



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Apizaco

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**SISTEMA DE SUMINISTRO ININTERRUMPIDO DE
HILO INFERIOR EN MÁQUINAS DE COSTURA CNC**

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**PRESENTA:
BRAULIO GALVEZ CARVAJAL**

**NOMBRE DEL ASESOR:
OSCAR MARÍN BAUTISTA**



APIZACO, TLAX., ABRIL 2026



Tzompantepec, Tlaxcala, 28/octubre/2025

Oficio No. MM-674/2025

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

LIC. CECILIA YARELLY ARREGUIN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	BRAULIO GALVEZ CARVAJAL
Carrera:	INGENIERÍA MECATRÓNICA
No. De Control:	20370707
Nombre del Proyecto:	"SISTEMA DE SUMINISTRO ININTERRUMPIDO DE HILO INFERIOR EN MÁQUINAS DE COSTURA CNC".
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar

MTRO. JORGE AGUILAR VÁZQUEZ
JEFE DEL DEPTO. DE METAL-MECÁNICA



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
METAL MECÁNICA

MTRO. OSCAR MARÍN BAUTISTA
ASESOR

c.p.- Archivo.
JAV*petry.



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel.
[241] 4172010 Ext. 124, e-mail: mecanica@apizaco.tecnm.mx
tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala, **18/Noviembre/2025**

BRAULIO GALVEZ CARVAJAL
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
CON NÚMERO DE CONTROL 20370707.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **"SISTEMA DE SUMINISTRO ININTERRUMPIDO DE HILO INFERIOR EN MÁQUINAS DE COSTURA CNC"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar

CECILIA YARELY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



ccp. Archivo
CYAL/Gsc*



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010
Ext. 304, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



Agradecimientos

Con profunda gratitud y sincero aprecio, deseo dedicar estas líneas a todas las personas e instituciones que hicieron posible la obtención de mi título como ingeniero, una etapa fundamental en mi formación académica y personal.

En primer lugar, agradezco a iSi Automotive por brindarme la oportunidad de integrarme a su equipo de trabajo, permitiéndome aplicar y fortalecer los conocimientos adquiridos a lo largo de mi carrera. Agradezco especialmente a todo el equipo de ingeniería, por su guía, paciencia y disposición para compartir su experiencia, lo cual fue clave para mi desarrollo profesional.

A mi institución, gracias por su compromiso con la formación de profesionistas íntegros y competentes. Agradezco a mis docentes, por su acompañamiento constante, sus valiosas observaciones y su confianza en mi capacidad.

A mi familia, gracias por ser mi pilar incondicional. Su apoyo, amor y palabras de aliento fueron mi mayor motivación en los momentos de desafío. A mis amistades, gracias por su compañía, por compartir alegrías y por estar presentes en cada paso de este camino.

Índice

Resumen	10
Introducción	11
Problemática	13
Objetivos	14
Justificación	14
Marco teórico	15
Desarrollo	40
Análisis de resultados	73
Conclusiones y recomendaciones	85
Referencias bibliográficas	87
Anexos	90

Índice de tablas

Tabla 1: Top defectos generales	41
Tabla 2: SCRAP Enero Diciembre 2024	41
Tabla 3: SCRAP por proyecto	42
Tabla 4: Método 1 peso por carrete	43
Tabla 5: Método 1 carretes por cono	43
Tabla 6: Método 2 hilo por carrete	44
Tabla 7: Método 2 carretes por cono	44
Tabla 8: Desecho de hilo	44
Tabla 9: Desecho total de hilo por cono	45
Tabla 10: Tiempo por un cambio de bobina	45
Tabla 11: Tiempo total de cambio de bobina por cono	45
Tabla 12: Costos	65

