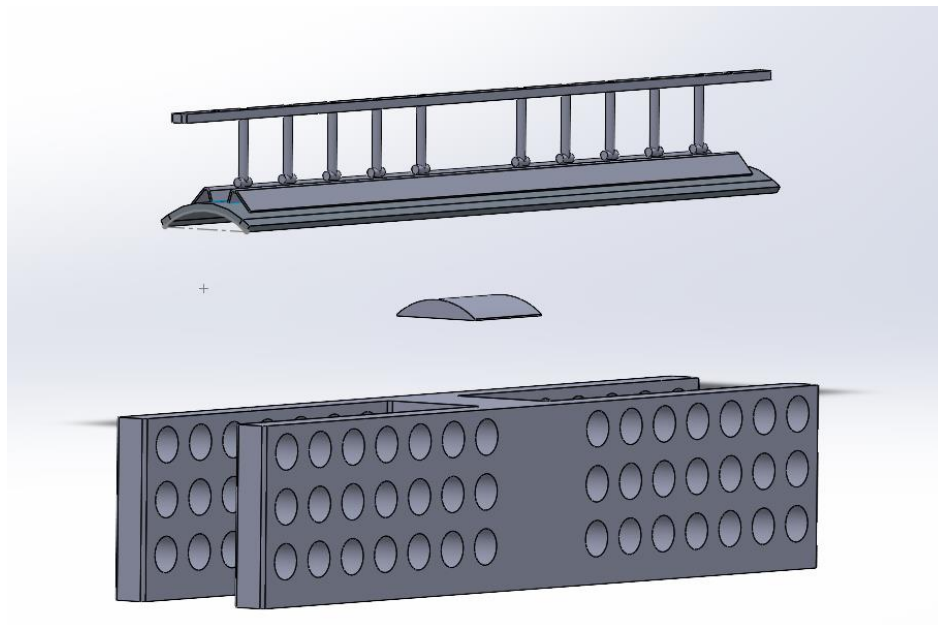


Figura 38: Estructura Pandeada en Centro de la Base

Por último, como equipo llegamos a un consenso de la forma del pistón que realizará la deformación, por ello diseñamos un pistón que tenga la curvatura de la placa que se desea deformar, con ello garantizamos que el área de contacto entre el pistón y la placa sea mayor, y también que no se generen huellas o mal formaciones geométricas. Adicional a esto, decidimos que la zona de contacto entre el pistón y la placa no esté en su orilla sino a una distancia de 40 mm de cada lado, para evitar cualquier tipo de desfase cuando la placa comience a pandearse a sus extremos (Figura 39).

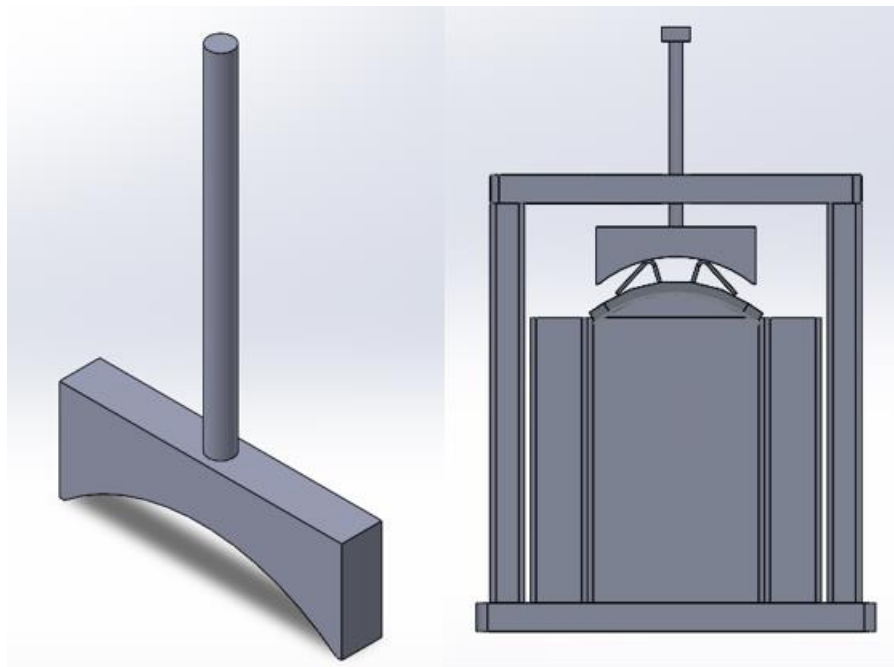
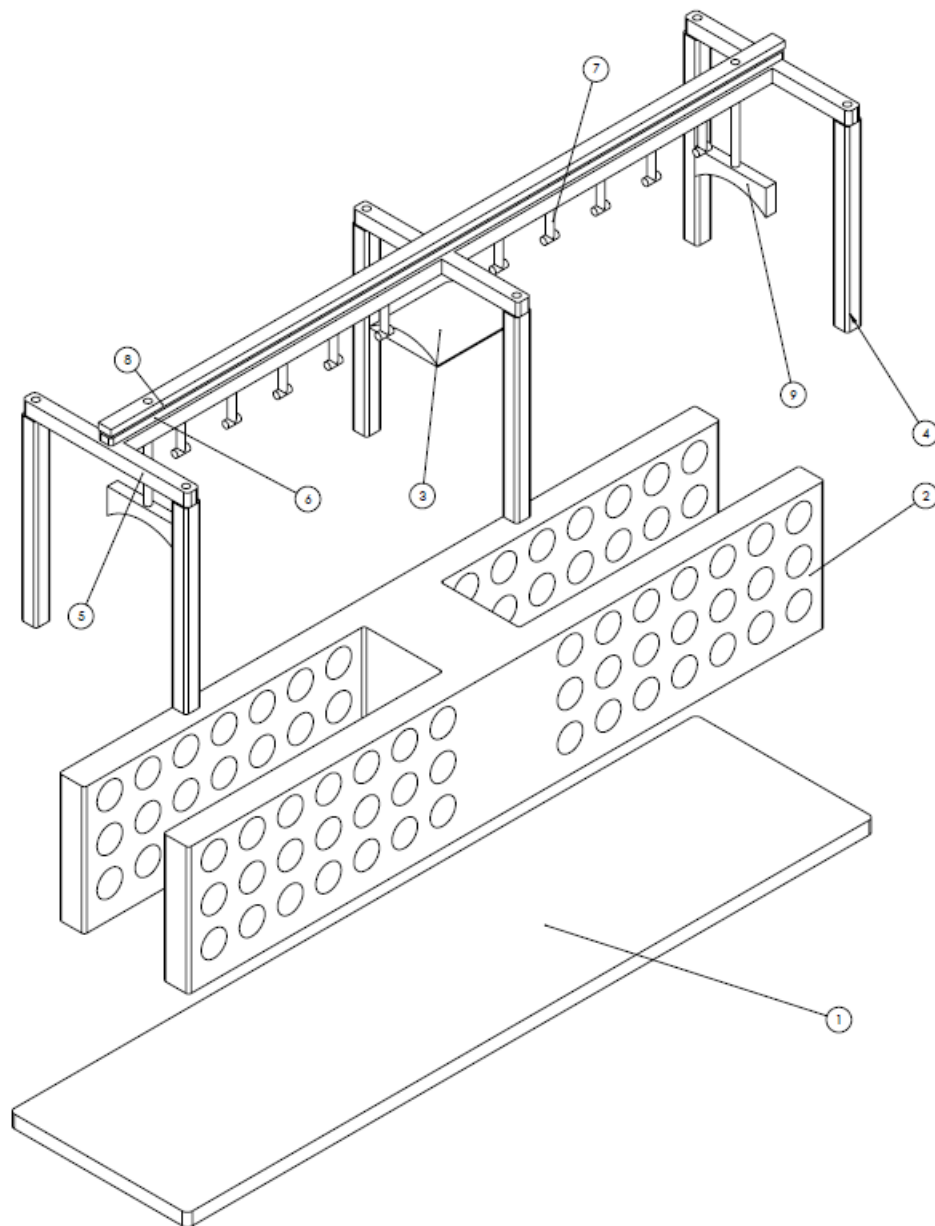


