

Diseño de mecanismo para cabezal de corte de sistema de grabado de placas para decoración de pantalones de mezclilla



Colaboración

Alfredo Carrasco Aráoz; Luis Manuel García Martínez; Jorge Rivera Flores, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán

Fecha de recepción: 16 de noviembre de 2022

Fecha de aceptación: 18 de diciembre de 2022

RESUMEN: El presente trabajo expone los resultados en el diseño del mecanismo que formará parte del cabezal de corte este tendrá la capacidad de poder realizar un movimiento basculante para poder generar cortes diagonales, el análisis de esfuerzos y deformaciones efectuados a las barras que sostendrán al cabezal de corte. El diseño del mecanismo se desarrolló utilizando la metodología de Karl T. Ulrich, el estudio se realizó mediante un análisis estático imitando la condición crítica del sistema que ocurre cuando el cortador encuentra sobre el punto medio de su recorrido ese momento, que las barras se encuentran realizando su mayor esfuerzo. El diseño y análisis se desarrolló con una herramienta CAD. Tras tres iteraciones de diseño se logra un mecanismo adecuado resolver la problemática planteada, con el uso de la impresión 3D se construyen las piezas que forman parte del cabezal de corte y se ensambla el prototipo. Los resultados tanto del análisis de esfuerzos como los obtenidos con el modelo físico permiten emitir un juicio en cuanto la viabilidad tanto técnica como tecnológica del proyecto del que forma parte el sistema diseñado.

PALABRAS CLAVE: Análisis de esfuerzos, Diseño mecánico, Deflexión, Impresión 3D, Robot cartesiano.

ABSTRACT: The present work exposes the results in the design of the mechanism that will be part of the cutting head, this will have the capacity to perform a tilting movement to be able to generate diagonal cuts and the analysis of efforts and deformations made to the bars that will support the cutting head. The design of the mechanism was developed using the methodology of Karl T. Ulrich, the study was carried out by means of a static analysis imitating the critical condition of the system that occurs when the cutter finds that moment on the midpoint of its travel, that the bars meet doing your best. The design and analysis was developed with a CAD tool. After three design iterations, an adequate mechanism is achieved to solve the problem raised, with the use of 3D printing, the pieces that are part of the cutting head are built and the prototype is assembled. The results of both the stress analysis and those obtained with the physical model allow a judgment to be made as to the technical and technological feasibility of the project of which the designed system is a part.

KEYWORDS: Stress analysis, Mechanical design, Deflection, 3D printing, cartesian robot.

INTRODUCCIÓN

La industria maquiladora textil, en particular la del ramo de la confección, predomina en la región de Teziutlán, Pue., dedicándose de forma particular a la confección de prendas fabricadas con mezclilla. Considerando las condiciones actuales, donde los fabricantes exigen mejorar continuamente los estándares de calidad, este sector requiere que los procesos se mejoren, incrementando así su productividad.

Para promover el avance de esta industria, es necesario incrementar la tecnología de los procesos productivos, sin embargo, la actualización de equipo y maquinaria resulta inviable para la mayoría de empresas por los altos costos de adquisición.

Con el desarrollo de tecnología propia los centros maquiladores podrán reducir los costos de automatizar sus actividades esto aunado a que al ser la maquinaria realizada en la región las eventuales reparaciones se realizarán con insumos de rápido acceso.

El objetivo del presente trabajo es el desarrollo de un prototipo capaz de solucionar la problemática observada en la empresa Confecciones Textiles de Teziutlán S.A. de C.V. (CONFETEX).

La problemática planteada se detectó tras una estadía en el área de lijado de pantalones, en particular en el taller que se encarga de la elaboración de las placas con las que se realiza la decoración de estas prendas. Este proceso se efectúa de forma manual, posicionando un elemento con la figura a marcar sobre la prenda, luego, mediante un proceso de lijado se desgasta la prenda de forma que se trasfiere el diseño a la tela, mediante un degradado de color, que va del tono azul característico de la prenda hasta el color blanco.