Índice de figuras

Figura 1: Movimiento armónico simple de subida	30
Figura 2: Movimiento cicloidal de subida	30
Figura 3: Movimiento armónico modificado de subida	30
Figura 4: Movimiento armónico simple de retorno	31
Figura 5: Movimiento cicloidal de retorno	31
Figura 6: Movimiento armónico modificado de retorno	31
Figura 7: Engrane recto	32
Figura 8: Engrane cónico	32
Figura 9: Engrane helicoidal	33
Figura 10: Etapas I+D+I	38
Figura 11: Línea 5 costura KAB	40
Figura 12: SCRAP Enero Diciembre 2024	42
Figura 13: SCRAP por proyecto	42
Figura 14: Método 1 peso por carrete	43
Figura 15: Método 2 hilo por carrete	44
Figura 16: Desecho de hilo	44
Figura 17: Espacio de trabajo vista frontal	46
Figura 18: Espacio trabajo vista isométrica	46
Figura 19: Espacio de trabajo vista con cono	46
Figura 20: Mecanismo lanzadera	47
Figura 21: Diseño cono 2D	48
Figura 22: Diseño cono 3D	48
Figura 23: Diseño base metálica 2D	49
Figura 24: Diseño base metálica 3D	49
Figura 25: Vista isométrica prototipo A	50

Figura 26: Vista superior prototipo A	50
Figura 27: Vista derecha prototipo A	50
Figura 28: Vista izquierda prototipo A	51
Figura 29: Vista posterior prototipo A	51
Figura 30: Vista frontal prototipo A	51
Figura 31: Vista inferior prototipo A	52
Figura 32: Lanzadera vibratoria	53
Figura 33: Boceto gancho oscilante	53
Figura 34: Boceto mecanismo de vaivén	54
Figura 35: Vistas gancho oscilante	55
Figura 36: Movimiento cicloidal de subida	56
Figura 37: Movimiento cicloidal de retorno	56
Figura 38: Nomenclatura	57
Figura 39: Fórmula polinomio 3-4-5	57
Figura 40: Diagrama de posición	57
Figura 41: Diagrama de velocidad	58
Figura 42: Diagrama de aceleración	58
Figura 43: Diagrama leva A	59
Figura 44: Diagrama de posición	59
Figura 45: Diagrama de velocidad	60
Figura 46: Diagrama de aceleración	60
Figura 47: Diagrama leva B	61
Figura 48: Modelado mecanismo de vaivén	61
Figura 49: Ensamble de vaivén vista superior	62
Figura 50: Ensamble de vaivén vista isométrica	62
Figura 51: Despiece biela – manivela	63
Figura 52: Ensamble biela – manivela	63
Figura 53: Impresión 3D de piezas	65

Figura 54: Proceso de impresión 3D	66
Figura 55: Piezas en 3D	66
Figura 56: Cortes para bases	67
Figura 57: Cortes para herramental	67
Figura 58: Mecanismo vaivén con base	68
Figura 59: Mecanismo biela – manivela con base de frente	68
Figura 60: Mecanismo biela – manivela con base de lado	68
Figura 61: Circuito electrónico	69
Figura 62: Simulación del circuito	69
Figura 63: Prueba del prototipo (1)	70
Figura 64: Prueba del prototipo (2)	70
Figura 65: Propiedades físicas del mecanismo	71
Figura 66: Prototipo B (1)	73
Figura 67: Prototipo B (2)	73
Figura 68: Prototipo B (3)	74
Figura 69: Prototipo B (4)	74
Figura 70: Prototipo B (5)	75
Figura 71: Prototipo B (6)	75

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo desarrollar un prototipo de un sistema de suministro ininterrumpible de hilo para máquinas de coser CNC, eliminando la necesidad de rellenar con hilo la bobina inferior y optimizando la eficiencia en los procesos de costura industrial. Actualmente, la interrupción constante para el cambio de bobina representa una disminución en la productividad, afectando tiempos de operación y generando producto no conforme.

Para abordar esta problemática, se aplicará la metodología I+D+I, permitiendo una ejecución estructurada desde la identificación del problema hasta la validación del prototipo. Se iniciará con un análisis detallado de las necesidades del proceso textil y el diseño conceptual del sistema mediante software de modelado 3D. Posteriormente, se fabricará un prototipo que será considerado como una idea conceptual acerca de su funcionamiento, además se hablará sobre lo que se espera resolver con este proyecto.

Finalmente, se discutirán a manera de conclusión las recomendaciones y sugerencias hacia la empresa de como implementar este proyecto.