Figura 39: Pistón de Deformación

6.1.4 LISTADO DE COMPONENTES DEL FIXTURE (EN EQUIPO)



Dibujo 1: Diagrama de Ensamble Fixture Propuesto

| ITEM NO. | PART NUMBER | DESCRIPTION | QTY. |
|----------|--------------|--|------|
| 1 | MTYAOBASE | Base del sistema. | 1 |
| 2 | MTYAOEH | Estructura en forma H. | 1 |
| 3 | MTYAOEP | Estructura para colocar el centro de la placa previamente deformada. | 1 |
| 4 | MTYAOCOL | Columnas que conecta la base del sistema con el sistema cruz. | 6 |
| 5 | MTYAOSCRUZ | Sistema que se conecta con las columnas y por los cuales pasan los pistones de ajuste y deformación. | 1 |
| 6 | MTYAOSAJUSTE | Sistema que se soporta los pistones de ajuste. | 1 |
| 7 | MTYAOPAJUSTE | Pistones de ajuste que realizan un equilibrio estático en la placa a deformarse. | 10 |
| 8 | MTYAOSDEF | Sistema que soporta los pistones de deformación. | 1 |
| 9 | MTYAOPDEF | Pistones que realizan la deformación de la placa en sus extremos. | 2 |

Tabla 1: Lista de Materiales del Ensamble del Fixture Propuesto

6.2 MATERIALES Y MANUFACTURA

6.2.1 DESEMPEÑO DEL FIXTURE SOBRE EL PRODUCTO FINAL (INDIVIDUAL)

José se encarga del dibujo técnico de la MTYAOCOL (Pieza 4).

Jacobo se encarga del dibujo técnico de la MTYAOBASE (Pieza 1) y MTYAOEP (Pieza 3).

Juan se encarga del dibujo técnico de la MTYAOPDEF (Pieza 9).

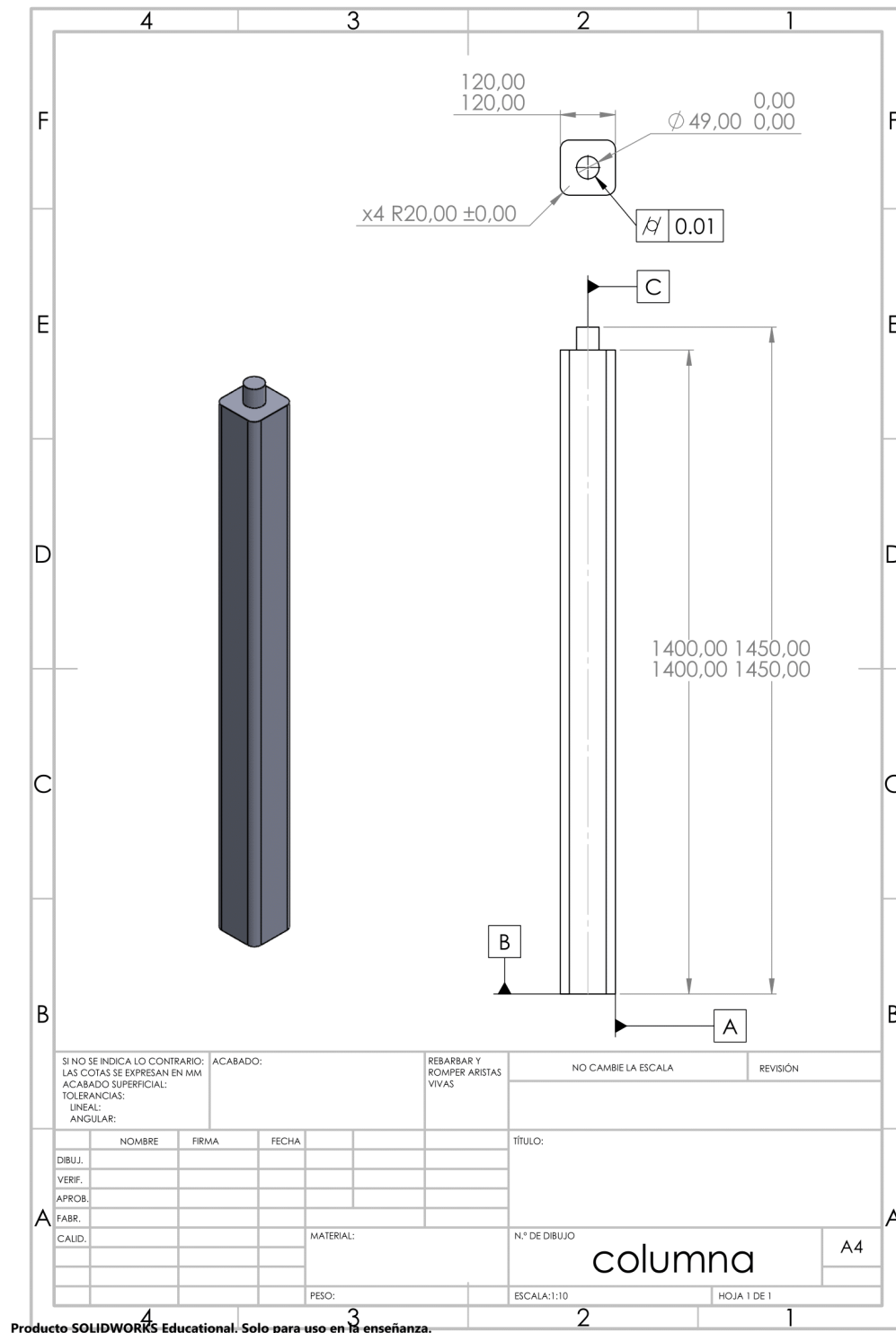
Alex se encarga del dibujo técnico de la MTYAOSDEF (Pieza 8).

David se encarga del dibujo técnico de la MTYAOAJUSTE (Pieza 6) y MTYAOPASJUSTE (Pieza 7).

Elisa se encarga del dibujo técnico de la MTYAOSCRUZ (Pieza 5).

Brianda se encarga del dibujo técnico de la MTYAOEH (Pieza 2).