El proceso de lijado se realiza de forma rápida, por lo que las placas que realizan el grabado deben ser lo más exactas posible. Durante la estancia se observó que, para realizar un juego de dos placas, izquierda y derecha, un operario invierte en promedio ocho horas de trabajo, aunado a esto, se debe mencionar que algunos modelos requieren dos pares distintos de placas, pues llevan decoraciones en la parte superior frontal y en la parte posterior a la altura de las rodillas. El tiempo de proceso por prenda puede tomar hasta 16 horas de trabajo continuo.

Para dar solución a la problemática, se ha pensado en el diseño de un robot cartesiano de tres ejes y con cuatro grados de libertad, con el cual el tallado de las placas se realice de forma eficaz en el menor tiempo posible. Así en este trabajo, se presenta el proceso de diseño del cabezal de corte necesario para la conformación de las placas utilizadas para el lijado de la prenda, este elemento tendrá la particularidad de poder realizar cortes en el material con una inclinación de 15 grados, por lo que, debido a las características de la herramienta de corte, el cabezal deberá realizar un movimiento basculante con este mismo ángulo, tanto hacia el frente como hacia atrás. De ahí, que, para validar este mecanismo, se realizó un análisis de esfuerzos y deformaciones de las barras donde se desplazará este dispositivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

La empresa CONFETEX se dedica a la confección de prendas de mezclilla con calidad de exportación. Den-

tro de las actividades que se realizan durante el proceso de fabricación de los pantalones de mezclilla, se encuentra el área de procesos en seco (dry process) en donde se encuentra el área de lijado de pantalón, para lo cual es necesario realizar moldes también llamados placas, que son utilizadas para el marcaje de decoración, o bien "bigotes" dentro del argot, estos son grabados tanto en el frente como en la parte posterior de la referida prenda.

Para realizar los moldes se utiliza placa de acrílico de 6 mm de espesor en cuya superficie se adhiere un material llamado tesamol, que es una espuma sintética que permite que los operarios la molden mediante empleo de lija. La referida placa se realiza a partir de una muestra que se emplea como estándar, generalmente es una prenda, aunque en ocasiones es una imagen de la prenda a realizarse, por lo tanto, el dispositivo planteado, tiene que realizar los cortes por medio de un disco abrasivo ya que por las características del material de base el huso de una herramienta con filo no es apropiada, razón por la cual el mecanismo deba moverse con un movimiento basculante.

El robot que se toma como base para el diseño del equipo de grabado de placa es del tipo cartesiano, que como característica principal tiene tres ejes ortogonales, y además un cuarto movimiento (Figura 1) que le permita realizar los cortes en el material descrito.

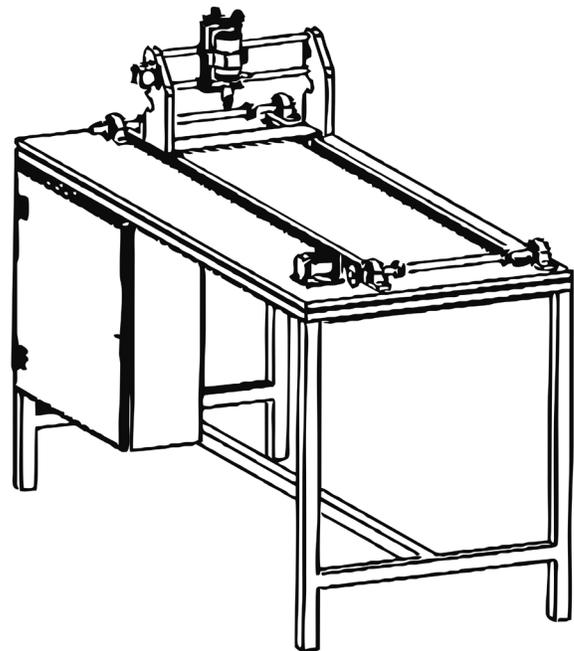


Figura 1. Propuesta inicial del robot cartesiano de tres ejes. Fuente Propia 2022.