Introducción

En iSi Automotive de México, S.A de C.V. la generación de producto no conforme (*SCRAP*) debido a costura no terminada y la eficiencia en los procesos de producción son factores clave para garantizar la calidad y demanda del producto. Sin embargo, uno de los principales inconvenientes en las máquinas de coser CNC es la interrupción constante causada por el agotamiento de hilo en la bobina inferior. Este problema reduce la productividad, genera gran desperdicio de material y afecta la calidad directa del producto. Para solucionar esta limitación, el presente proyecto propone el desarrollo de un prototipo de un sistema de suministro ininterrumpible de hilo, eliminando la necesidad de cambiar manualmente la bobina y asegurando un flujo continuo de trabajo. El proyecto se centra en el diseño, fabricación y validación de un mecanismo que reemplace el sistema convencional de bobina inferior en máquinas de coser CNC mediante un método de alimentación continua de hilo, similar al del hilo superior. Este nuevo sistema busca eliminar interrupciones en la costura y reducir el número de producto no conforme.

Para alcanzar estos objetivos, se aplicará la metodología I+D+I, que permite abordar el proyecto desde la comprensión del problema técnico hasta la creación y evaluación de una solución innovadora aplicable en el entorno industrial. Dentro de la metodología, se realizará un análisis detallado del problema que representa la bobina inferior en la costura automatizada. Se recopilará información técnica sobre las máquinas de coser CNC, los parámetros operativos críticos (como velocidad de costura, tipo de costura, etc.), y se revisarán antecedentes de soluciones similares. También se definirán los objetivos del proyecto, sus limitaciones y se establecerá la justificación técnica y económica de la propuesta. Con base en los hallazgos previos, se procederá al diseño conceptual del sistema, utilizando herramientas de modelado CAD para definir las dimensiones, componentes y posibles mecanismos de alimentación continua. Se seleccionarán materiales y herramientas, y se fabricará un prototipo de alta fidelidad. Finalmente, se analizará su factibilidad de implementación en un entorno real de producción, así como sus beneficios en términos de reducción de producto no conforme, materiales y mejora en la productividad. Además, se generará documentación técnica completa del proyecto, incluyendo recomendaciones y proyecciones para su futura aplicación o mejora.

Descripción de la empresa y área de trabajo

iSi Automotive México es una empresa dedicada a la manufactura de sistemas de seguridad para la industria automotriz, con un enfoque especializado en la producción y ensamble de bolsas de aire. Forma parte de Grupo iSi, un conglomerado internacional con una sólida trayectoria en el desarrollo de soluciones de seguridad para el sector automotriz.

Con presencia en múltiples países, Grupo iSi se distingue por su innovación y compromiso con la calidad, ofreciendo productos que cumplen con los más altos estándares de seguridad vehicular. Sus clientes incluyen algunas de las principales compañías automotrices a nivel global, lo que reafirma su posición como un socio estratégico en la industria. En México, ISI Automotive cuenta con una planta en Cuapiaxtla, Tlaxcala, donde se llevan a cabo procesos de manufactura altamente especializados. La empresa apuesta por la mejora continua y la optimización de sus líneas de producción, garantizando eficiencia, seguridad y reducción de desperdicios en cada etapa del proceso. Su compromiso con la excelencia la ha llevado a implementar tecnología de vanguardia en sus procesos productivos, asegurando que cada componente fabricado cumpla con las exigencias del sector automotriz y contribuya a la seguridad de los vehículos en los que se instalan sus productos.

En el departamento de Ingeniería se encuentra la Ingeniería de Procesos, encargada de optimizar las líneas de producción, documentar procedimientos y aplicar mejoras continuas para aumentar la eficiencia y reducir desperdicios.

Otra función clave es el diseño y desarrollo de producto, donde se participa en la creación o adaptación de componentes según los requerimientos del cliente, validando materiales y realizando pruebas de desempeño.

Finalmente, el departamento también se encarga de la gestión de proyectos, coordinando el lanzamiento de nuevos productos o mejoras.

Problemática

Las máquinas de coser CNC presentan una limitación significativa en el sistema de alimentación de hilo inferior, ya que dependen de una bobina con hilo de capacidad reducida, lo que provoca interrupciones constantes en la producción. La implementación de un sistema de suministro ininterrumpible de hilo busca eliminar estas problemáticas, garantizando una costura continua, reduciendo defectos en los productos, aumentando la productividad y minimizando los tiempos muertos.