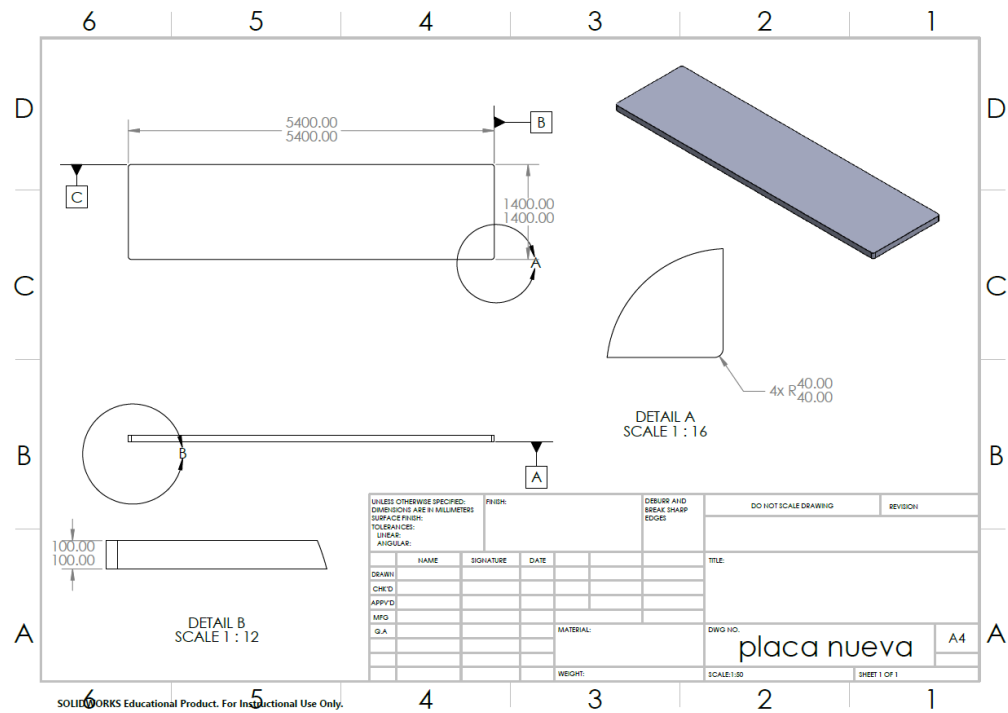
6.2.1.1 DISCUSIÓN DE RESULTADOS JOSE



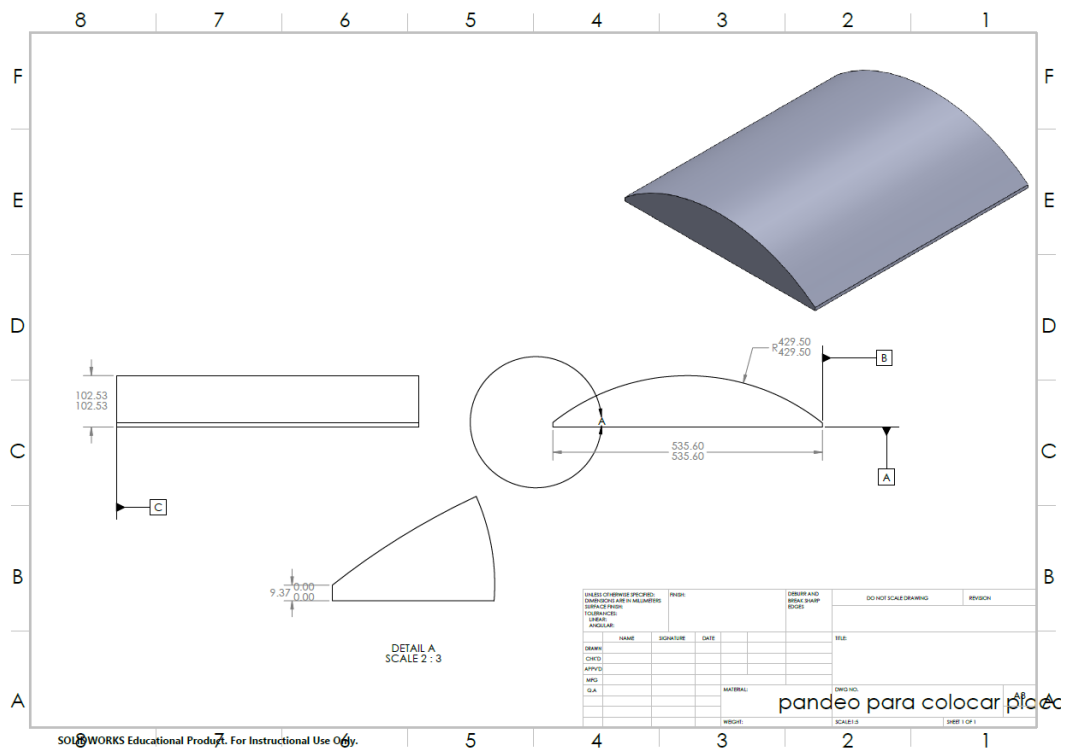
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Dibujo 2: MTYAOCOL (Columna)

6.2.1.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS JACOBO

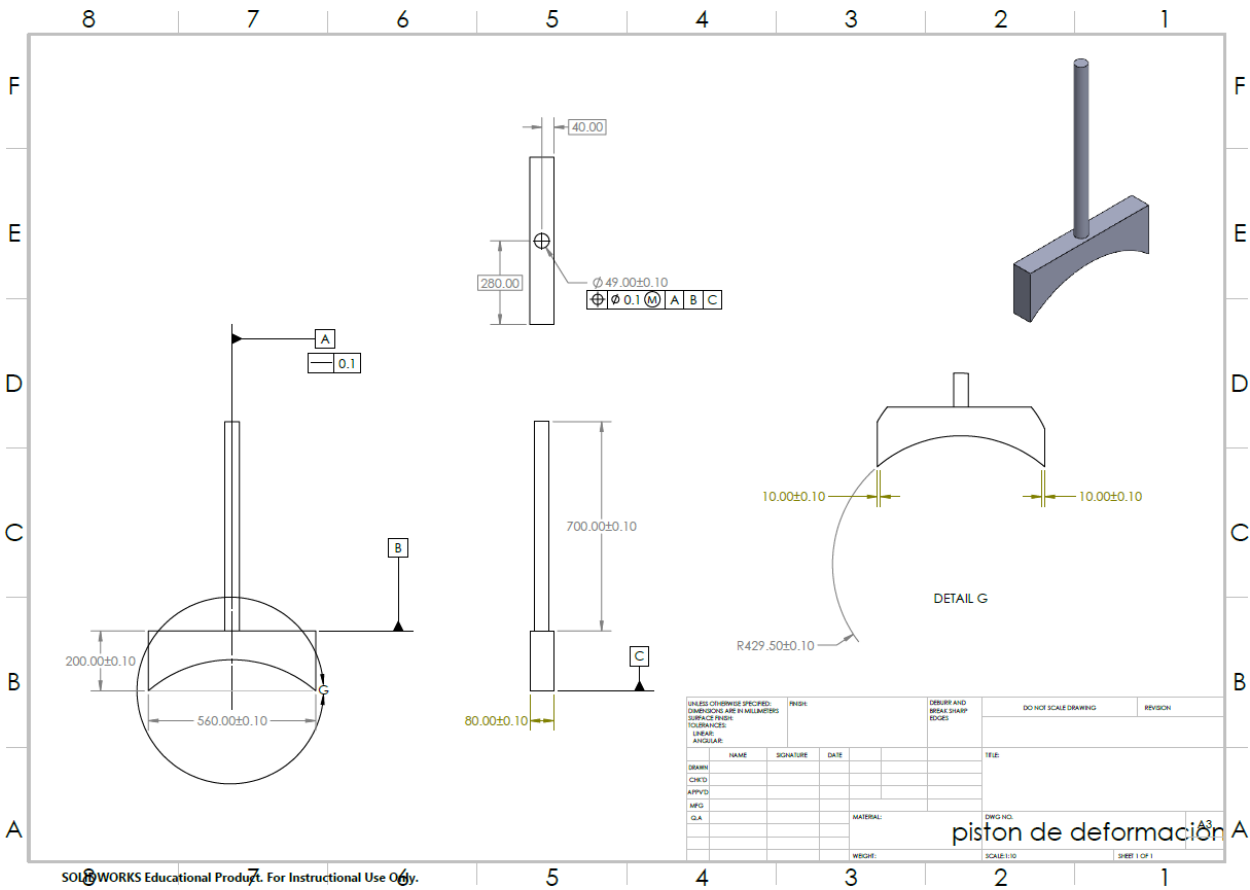


Dibujo 3: MTYAOBASE (Base del Sistema)



Dibujo 4: MTYAOEP (Base pandeada para colocar centro de placa)