En la Figura 1 se muestra la propuesta primigenia del dispositivo grabador de placas, mismo que sirve de punto de partida para el desarrollo del cabezal de corte de este trabajo.

Para el diseño de mecanismo se utilizará la Metodología de diseño del autor Karl T. Ulrich [1], la que consiste en cinco fases las que se muestran en la Figura 2.

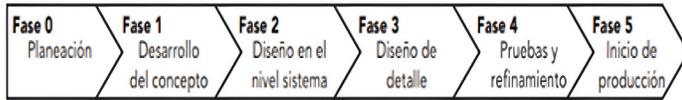


Figura 2. Proceso de diseño autor Karl T. Ulrich, "Diseño de desarrollo de Productos"(Ulrich, 2013).

Diseño del cabezal de corte

Un mecanismo basculante, es un dispositivo que convierte el movimiento de balanceo o rotación en movimiento alternativo, así como en orden inverso. Estos dispositivos giran provocando un par traslacional a partir de un control deslizante, que es otro eslabón giratorio en la estructura, provocando así el efecto de balanceo.

El diseño del cabezal parte de la idea básica de la Figura 3, la cual muestra un mecanismo de partida mismo que solo tiene montado el movimiento ascendente y descendente.

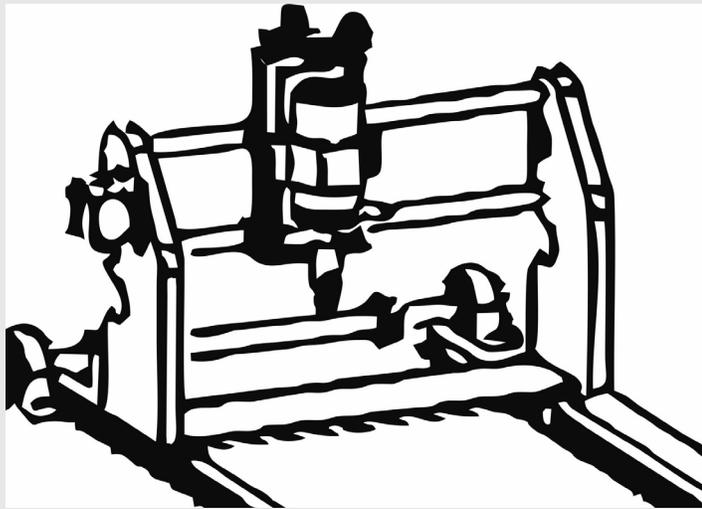


Figura 3. Propuesta inicial del robot cartesiano de tres ejes. Fuente propia 2022.

Considerando que el dispositivo debe bascular un ángulo de 15 grados al frente y hacia atrás se realiza una primera iteración de diseño, la cual se muestra en la Figura 4. Donde es posible observar que el movimiento angular se consigue mediante el uso de una corona y un tornillo sinfín impulsados por un motor a pasos, con la finalidad de poder controlar el ángulo de inclinación.

Las desventajas que presenta esta propuesta son principalmente, la compleja fabricación de los elementos que proporcionan el movimiento basculante y por otro lado, la condición de holgura entre partes inherentes al tipo de mecanismo, que en consecuencia, provocarían que las piezas no quedarán ajustadas, o que los movimientos se realicen con poca precisión.

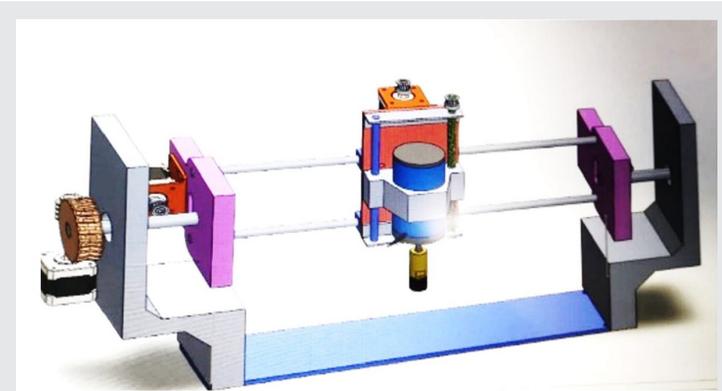


Figura 4. Primera iteración de diseño del cabezal de corte. Fuente Propia 2022.