1. El principal problema es la generación de producto no conforme (*SCRAP*) debido a costuras incompletas o defectuosas, causadas por el agotamiento del hilo en la bobina inferior. Cuando el hilo se termina, la máquina al ser CNC continua su ciclo de trabajo, dejando la costura inconclusa y obligando al operador a intervenir manualmente para cambiar la bobina vacía por una llena de hilo, generando así una pieza de *SCRAP* por costura no terminada. Este proceso no solo aumenta los tiempos de inactividad, sino que también puede generar errores en la costura y aumentar el número de producto no conforme, lo que significa una pérdida de recursos hacia la empresa. Además, la interrupción del proceso implica una disminución en la productividad, ya que el operario debe detener la máquina, retirar la bobina vacía, colocar una nueva con hilo y reiniciar el trabajo.
2. Otro problema relevante es el desperdicio de materiales, tanto por la necesidad de cortar y reanudar el hilo en cada cambio de bobina, como por los posibles defectos en las piezas de tela afectadas por una costura interrumpida. Esto incrementa los costos operativos y afecta la rentabilidad del proceso.
3. Finalmente, la dependencia de bobinas limita el nivel de automatización de las máquinas de coser CNC, ya que el cambio de hilo sigue siendo un proceso manual que requiere intervención humana constante. La intención de este proyecto es eliminar el uso de bobinas por un sistema de costura nuevo.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un prototipo en el área de ingeniería de iSi Automotive de México S.A de C.V. un sistema de suministro ininterrumpido de hilo inferior para máquinas de costura CNC.

Objetivos específicos

- Diseñar y modelar un sistema de suministro ininterrumpido de hilo inferior mediante software CAD, considerando dimensiones y requerimientos mecánicos para su integración en máquinas de coser CNC
- Seleccionar y especificar materiales, componentes y herramientas necesarias para la fabricación del prototipo
- Fabricar, ensamblar y presentar el prototipo del sistema propuesto

Justificación

El desarrollo de un sistema de suministro ininterrumpido de hilo inferior para máquinas de costura CNC representa una solución innovadora orientada a optimizar la automatización en procesos textiles. Este proyecto se justifica por la necesidad de integrar un mecanismo que elimine la dependencia de bobinas tradicionales, permitiendo una operación continua y más eficiente, además busca mejorar el proceso de costura, la reducción de errores y el aprovechamiento de recursos. La propuesta no solo implica diseñar un sistema funcional, sino también aplicar metodologías de ingeniería que garanticen su viabilidad técnica y su integración en entornos industriales textiles. Con ello, se espera avanzar hacia un nivel donde la intervención manual se reduzca al mínimo y se establezcan bases para futuras mejoras tecnológicas que nos guíen a consolidar procesos más cercanos a las exigencias actuales de producción en la industria textil.

Marco Teórico

Historia de la máquina de coser

La introducción de la máquina de coser necesitó una modificación radical en el arte de la costura. Muchas de las primeras tentativas hechas para coser a máquina siguieron la idea de imitar la costura a mano, valiéndose de una aguja que hacía entrar y salir en la tela por dedos mecánicos o dientes, pero todas estas invenciones fracasaron. Se consideró preciso abandonar por completo el método convencional de asegurar las telas, ideando otros medios de unir las más adecuados al empleo de máquinas.

En los primeros aparatos contruidos se empleaban hilos sueltos, no pudiéndose conseguir una longitud uniforme en la puntada. Pero pronto se idearon mecanismos donde el hilo podía utilizarse continuamente, devanándolo en un carrete o bobina. Se idearon dispositivos para que a cada puntada se presentase una nueva e idéntica cantidad de hilo, y así se consiguió una costura del todo uniforme. En la máquina de costura, la marcha del hilo es continua del carrete a la tela, pasando por el ojo de la aguja, mientras que en la costura a mano el hilo va fijo a la aguja.