6.2.1.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS JUAN

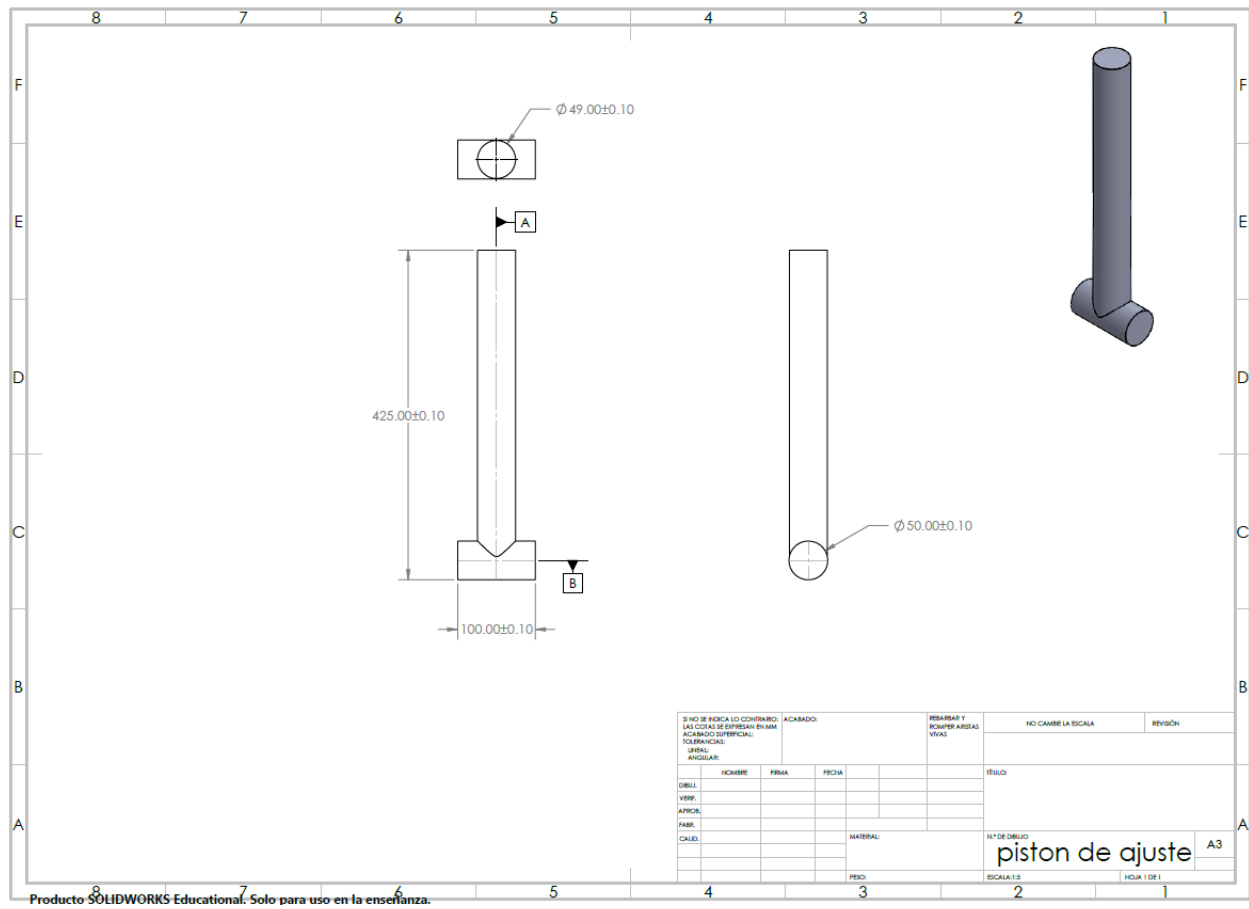


Dibujo 5: MTYAOPDEF (Pistón de Deformación)

[illegible]

53

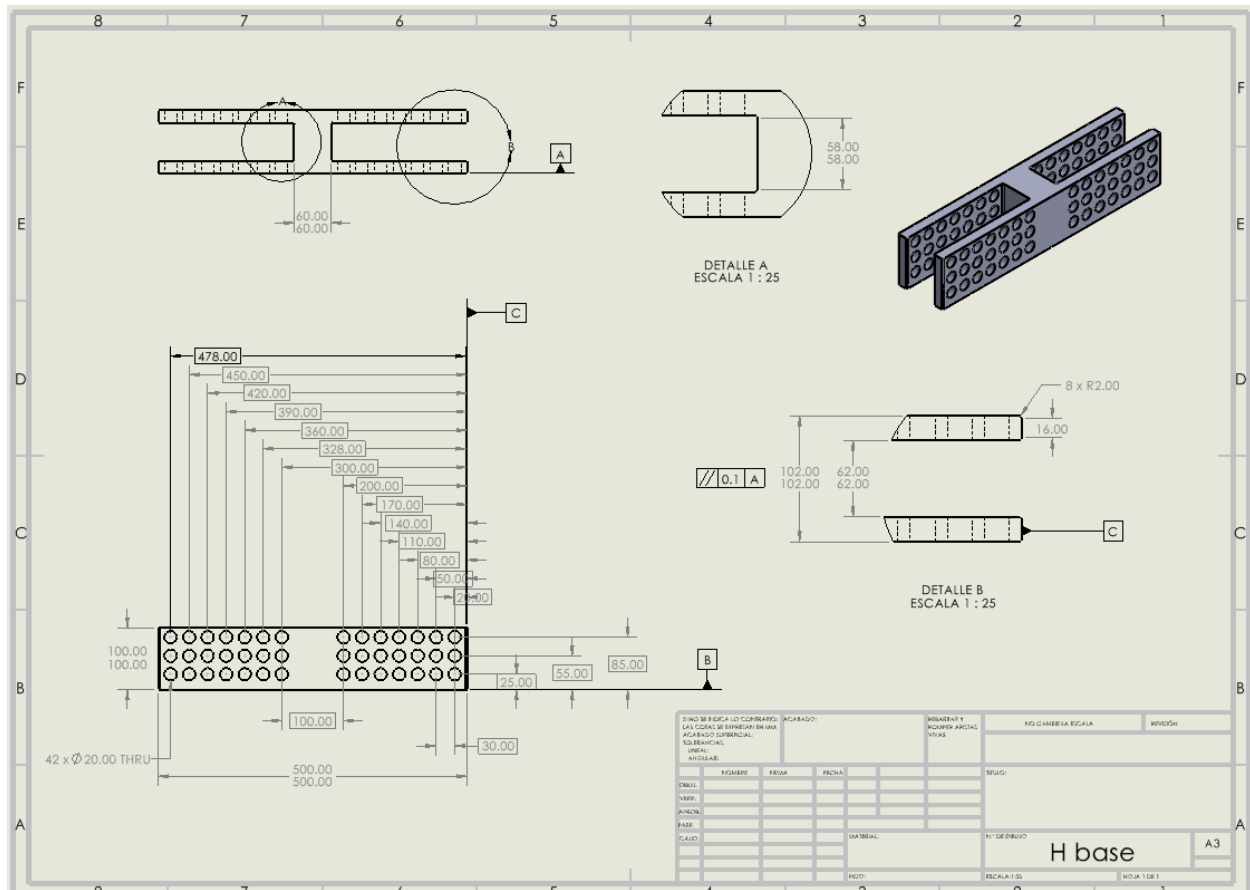
6.2.1.5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS DAVID



Dibujo 7: MTYAOPAJUSTE (Pistón de Ajuste)

56

6.2.1.7 DISCUSIÓN DE RESULTADOS BRIANDA



Dibujo 10: MTYAOSCRUZ (Sistema Cruz)