La segunda iteración de diseño pretende lograr el movimiento, mediante un tren de engranajes, sin embargo, al igual que en la iteración anterior la holgura entre el acoplamiento, provocan fallas en los movimientos deseados. En esta propuesta, el error se incrementa debido a que los movimientos y la potencia, que proviene de un motor a pasos, se transmite por engranes en serie. La Figura 5 muestra el modelo en CAD de esta propuesta.

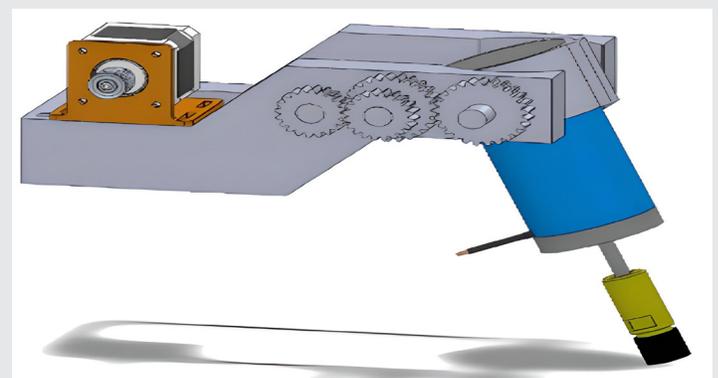


Figura 5. Segunda iteración de diseño en el movimiento se transmite por un tren de engranes. Fuente propia 2022.

Luego del proceso de decisión - selección, se buscó un mecanismo donde la transmisión fuera más simple, decantándose por el uso de un tornillo de rosca cuadrada de cuatro entradas, este tipo de tornillos están diseñados para la transición de movimiento. Para eliminar el deslizamiento, se utiliza un tipo especial de tuerca. En la Figura 6 se muestra el diseño final del tornillo, este se encuentra unido directamente al motor a pasos que lo impulsará, consiguiendo con facilidad la apertura de 30 grados de arco necesaria para realizar el grabado de las placas.

La Figura 7 muestra el montaje del cabezal de corte montado sobre la estructura que se desplazará sobre los ejes, en ella se aprecia que se montará sobre guías de sección transversal circular. Las barras se proponen de diámetro de 8 mm, construidas con acero AISI 1045.

Las propiedades mecánicas del material utilizado para la elaboración de los ejes se exponen en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades del Material.

Tipo de acero	ASI 1045 Acero
Limite elástico	53.3Mpa
Resistencia a la Tracción	62.5Mpa
Módulo de Elasticidad	205Mpa
Coefficiente de Posición	029

Fuente propia 2022.

Los valores de la deformación se determinarán a través un análisis estático para una barra de 40mm de longitud y una sección transversal de 8 mm. Para el análisis se realizará a través de una herramienta de simulación CAD.

Dentro del análisis estático se encuentra el estudio considerando el coeficiente de Von Mises y el de deformaciones resultantes, para observar el desplazamiento vertical que sufrirá la barra cuando el cabezal se encuentre en la posición central de la barra, que es cuando la deformación es máxima.

RESULTADOS

Los resultados de las pruebas de esfuerzos y deformaciones muestran la magnitud del desplazamiento de la barra siendo esta de importancia debido a que la flexión de las barras tiene influencia en el desplazamiento del eje z del robot, si esta es relativamente grande al realizar el corte a lo largo del eje Y la altura se verá disminuida al centro de la barra generando con esto que el corte sea más profundo en esta zona.