Es evidente, por consecuencia, que el hilo sólo puede pasarse a través de la tela, en forma de presilla u ojal, siendo el medio más conveniente para realizarlo empujar la aguja con el ojo cerca de su punta. La aguja es empujada justamente lo preciso para atravesar la tela y arrastrar al propio tiempo una longitud de hilo que forme el otro lado de una presilla, levantándose la aguja inmediatamente. El hilo queda libre en el trozo de hilo que introduce, éste se retiene por el revés de la tela, asegurándolo con el hilo o con un segundo hilo, que se va desarrollando de una bobina y que se llama “hilo de relleno”. Otra disposición que distingue la costura a máquina es la manera de regular la longitud de la puntada. En la costura a mano, naturalmente, la obra no se mueve, determinándose a ojo la longitud de la puntada, cuyo tamaño es más o menos variable; en tanto que, en la máquina, la tela es la que se mueve debajo de la aguja, avanzando a impulsos absolutamente regulares, de tal manera que, tanto la longitud de la puntada como la tensión del hilo son uniformes.

Aunque la invención de la máquina de coser se atribuye a Elias Howe cuyo aparato, patentado en 1846, contenía la mayor parte de los dispositivos de la máquina actual, no fue

sino el resultado de numerosos ensayos realizados un siglo o más tiempo antes de dicha fecha. La idea original fue de un inglés, Charles F. Weisenthal, que obtuvo una patente en 1755 para un aparato que facilitaba el procedimiento de bordar.

La invención de Weisenthal nunca llegó a aplicarse mucho, porque consistía en el empleo de una aguja de dos puntas con el ojo en el centro, moviéndose de atrás a delante, por medio de dientes colocados a los lados.

Tomás Saint patentó, en 1790, una máquina para costura fuerte. Era de madera en su mayor parte, con un brazo saliente, en el cual se colocaba una aguja vertical y una lesna, que hacía los agujeros antes. En la parte superior del brazo tenía una canilla o carrete que suministraba el hilo continuamente. La puntada era igual a la del aparato de Weisenthal, llamada de “tambor” o de “cadeneta”. Se formaba empujando la aguja a través de la tela o del cuero; un segundo empuje pasaba los hilos por otra presilla, formando una segunda, a través de la cual se empujaba el hilo de la aguja para formar una tercera, arrastrando la primera en el centro del espacio. Esta clase de puntada se empleó muchos años para facilitar el trabajo de costura en las fábricas. Parece ser que Saint no consideró práctico su sistema para sustituir en general la costura a mano. A esta siguieron, en este sentido, otras invenciones de menor importancia, pero ninguna máquina llamó la atención.

Un obrero francés, Bartolomé Thimmonnier, ideó una máquina de coser, también del tipo de puntada de cadeneta, que se empleó extensamente en la fabricación de uniformes para el ejército. La máquina de Thimmonnier es notable por llevar sólo una aguja con punta para atravesar la tela, estando provista de una entalladura en la que se aloja el hilo. La presilla o puntada se formaba por el hilo envuelto alrededor de la aguja, que le llevaba a través de la tela. Este se movía hacia adelante una cierta distancia, para permitir a la aguja descender nuevamente. En esta disposición, las presillas formando la cadeneta de puntadas se hacían en la parte superior del material.

Las ideas de la aguja con el agujero en la punta y el empleo del doble hilo son completamente americanas de origen, y esta combinación fue concebida primeramente por Walter Hunt, de Nueva York, hacia el año 1835. Los defectos de la puntada de cadeneta y ésta constituyó la característica más saliente de las máquinas anteriores, fueron reconocidos bien pronto. La rotura de las presillas, en uno y otro punto, hacía que el hilo se soltase, deshaciéndose la costura con gran facilidad, buscándose la forma de combinar otra

puntada libre de este defecto. Esto sólo podía conseguirse haciendo que cada puntada quedase firme por un nudo. En otras palabras, era necesario cerrar la puntada, y la mejora a que se debió esta solución creó la costura “a pespunte”.

En la máquina de Hunt, una aguja curva, con ojo en la punta, colocada en un brazo movable, se enhebraba en hilo de un carrete, y penetrando en la tela, formaba una presilla por el revés de ésta. Entonces, una lanzadera, llevando un pequeño carrete de hilo, pasaba por en medio de la presilla, dejando cogido el hilo, que se tensaba cuando la aguja subía. De esta manera se aseguraba la puntada.