6.2.2 PROPUESTA DE NUEVO DIAGRAMA DE PROCESO (EQUIPO)

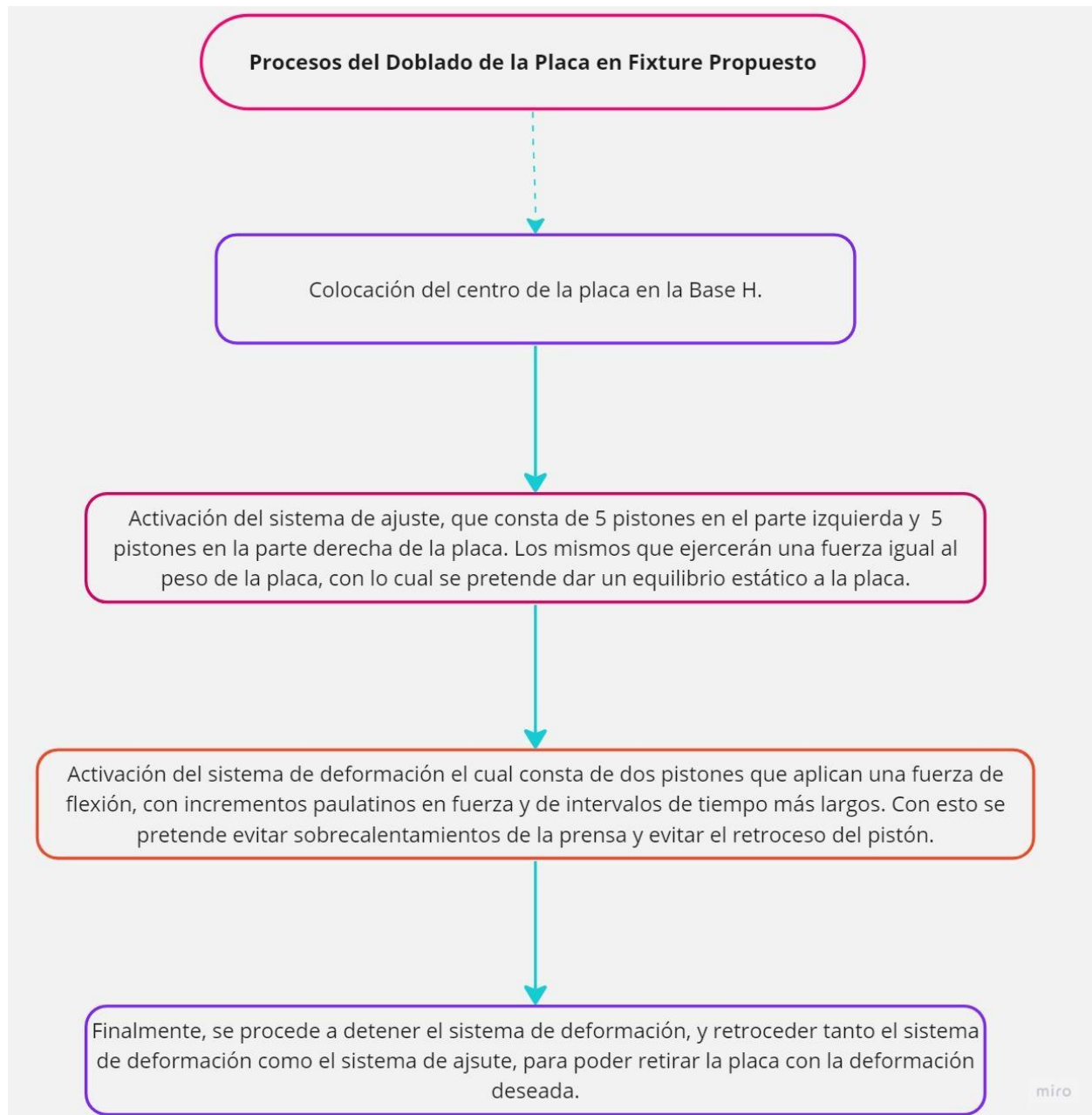


Figura 40: Procesos del Doblado de la Placa en Nuevo Fixture

7. MANUFACTURA DE PROTOTIPO (INDIVIDUAL-EQUIPO)

7.1 MANUFACTURA DE PARTES Y COMPONENTES (INDIVIDUAL)

7.1.1 MANUFACTURA DE PARTES Y COMPONENTES JOSE

La pieza que me tocó definir su fabricación es la columna que soporta el peso del esqueleto que sirve como guía para el sistema de pistones. El esqueleto está hecho también de un acero AISI 7 por lo que no sería tan descabellado escoger el mismo material, pero primero definamos en qué condiciones estará trabajando la columna.

La columna deberá tener una buena resistencia ante la compresión para sostener todo el peso superior de la guía, también deberá ser resistente a la fatiga si por alguna razón los roces entre la guía y los pistones generan una fuerza de compresión extra sobre las columnas, como última característica, las columnas deben ser capaces a trabajar en ambientes corrosivos, ya que estarán rodeadas de máquinas que posiblemente utilicen agua como método de enfriamiento; esta característica evitará que las columnas se desgasten y dejen de hacer su función de soportes de manera eficiente.

El acero AISI 7, es un metal con muy buena resistencia a la fatiga, una alta dureza, es fácil de maquinar lo que nos puede ayudar para crear un ensamble ajustado con la pieza que va por encima de esta, por último, tiene una alta resistencia a la corrosión, pero se podría agregar un recubrimiento para reforzar esta característica.

El proceso de manufactura tentativo para la pieza es la forja con un combinado de maquinado en la última fase. La forja utilizará los hidráulicos para presionar la pieza, lo que compactará la columna y refinará la estructura cristalina del metal, lo que puede mejorar su resistencia mecánica, su tenacidad y resistencia a la fatiga, sin mencionar que el uso de presión puede eliminar impurezas y huecos que puedan debilitar el material. Al final de la forja se puede hacer un templado en la pieza para endurecerla y evitar deformaciones que provoquen un desnivel en los pistones.

El proceso de maquinado nos ayudará a crear el ensamble que lleva en la parte superior de forma precisa y ajustada, respetando las tolerancias y los márgenes para que el ensamble funcione. La pieza se meterá en el torno para crear la forma cilíndrica necesaria en el ensamble.

7.1.2 MANUFACTURA DE PARTES Y COMPONENTES JACOBO

La pieza que se utilizará para colocar la pieza y pandearla estará sometida a grandes esfuerzos y a desgaste por parte de la placa. Por esto, es necesario hacerla de un material resistente al desgaste y deformación. Para esto yo propongo el acero AISI A2 Tool Type. Este material es más duro que el acero 1045. Esto importante ya que el material más duro desgasta al más blando, por lo que ocasionaría que la herramienta dure más tiempo y siga operando con una buena calidad.

Otra propiedad del acero A2 es que es moderadamente maquinable. Tiene una dureza de Rockwell B90 cuando está recocido. Usualmente así te lo venden los proveedores para que tu lo puedas trabajar con facilidad. Después de un tratamiento térmico, este acero puede llegar hasta una dureza de Rockwell C60. (McMaster-Carr, 2023). Por otro lado, la dureza del acero 1045 es de Rockwell C17 sin tratamiento térmico.

Para el proceso de fabricación de esta pieza, se podría considerar hacer solamente la superficie de contacto con la placa del acero A2, ya que sería la zona donde se desgastaría la herramienta. Para todo el resto de la parte, no es necesario hacerla del mismo material, por lo que se puede usar otro metal más barato.

Se puede hacer un vaciado de hierro fundido para generar la pieza. Posterior a eso, se pueden maquinar varios bloques o laminas del acero A2 para darles la curvatura. Estas piezas se pueden insertar sobre la superficie del vaciado de hierro para darle la cubierta resistente. Después de esto se puede volver a maquinar cualquier medida o defecto que tenga la pieza para que esté de acuerdo con las tolerancias especificadas. Finalmente, se le puede aplicar un tratamiento térmico para endurecer la superficie de A2 y que se vuelva más resistente la pieza.

7.1.3 MANUFACTURA DE PARTES Y COMPONENTES JUAN

Para la manufactura del pistón de deformación (Dibujo 5), propongo la selección del material: acero HSS (alta resistencia), el cual es el adecuado para el pistón en función, por sus propiedades de resistencia a la tracción, dureza y tenacidad, lo cual permitirán al pistón absorber energía sin fracturarse y soportar cargas de entre 690 a 1 500 MPa (Coroimport SAC, 2020), con ello garantizamos una larga vida útil de la pieza.

Como siguiente paso, se procede a la forja en caliente, la cual ayude a tener una forma aproximada a la que se desea. Para luego con el proceso de maquinado, en la cual buscamos dar la forma exacta requerida, sobre todo en la parte de la curvatura para que la maximice la superficie de contacto con la placa.

Como tercer paso, con el objetivo de mejorar las propiedades mecánicas de este acero y revertir los esfuerzos producidos por en el proceso de maquinado, se propone que el pistón pase por un tratamiento térmico de revenido que, con calentamiento de una temperatura moderada y un enfriamiento lento, permite que la pieza reducir sus tensiones internas y mejorar tanto su tenacidad como su resistencia a la fractura.

El cuarto paso, consta del recubrimiento por recubrimiento por pulverización térmica, donde se usa un dispositivo que aporta materiales como carburo de tungsteno, carburo de cromo y cerámicas; que otorgan al acero una resistencia al desgaste y a la corrosión que pueda tener por algún tipo de exposición a líquidos (refrigerantes) o ambientes altamente corrosivos.

Finalmente, se procede a realizar la inspección de calidad de la pieza y a su respectivo ensamble por ajuste de interferencia de manera concéntrica, en adicción a un controlado de proceso de soldadura TIG a la placa del sistema de deformación.

7.1.4 MANUFACTURA DE PARTES Y COMPONENTES ALEX

Para el sistema de deformación usaremos el mismo acero AISI A7, tiene alta templabilidad, buena resistencia al desgaste y fatiga, alta estabilidad dimensional durante el tratamiento térmico y buena tenacidad. Es adecuado para aplicaciones que requieren formado en frío, matrices de corte y doblado, herramientas de marcado, y piezas de precisión.

En el sistema de deformación MTYAOSDEF, se ve que tiene muy pocos hoyos a comparación de las otras piezas. El material nos sirve para su gran resistencia a la fatiga, que aguantara muchos esfuerzos viniendo de los pistones y las columnas, por eso se necesita un material como este que soporte todas las cargas.