El estudio se realizó mediante un análisis estático (Armando, L2021) (Gere & Goodho, 2015) (Celigueta 2011), aplicando como carga de prueba, aquella de mayor magnitud a la que se enfrentará el mecanismo en situaciones reales (López, Nava, & Ravasa, 2006). Esta condición ocurre cuando el cabezal de corte se encuentre en el centro de las barras [2] [3] [4].

El criterio de Von Mises de acuerdo con (Martinez, 2022), también llamado criterio de la máxima energía de distorsión es un criterio de resistencia elástica, aplicado a materiales dúctiles, según el cual, el material no fluirá en el punto analizado siempre que la energía de distorsión por unidad de volumen en el punto no supere la energía de distorsión por unidad de volumen que se da en el momento de la fluencia en el ensayo de tracción [5].

La Figura 8 muestra los esfuerzos realizados con la Prueba de Cramer-von Mises el de una barra cargada en el centro, la magnitud de la fuerza que se utilizó fue de 25 Newtons, esta fuerza representa la mitad del peso del cabezal de corte.

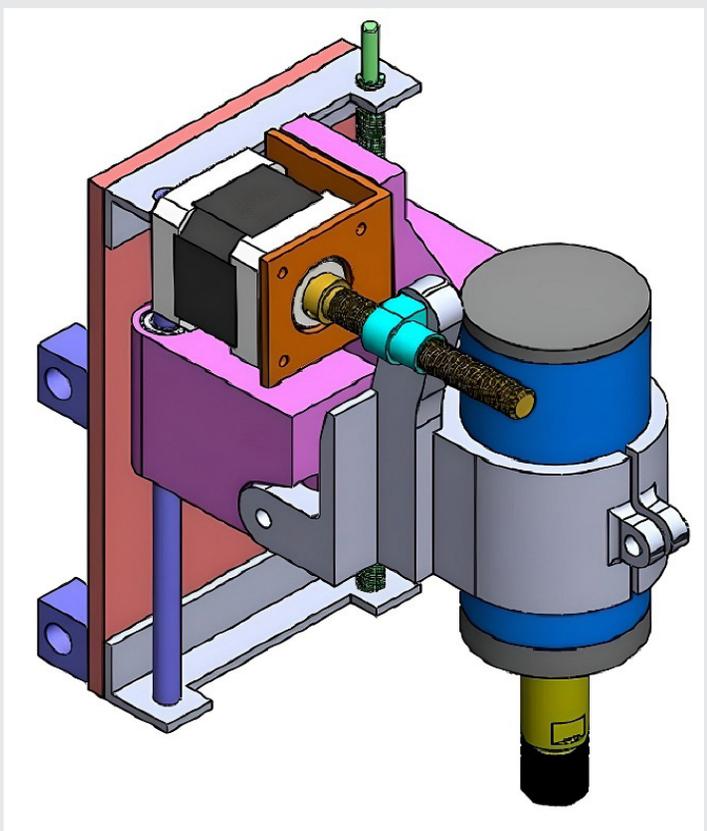


Figura 6. Iteración final de diseño observándose el montaje del tornillo de transmisión de potencia.
Fuente propia 2022.