Había quedado demostrada la utilidad práctica de la máquina de coser, y a la primitiva se le fueron introduciendo mejoras, algunas muy originales y de éxito. Uno de los más ingeniosos inventores, y el segundo únicamente después de Howe en esta especialidad, fue Allen B. Wilson. En 1849 ideó el sistema de enganche rotativo, combinado con la bobina (sistema de bobina central), que constituyó la especial característica de la máquina Wheeler y Wilson. Su patente de 1850 incluía la invención de una barra móvil, provista de unos dientes que, saliendo de por una ranura de la placa sobre que se coloca la tela, combinaba con otra barra de presión situada encima, marchando la tela interpuesta entre las dos, merced a los movimientos sucesivos de avance que imprimía la barra móvil. En 1851 y 1852 solicitó patentes para una mejora en este dispositivo, conocida por “avance en cuatro tiempos” para mover la tela, así como para el enganchador rotativo, haciendo pasar el hilo superior alrededor de una bobina que contiene el inferior. Con ello señaló el mayor progreso en la costura a máquina, que desde entonces puede hacerse en líneas curvas siendo también notable por su maravillosa sencillez y perfección mecánica, su sistema de bobina central.

Los principios esenciales de sus invenciones se emplean en todas las máquinas actuales de enganche rotatorio. El avance a cuatro tiempos constituye una de las principales mejoras introducidas en las máquinas de coser, desde que Saint demostró que la costura a máquina era posible, siendo un dispositivo que figura hoy en toda máquina de coser. Bajo la placa de presión o prensa-telas y a los lados del orificio por donde la aguja atraviesa la placa, encima de la que corre la tela, hay una o dos pequeñas superficies con dientes inclinados oblicuamente. Cuando se ha formado la puntada, esos dientes se levantan uno o dos milímetros y, enganchando la tela, avanzan apoyando ésta sobre la superficie inferior y lisa

del prensa-telas, haciendo avanzar también ésta en una longitud conveniente. Esto constituye el segundo tiempo, dando lugar al tercero el movimiento de retroceso de los dientes, que sueltan la tela y retroceden en un cuarto tiempo para volver a su posición primitiva, repitiéndose el mismo ciclo a cada puntada.

En 1851, William O. Grover, sastre en Boston, patentó una disposición para coser con doble cadeneta, que sirvió de base para la construcción de máquinas conocidas con el nombre de Grover y Baker. También en 1865, Jaime A. E. Gibbs, ideó un mecanismo para coser en cadeneta con un solo hilo, lo que caracteriza a las máquinas Gibbs y Baker, mejoradas después por Willcox y, conocidas por Willcox y Gibbs.

El más importante, no ya de los inventores, sino de los fabricantes, aparece en Isaac M. Singer, cuyo nombre comienza a conocerse en 1850. Su primera máquina, patentada en 1857, tenía una aguja vertical, movida por un eje suspendido, movido por una rueda colocada en una entalladura de la mesa. Un compresor elástico situado a un lado de la aguja sujetaba la tela, dándose movimiento al brazo que llevaba la aguja, y a la lanzadera, mediante una transmisión.

Se empleaban en ella dos hilos, y hacía el pespunte cerrado; la presilla del hilo de la aguja se aseguraba en cada movimiento de avance por el de la lanzadera. Singer también introdujo el movimiento a pedal, para sustituir el trabajo a mano. Se ve que los dispositivos patentados en su máquina no presentaban grandes diferencias con respecto a las de otros inventores. Era muy parecida a la de Howe, pero muy superior desde el punto de vista de la fabricación.

La llegada de Singer al campo de la fabricación marcó una nueva era para los aparatos de coser. Con una maravillosa organización y la aplicación de principios científicos, la Compañía Singer tomó siempre la iniciativa en los perfeccionamientos, introduciendo constantemente nuevos modelos para toda clase de trabajo, aunque en la forma y estructura general son semejantes a los tipos originales. La fabricación y venta de estas máquinas no se ha interrumpido desde que se presentaron en el mercado hasta la actualidad.