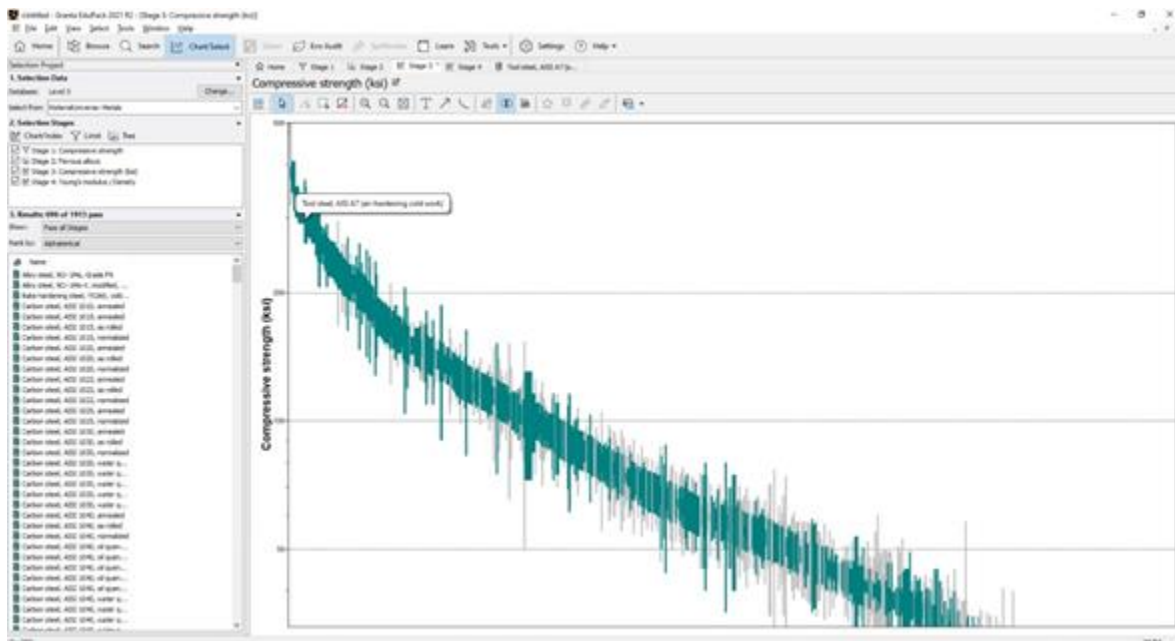
Para la manufactura de la pieza se le hará un vaciado porque el vaciado, ya que le dará una alta resistencia; tendrá alta resistencia a la tracción y a la fatiga. Le da buena tenacidad; soportaran impactos y cargas de choque sin romperse. Le da buena ductilidad; se podrá deformar sin romperse, y la pieza es como una columna dorsal, tiene que ser fuerte para mantenerlo todo junto. También tiene una alta precisión dimensional; que se pueden hacer piezas complejas, y más factible para el maquinado. El vaciado sería el mejor de los procesos para manufacturarlo antes del maquinado.

El vaciado y el maquinado son los procesos de manufactura para la pieza, el hacer AISI A7 seleccionado es el indicado para el objetivo que tiene la pieza que absorbe impactos de los pistones que le harán a la placa.

7.1 .5 MANUFACTURA DE PARTES Y COMPONENTES DAVID

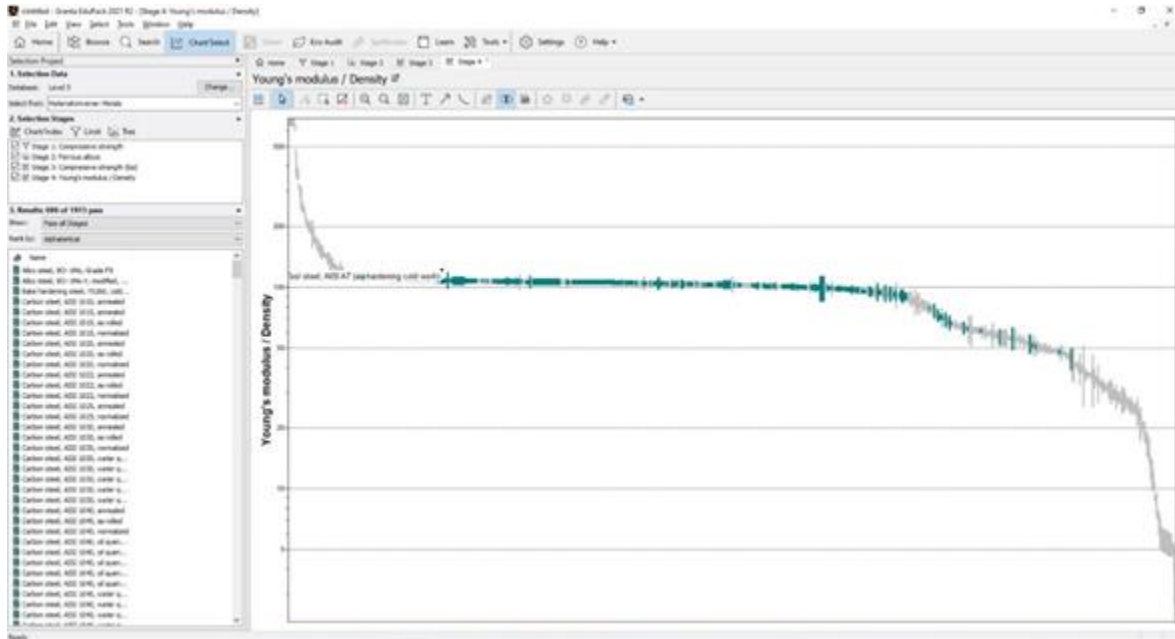
El pistón de ajuste y sistema de ajuste son las piezas de las que me encargue hacer los planos, y ahora les designare un material y el proceso de manufactura de cada una. Comenzando con el pistón, el principal propósito de este es generar un contrapeso para mantener en equilibrio la placa, está claro que debe de resistir la fuerza de compresión a la cual estará sometida para lograr el doblez de la placa, por ende, tiene que ser un material más resistente que el de esta última. A su vez debería ser ligero, ya que estará montado en una estructura por encima de la placa. Por otra parte, el sistema de ajuste podría contar con características similares, la propiedad más importante de este es que no sea tan pesado ya que estará montado encima de la cruz de la estructura.

En Edupack busque el material requerido para cumplir con la tarea de las piezas, en primer lugar, calcule el contrapeso(contrafuerza) y el esfuerzo aproximado(35ksi) que deberían de resistir los pistones de ajuste y esta seria nuestra primera restricción para seleccionar el material, lo siguiente en tomar en cuenta es que estaría directamente en contacto con la placa, la cual es de acero 1048, por lo que pensé que lo mejor era buscar otro acero, pero con mayor resistencia de compresión. Genere una gráfica con las siguientes condiciones, un esfuerzo mínimo que deben de soportar y todos los materiales ferrosos, esta se muestra en la gráfica 5.



Gráfica 5: Gráfica de compresión

Por último, opte por un material que fuera ligero y que no se deformara con facilidad, es por eso que realice una gráfica, la cual se muestra en la gráfica 6, donde se relacionan el módulo de Young y la densidad de los materiales, para optimizar el peso y la elasticidad del material deseado.



Gráfica 6: Módulo de Young/ Densidad

El programa me arrojó una infinidad de materiales, de todos seleccione el acero AISI A7, dado que es un material con dureza alta, es relativamente ligero, de alta rigidez y resiste el esfuerzo de compresión que se le aplicaría a los pistones, es una buena elección. Además, se le puede dar un tratamiento térmico para aumentar su resistencia y dureza, también tiene una muy buena resistencia al desgaste y es fácil de maquinar. En las figuras 41 y 42 se muestra el datasheet de dicho acero. Las dos piezas, el pistón y sistema de ajuste serán de este material.

Mientras que, para el sistema de ajuste, el cual es mostrado en la figura 44, se podría realizar mediante maquinado, ya que el material lo facilita, prácticamente es una barra rectangular con redondeo en sus esquinas. Se realizarán perforaciones para formar los orificios donde abonarán los pistones (figura 43), esta acción podría hacerse con una punzadora sin problema alguno.