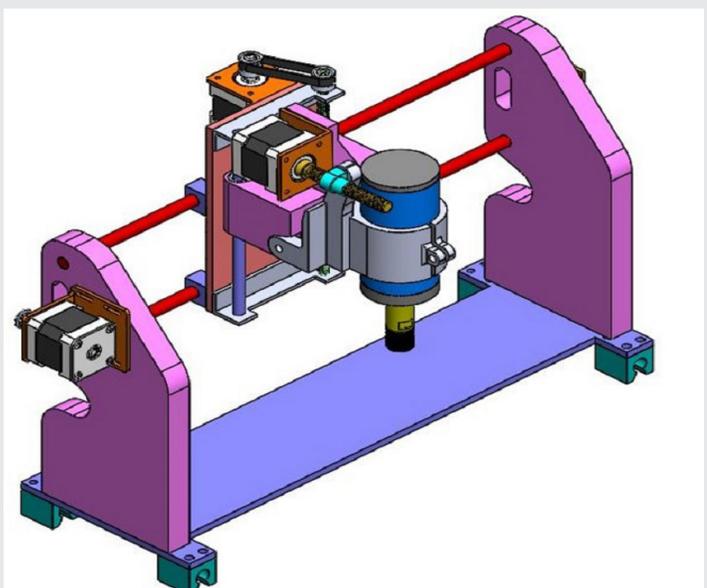


Figura 7. Cabezal de corte montado sobre la estructura que lo soportará y desplazará sobre los ejes.
Fuente propia 2022.

Análisis de esfuerzos

Las dimensiones para realizar el ensayo de esfuerzos y deformaciones de las barras que sostendrán al cabezal de corte se tomaron del diseño en CAD del robot cartesiano, propuesto para el grabado de placas.

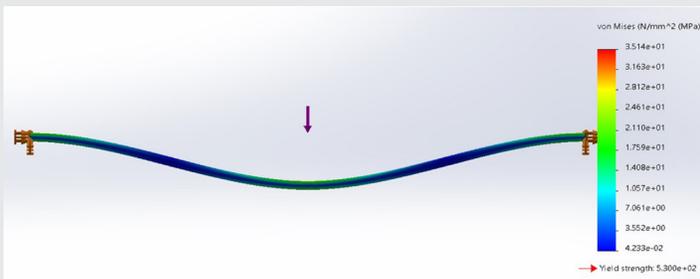


Figura 8. Análisis de esfuerzos de von-Mises en la barra con valor máximo de $50 \times 10^2 \text{ N/M}^2$.
Fuente propia 2022.

En la Figura 9 el criterio de factor de seguridad se establece mediante la relación entre el valor del esfuerzo producido por la carga y el esfuerzo último (Berr & Johnston, 2020) (García, 2020) (González 2010).

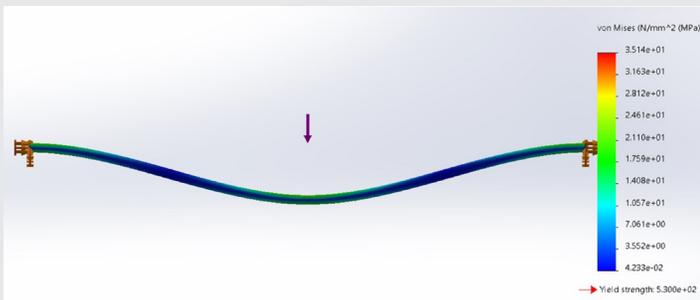


Figura 9. Factor de seguridad con valor de 1.508.
Fuente propia 2022.

Para el cálculo de la deformación se propone el método energético (García 1971) (Gere & Goodho, 2015) (Celi-gueta 2011), en donde se propone una viga apoyada con una carga puntual [6] [3] [7].

La Figura 10 muestra la deformación obtenida por el software de simulación con el que se realizó la prueba el resultado es el vector que corresponde al eje Z, cuyo valor es de $2.20483 \times 10^{-4} \text{ m}$.

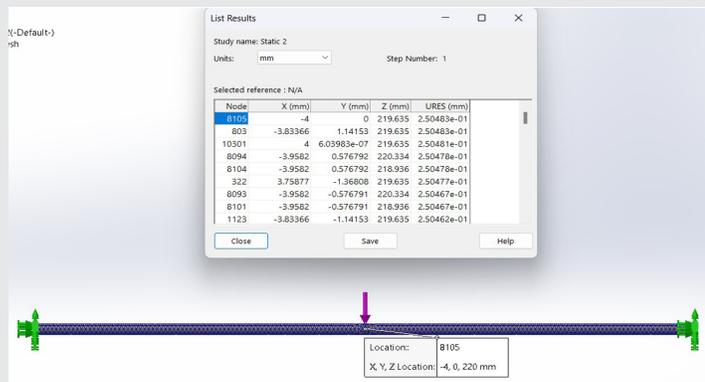


Figura 10. Deformación sobre la barra con valor de 0.22 mm.
Fuente propia 2022.