Finalmente, las máquinas de coser CNC (Control Numérico Computarizado) representan la evolución más avanzada en la industria textil, integrando automatización y precisión en procesos de costura. Su desarrollo se vincula al auge de la tecnología CNC en la

manufactura durante la segunda mitad del siglo XX, cuando se adaptaron principios de control numérico a equipos textiles para responder a la demanda de producción masiva y patrones complejos. Aunque no existe un único inventor, empresas japonesas y europeas como Juki y Brother lideraron la implementación de sistemas CNC en máquinas de coser industriales a partir de la década de 1980.

A diferencia de las máquinas tradicionales, que dependen de la intervención manual para guiar la tela y ajustar parámetros, las CNC permiten programar patrones mediante software, controlar la tensión del hilo y coordinar movimientos con exactitud milimétrica. Esto reduce errores humanos, incrementa la velocidad y posibilita la repetición exacta de diseños complejos. Comparadas con las máquinas electrónicas convencionales, las CNC ofrecen integración con sistemas CAD/CAM, sensores inteligentes y conectividad para entornos de producción automatizados, alineándose con los principios de la Industria 4.0.

En síntesis, las máquinas de coser CNC no solo optimizan la productividad, sino que marcan el cierre lógico en la evolución histórica de la costura: desde la aguja manual hasta la automatización total, donde el reto actual es perfeccionar sistemas como el suministro ininterrumpido de hilo inferior para garantizar continuidad operativa.

(Benítez, L. (s.f.). Historia de la máquina de coser).

Evolución del sistema de alimentación de hilo

La evolución del sistema de alimentación de hilo en las máquinas de coser ha sido un proceso clave en la mejora de la eficiencia y la continuidad del proceso de costura. Los primeros intentos de mecanizar la costura en el siglo XVIII se basaban en agujas que atravesaban la tela impulsada por elementos metálicos, pero enfrentaban dificultades para mantener una continuidad adecuada del hilo y generar puntadas uniformes. El verdadero avance llegó con la incorporación del carrete o bobina, que permitió dar continuidad al hilo y obtener puntadas regulares, sentando las bases para un mecanismo funcional.

En 1846, Elias Howe patentó una máquina de coser que incluía un sistema de puntada con hilo superior e inferior, lo que permitió coser con mayor eficiencia, aunque su comercialización enfrentó dificultades. Aunque Howe introdujo mejoras significativas, como

una aguja con ojo en la punta y un mecanismo de alimentación automática de tela, el sistema de hilo aún requería recargas frecuentes.

Isaac Singer, en 1851, patentó una versión mejorada que se convirtió en un éxito comercial, introduciendo un pedal de pie para controlar la velocidad y facilitando el uso doméstico.

El sistema de alimentación de hilo evolucionó con la introducción del gancho giratorio por Nathaniel Wheeler y Allen B. Wilson, quienes desarrollaron una máquina más silenciosa y eficiente que aún se emplea hoy en día, que utilizaba un mecanismo de alimentación de cuatro movimientos (adelante, abajo, atrás y arriba), que estiraba la tela de forma uniforme.

Aunque las máquinas de coser modernas han incorporado tecnologías como la electricidad y la computarización, el sistema básico de alimentación de hilo sigue basándose en estos principios.

(Márquez Hernández, A. I. (2019). Análisis final. Máquina de coser).

En la industria moderna, especialmente con la incorporación de máquinas CNC, la automatización ha transformado la operación, pero el suministro de hilo inferior continúa siendo un punto crítico que limita la productividad.

En respuesta a esta problemática, se han desarrollado propuestas orientadas a la alimentación continua, incluyendo sistemas de carretes externos y dispositivos automáticos para el cambio de bobina. Estas soluciones buscan reducir tiempos muertos y errores en la costura, aunque aún no se ha consolidado un estándar que elimine por completo la dependencia de bobinas. La tendencia actual apunta hacia la integración de mecanismos innovadores que permitan un flujo ininterrumpido de hilo, tal como este trabajo pretende hacerlo.

Estudios previos o similares

El proyecto denominado “Alimentación continua de hilo en las máquinas de coser”, hecho por Alva Gallegos, R., Ventolero Becerril, L. E., Nava Morales, F., Callejo Mercado, C., & Baltazar Plata, C. G. publicado en 2013, muestra una alternativa parcial para el problema de alimentación continua de hilo con respecto a máquinas de coser manuales.