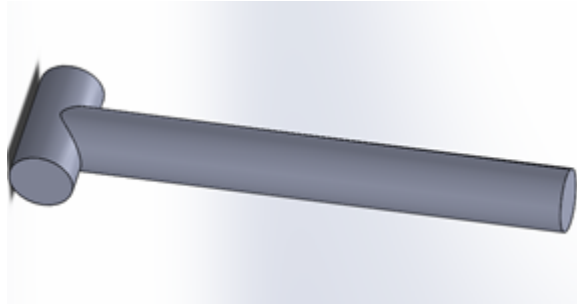


Figura 43: Pistón de ajuste



Figura 44: Sistema de ajuste

7.1 .6 MANUFACTURA DE PARTES Y COMPONENTES ELISA

Para la elaboración y manufactura de la pieza MTYAOSCRUZ, propongo utilizar el Aluminio 7075-T6, una aleación de aluminio con magnesio, cobre y zinc principalmente. La elección de este material se debe a que esta pieza sirve como guía y para mantener las demás piezas en su lugar, por lo que no recibe fuerzas o cargas de impacto durante el proceso de deformación de la placa. Sin embargo, este sigue siendo un material con buena dureza, durabilidad, ductilidad y con alta resistencia a la corrosión y al desgaste, lo cual es muy importante ya que durante su uso los pistones suben y bajan a través de esta pieza. De igual forma, esta aleación cuenta con excelente maquinabilidad, estabilidad y uniformidad, además de que requiere una menor cantidad calor y energía para ser moldeado, lo que lo hace una muy buena opción.

Se propone utilizar aluminio en lugar de acero ya que cuenta con buenas propiedades mecánicas al igual que el acero, pero es mucho más ligero, en este caso, un 60 %, lo cual es conveniente tanto para que el fixture completo no sea tan pesado, así como económicamente, pues tiene un menor precio a comparación de otros materiales como el acero y una “muy alta relación resistencia a peso, más alta que cualquier metal” (Winco, 2023).

El "T6" del aluminio 7570-T6 se refiere a un tratamiento térmico específico al que se somete esta aleación para mejorar sus propiedades mecánicas. Este tratamiento implica el envejecimiento por precipitación de la aleación a una temperatura elevada y luego el enfriamiento rápido. Por esta razón, se obtiene una mayor resistencia y dureza del material, al permitir que los elementos de aleación se precipiten y formen estructuras ordenadas dentro de la matriz de aluminio, logrando así un equilibrio óptimo entre la resistencia y la tenacidad del material.

El proceso de manufactura que se propone para realizar esta pieza (CRUZ) con el aluminio 7076-T6 es el de forjado en caliente como primer proceso y maquinado CNC posteriormente. Para realizar el forjado en caliente, se someterá el aluminio a una temperatura alta y se aplicaría una fuerza extrema con un molde de la forma deseada, obteniendo la forma inicial de la pieza. Sin embargo, ya que el forjado puede llegar a generar deformaciones en el material, será necesario aplicar un maquinado, cortando y perforando el material para obtener la forma y tolerancias precisas, así como un acabado superficial uniforme.

7.1 .7 MANUFACTURA DE PARTES Y COMPONENTES BRIANDA

Para una base que deba soportar mucho peso y deformación, se recomienda utilizar un acero de alta resistencia, como el acero estructural ASTM A992 o el acero de alta resistencia ASTM A514.

Estos materiales tienen una alta resistencia mecánica y son capaces de soportar cargas pesadas sin sufrir deformaciones excesivas. Además, son materiales resistentes a la fatiga y a la corrosión, lo que los hace ideales para aplicaciones en las que se requiere una larga vida útil.

El acero estructural ASTM A992 es un acero de alta resistencia y baja aleación que se utiliza comúnmente en la construcción de estructuras, como vigas y columnas. Es resistente a la corrosión y tiene buena soldabilidad.

Si se necesita hacer orificios y soldar posteriormente, el acero estructural ASTM A992 puede ser más adecuado debido a su buena soldabilidad y resistencia a la corrosión. Además, si la aplicación requiere soportar mucho peso y posibles deformaciones, este acero puede ser una buena opción debido a su alta resistencia.

En cuanto a los orificios en la base se recomienda la perforación con punzonadora, debido a que, es un proceso rápido y preciso, y es recomendable para hacer orificios de diferentes formas y tamaños. Además, la perforación con punzonadora puede realizarse con una gran velocidad y, por lo tanto, es una buena opción si necesitas producir una gran cantidad de orificios.

La perforación con punzonadora es un proceso que implica deformar el material de la pieza de trabajo. Aunque este proceso no involucra calor, la deformación plástica puede generar esfuerzos internos en la pieza de trabajo que pueden afectar la calidad de la soldadura.

Para minimizar estos efectos, es importante asegurarse de que la pieza de trabajo esté correctamente sujeta y alineada durante la perforación con punzonadora. También es importante seleccionar la herramienta punzonadora adecuada y ajustar la velocidad y la fuerza del proceso para minimizar los esfuerzos internos en la pieza.

Para soldar un material de acero estructural ASTM A992 después de hacer muchas perforaciones con corte con punzonadora, se recomienda utilizar el proceso de soldadura de arco

eléctrico con electrodo revestido (SMAW, por sus siglas en inglés), también conocido como soldadura manual con electrodo revestido.

La soldadura SMAW utiliza un electrodo recubierto que se funde y se deposita en la junta de soldadura para unir las piezas de metal. Este proceso produce una soldadura fuerte y duradera que puede soportar altas cargas y tensiones.

7.2 ENSAMBLE DEL FIXTURE (EN EQUIPO)

La primera parte de ensamble constaría de las partes: MTYAOBASE (Pieza 1); MTYAOEP (Pieza 3); MTYAOEH (Pieza 2); y MTYAOCOL (Pieza 4), la cual consta de 6 piezas idénticas. Todas estas uniones se realizarán por el método de Soldadura TIG, con el fin de controlar las propiedades de los aceros inoxidable que anteriormente se seleccionaron.

Posteriormente el sistema MTYAOSCRUZ (Pieza 5), será ensamblado y empotrado con las 6 columnas (Pieza 4), logrando un mejor equilibrio en el momento en que los pistones bajan por el sistema cruz, y comienza la aplicación de la fuerza hidráulica ejercida en los pistones de ajuste y deformación sobre placa.

En tercer lugar, tanto los 2 pistones de deformación MTYAOPDEF (Pieza 9), como los 10 pistones de ajuste MTYAOPASJUSTE (Pieza 7), se insertarán a través de los agujeros del sistema cruz (Pieza 5) y serán correspondientemente soldados a sus sistemas, los de ajuste al MTYAOSAJUSTE (Pieza 6) y los pistones de deformación MTYAOSDEF (Pieza 8).

Por último, toda la prensa hidráulica pasará por un tratamiento de pulverización por carburo de tungsteno y carburo de cromo y cerámicas, los cuales otorgarán propiedades anticorrosivas y de resistencia al desgaste por ciclos de operación de la prensa.