Discusión

El desarrollo de la propuesta presentada surge de la necesidad de contar con una máquina que permita realizar

el grabado de placas para la decoración de los pantalones de mezclilla y del requerimiento de realizar cortes con un ángulo de 15 grados tanto al frente como hacia atrás.

Por lo tanto, en cabezal de corte debe tener la habilidad de realizar un movimiento basculante.

La Figura 11 muestra como el mecanismo realiza el movimiento hacia el frente permitiendo que a través del uso de una herramienta abrasiva se realicen cortes con ángulos de hasta 15 grados con respecto a la horizontal. El movimiento es realizado con el apoyo de un motor a pasos que trasmite la potencia mediante el uso de un tornillo de cuatro entradas especialmente diseñado para generar movimientos precisos, este tipo de componentes es del tipo utilizado por las impresoras 3D.

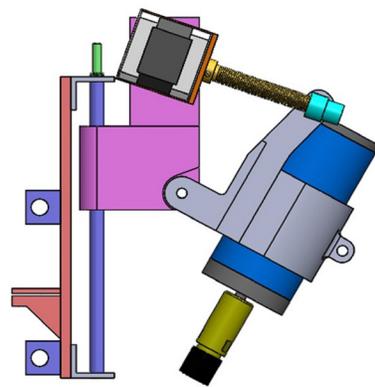


Figura 11. Cabezal de corte mostrando la inclinación hacia el frente.
Fuente propia 2022.

Los resultados mostrados en el estudio estático realizado a las barras por donde se desplazará el cabezal ponen de manifiesto que la deformación es inferior a 0.3 mm, la cual no es crítica en el proceso de grabado. En este sentido, para el estudio solo se utilizó una barra con la mitad del peso que soportará ya que al ser dos barras que sostendrán al cortador los esfuerzos se reducen a la mitad.

Por medio de la técnica de impresión 3D se realizaron las partes que componen al sistema de corte, la Figura 12 muestra el modelo impreso en plástico PLA como se puede apreciar el resultado es concordante con el diseño realizado en el software de CAD.

La Figura 13 muestra al modelo y el montaje de los motores que le darán movimiento, así como se acoplará el motor que controlara el recorrido en el eje Z, para esto se elige una transmisión por banda dentada y sus correspondientes poleas diseñadas para este fin; como el espesor de la espuma sintética utilizada para formar las placas es de 3 mm se utiliza un tornillo con paso de 1 mm y una relación de poleas de 1.5:1 con esto se obtienen movimientos de 0.0033 mm por paso del motor.

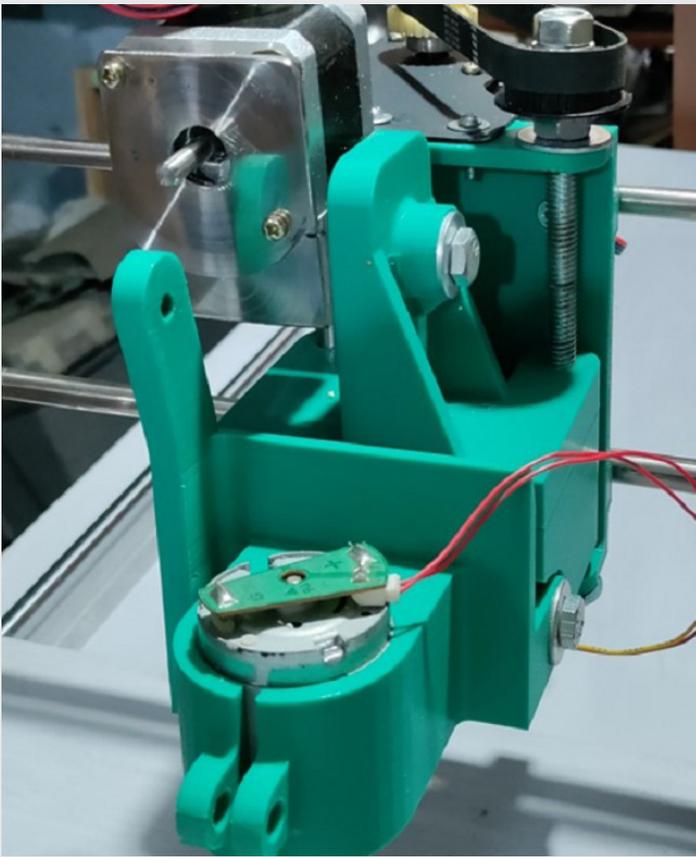


Figura 12. Modelo realizado en PLA por medio de impresión 3D.
Fuente propia 2022.



Figura 14. Conjunto de cabezal montado sobre las barras del eje Y del robot cartesiano.

Fuente propia 2022.

CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de este trabajo se pudo observar que la propuesta del cabezal resultó ser lo que se planeó ya que el modelo impreso cumplió de forma satisfactoria con los requerimientos planteados en el modelo CAD.

El análisis de esfuerzos realizado a las barras del eje Y del robot cartesiano que son las que sostendrán al cabezal de corte, reveló que la deformación sobre el eje de Z es de 0.22 mm, la cual se encuentra dentro de las tolerancias permitidas por el departamento de calidad de la empresa CONFETEX, por tanto, los resultados confirman la pertinencia de su uso en el prototipo del robot grabador de placas.

Trabajo futuro

Como trabajo futuro se contempla la construcción del prototipo del robot, así como el desarrollo de un algoritmo de control con el cual se realizará el control del sistema.

Se prevé además, que este sistema tenga la capacidad de generar las trayectorias de manera automática mediante el uso de técnicas de inteligencia y visión artificial, de igual forma el sistema deberá de ser capaz de ajustar el tamaño de la placa a grabar con solo indicar la talla es decir tomara los datos que tiene de una talla base y ajustarlos para la talla solicitada, finalmente tendrá la robustez el sistema para corregir cualquier posible desviación que se pudiera generar a la hora de colocar el material a grabar.

BIBLIOGRAFÍA

[1] K. t. U. S. D. Eppinger, *Diseño y desarrollo de productos*, C.d. México, México: McGraw Hill, 2013.

[2] A. L., «Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica ANALISIS DE ESFUERZOS RESIDUALES EN



Figura 13. Muestra el montaje de los motores y la forma en que se acopla el motor del eje Z.

Fuente propia 2022.

La Figura 14 muestra al cabezal montado sobre las barras en las cuales se desplazará.

ELEMENTOS MECANICOS SOMETIDOS A CARGAS SIMPLES,» 14 abril 2021. [En línea]. Available: http://somim.org.mx/articulos2010/memorias/memorias2012/articulos/pdfs/A1/A1_156.pd. [Último acceso: 17 8 2022].

[3] G. J. M y G. B. j, «Mecánica de Materiales,» CENGAGE Learning, 2015.

[4] J. Celigueta, «METODOS DE ELEMENTOS FINITOS PARA ANALISIS ESTRUCTURAL,» 15 abril 2021. [En línea]. Available: <https://hdl.handle.net/10171/19069>. [Último acceso: 12 8 2022].

[5] J. Martinez, «ESFUERZOS EN VIGAS,» 2022. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Jesus-Gomez-11/publication/328553519_ESFUERZOS_Y_DEFLEXIONES_EN_VIGAS/links/5bd3dd3c92851c6b279208d7/ESFUERZOS-Y-DEFLEXIONES-EN-VIGAS.pdf. [Último acceso: 10 8 2022].

[6] R. L. García, *Análisis Estructural*, México: Alfaomega, 2020.

[7] F. P. Berr y E. Johnston, *Mecánica de materiales*, México: McGraw Hill, 2020.