7.3 FABRICACION DE PROTOTIPO DEMOSTRATIVO (EN EQUIPO)

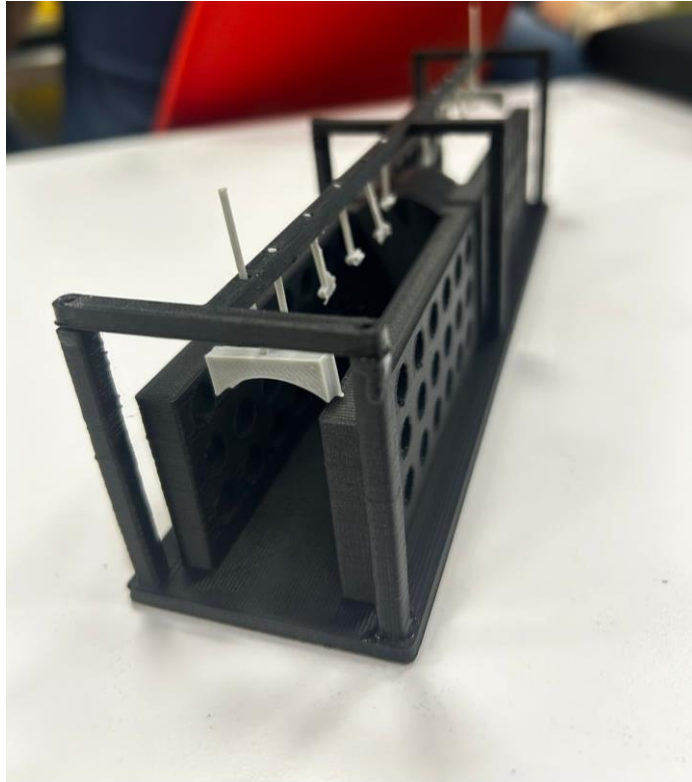


Ilustración 4: Vista frontal

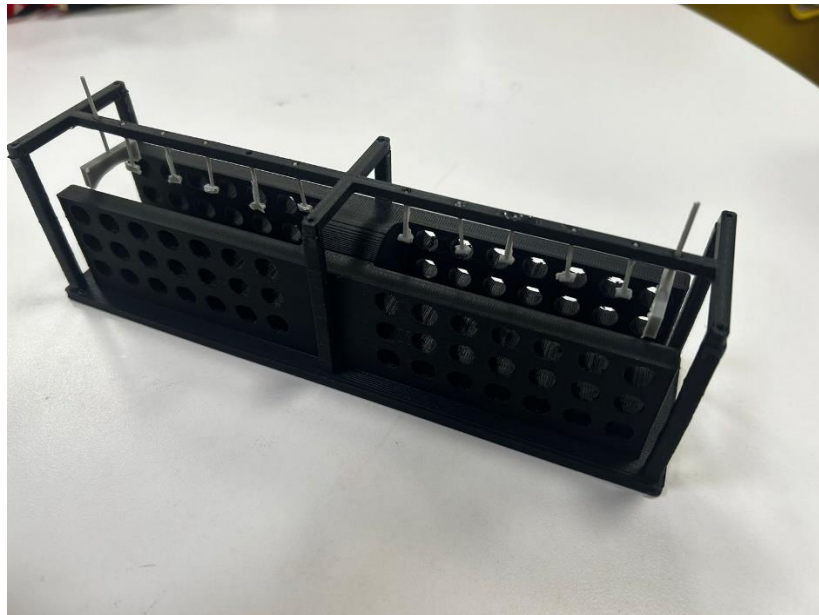


Ilustración 5: Vista Lateral

8. CONCLUSIONES (EN EQUIPO)

En conclusión, a través de los contenidos compartido en clase y el trabajo colaborativo del equipo se da una propuesta a la problemática planteada por la empresa John Deere, que constaba de la formación de una geometría de semi-omega que se formaba en el proceso de pandeo de una placa de acero 1045, y también fue denotada la aparición de fracturas que se generaban en la zona de la soldadura después de cierto uso.

Ambos problemas que en un principio parecían separados, a lo largo de la resolución del reto, surgió una hipótesis colectiva que, si se solucionaba el problema de la omega, se podría llegar a solucionar lo de la fractura. Es por ello, que en este documento se presenta la propuesta de un nuevo fixture (prensa hidráulica), que aplica una deformación por flexión y en el cual se remplace el sistema de clamps por un sistema de equilibrio estático por hidráulica de pistones a ambos lados de la placa.

Por medio de gráficas de análisis de tensión estática, mapas de concentración de esfuerzos en la placa, acompañado de un marco y cálculos teóricos, logramos realizar simulaciones en el software SolidWorks. para averiguar donde se concentraban los esfuerzos y darnos una mejor idea del comportamiento de la placa en ambos procesos. Dándonos como resultado, datos que nos afirmaban que los clamps estaban ocasionando esfuerzos residuales en la placa, justo donde ocurría la fractura, lo cual difirió del mapa de esfuerzos y gráficas de análisis estático por tensión, la cual garantizaba un mejor control de esfuerzos, lo cual se traduce a un proceso más controlado y también afirma una mejor proyección de vida útil de la placa con este nuevo proceso.

Posteriormente, se presentaron tanto las discusiones de propuestas de diseño, selección de materiales y procesos de manufactura, que garanticen el normal funcionamiento de la propuesta del fixture y también que protejan a la prensa de factores como fatiga por aplicación de cargas, pérdida de propiedades de un material por cierto tipo de soldaduras, resistencia a la corrosión, entre otros.

Por último, como equipo estamos conscientes de los altos costos de manufactura que tiene reemplazar un nuevo fixture, el tiempo de pruebas que el mismo tiene antes de ponerse en operación y por último el tiempo de capacitación que debería de tomarse en cuenta para que lo operadores estén familiarizados con el nuevo proceso. Sin embargo, damos a consideración nuestra propuesta con base a los mapas de esfuerzos en la placa por medio de una deformación por flexión,

la cual, en simulaciones computarizadas, dan una mejor esperanza de vida útil de la pieza que la del proceso de manufactura actual. Con todo lo anterior, y con el fin de atender a una solución de lograr una forma cóncava en la placa sin retrabajos, y también garantizar que la placa no tenga la tendencia a agrietarse en ciertas partes, consideramos viable nuestra propuesta a largo plazo, y que evitaría la devolución de las placas de sus clientes y que la empresa deba responder a estos inconvenientes como parte de sus políticas de garantía de su maquinaria.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (EN EQUIPO)

Aceros Industriales. (2023). Aluminio Aleación 7075 – T6. Aceros Industriales EPC.

<http://www.acerosepc.com/aluminio-aleacion-7075-t6/>

Bejlegaard, M., ElMaraghy, W., Brunoe, T. D., Andersen, A.-L., & Nielsen, K. (2018). Methodology for reconfigurable fixture architecture design. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 23, 172–186. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2018.05.001>

CESEHSA. (2022). *Clamps*. Sujeción. <https://www.clamps.com.mx/>

Collado. Rolado | Proceso de Fabricación | Grupo Collado S.A de C.V. Sitio Oficial. (2023). Collado.com.mx.

<https://www.collado.com.mx/Views/Procesos/Fabricacion/Rolado#:~:text=El%20rolado%20es%20un%20proceso,acero%20de%20una%20forma%20espec%C3%ADfica.>

Coroimport SAC. (2020). Acero HSS. Coroimport.com. <https://coroimport.com/publicacion.php?id=63>

Crea, A. (2020, January 30). ¿Qué es el rolado en frío? - Láminas. Láminas.

<https://laminas.com.mx/blog/que-es-el-rolado-en-frio/#:~:text=El%20laminado%20o%20rolado%20en,caliente%20pero%20con%20procesos%20adicionales.>

Educalingo. CLAMP - Definición y sinónimos de clamp en el diccionario inglés. (2019).

Educalingo.com. <https://educalingo.com/es/dic-en/clamp>

J.W. Winco, Inc. (2023). Ventajas y desventajas del aluminio. <https://www.jwwinco.com/es-mx/technical/engineering-tips/pros-and-cons-of-aluminum>

Las grietas en la soldadura, ¿Por qué se presentan? (2020, May). Doctorwelding.

<https://doctorwelding.com/las-grietas-en-soldadura-por-que-se-presentan/>

McMaster-Carr. (2023). *Tool Steel*. <https://www.mcmaster.com/products/tool-steel/>

Sadepsa. (2022, June 20). *Tipos de fixtures en la Industria Manufacturera*.

<https://es.linkedin.com/pulse/tipos-de-fixtures-en-la-industria-manufacturera-qualitysadepsa>

Serviacero. (n.d.). Hoja Técnica. https://portal.serviacero.com/assets/webfiles/3/files/79_aluminio-7075.pdf

SolidWorks, (2014). Criterio de máxima tensión de von Mises.

https://help.solidworks.com/2023/spanish/SolidWorks/cworks/r_Maximum_von_Mises_Stress_Criterion.htm?verRedirect=1

Trabajo mecánico - Concepto, características, fórmula y ejemplos. (2013). Concepto.

<https://concepto.de/trabajo-mecanico/>

Universidad de Guanajuato. (2022, February 23). Clase digital 7. Esfuerzos normales, deformación unitaria, ley de Hooke - Recursos Educativos Abiertos. Recursos Educativos Abiertos.

<https://blogs.ugto.mx/rea/clase-digital-7-esfuerzos-normales-deformacion-unitaria-ley-de-hooke/>

Yamanzen México. Esfuerzo residual y su correcta medición en México. (2022). Yamazen.com.mx;

<https://www.yamazen.com.mx/blog/metrology-gdt-and-lab-test/esfuerzo-residual-y-su-correcta-medicion-en-mexico.html>