El proyecto presentado en el artículo surge de la necesidad de mejorar la eficiencia en procesos de costura industrial, específicamente en el sistema de alimentación del hilo inferior. En las máquinas de coser convencionales, la bobina inferior tiene una capacidad limitada, lo que provoca interrupciones frecuentes para su reemplazo. Este problema genera tiempos muertos, disminuye la productividad y ocasiona piezas defectuosas, afectando la calidad y aumentando los costos operativos.

Para abordar esta problemática, los autores plantearon como objetivo principal incrementar la autonomía del hilo inferior mediante el diseño de bobinas de mayor capacidad, sin alterar significativamente la estructura de la máquina. El proyecto inició con un análisis detallado del espacio disponible en el mecanismo de costura, evaluando las dimensiones máximas que permitirían alojar una bobina más grande sin interferir con el funcionamiento del gancho y la aguja.

El desarrollo incluyó la modelación geométrica de la bobina, considerando parámetros como diámetro, altura y volumen útil para el hilo. Se realizaron cálculos para determinar la cantidad adicional de hilo que podría almacenarse y se diseñaron prototipos que fueron fabricados con materiales compatibles con las condiciones de operación. Posteriormente, se llevaron a cabo pruebas experimentales en máquinas de coser industriales, midiendo variables como la duración del hilo, la tensión durante la costura y la calidad de la puntada.

Los resultados demostraron que las bobinas de mayor tamaño redujeron significativamente la frecuencia de cambios, aumentando el tiempo de operación continua y disminuyendo los tiempos muertos. Esto se tradujo en una mejora en la productividad y una reducción en el número de piezas defectuosas. Sin embargo, se identificaron limitaciones relacionadas con el espacio físico disponible en la máquina y la necesidad de mantener la compatibilidad con los mecanismos existentes.

(Alva Gallegos, R., et al. (2013). Alimentación continua de hilo en las máquinas de coser).

A pesar de los avances logrados con el diseño de bobinas más grandes, el problema de la dependencia del sistema tradicional persiste. El hilo inferior, aunque en mayor cantidad, sigue agotándose y requiere intervención manual, lo que impide alcanzar una automatización completa. Esta situación evidencia que la solución definitiva debe orientarse hacia sistemas de suministro ininterrumpido, eliminando por completo el uso de bobinas y permitiendo una verdadera continuidad operativa en procesos de costura industrial.

Máquina de coser CNC

CNC significa Control Numérico por Computadora. Una máquina de coser CNC es esencialmente un dispositivo de costura programable que automatiza el movimiento de la aguja, la tela y la secuencia de costura. A diferencia de las máquinas de coser tradicionales operadas manualmente o con motores eléctricos simples, las máquinas de coser CNC siguen una ruta programada digitalmente para producir costuras consistentes y de alta calidad sin intervención humana.

La máquina se controla a través de una interfaz de computadora, lo que permite a los operadores cargar patrones predefinidos, ajustar los parámetros de costura y monitorear el progreso en tiempo real. Estas máquinas suelen estar equipadas con servomotores, sensores de precisión y alimentadores de tela automatizados para garantizar un funcionamiento impecable en diversos textiles.

La máquina de coser CNC se puede programar para una amplia gama de tareas de costura, incluidas costuras rectas, costuras en zigzag, confección de ojales, bordados, costuras decorativas e incluso costuras complejas de múltiples ejes en superficies curvas o acolchadas.

El principio de funcionamiento de una máquina de coser CNC comienza con un diseño digital o patrón de puntada, a menudo creado mediante software CAD (diseño asistido por computadora). Luego, este diseño se traduce a un formato legible por CNC que indica a la máquina la posición de la aguja, la dirección de alimentación de la tela, el tipo de puntada y los ajustes de tensión.

Una vez cargado el programa, la máquina realiza la tarea automáticamente. La tela se mantiene en su lugar mediante abrazaderas o sistemas de vacío, y el cabezal de costura robótico sigue la ruta programada con extrema precisión. Cada puntada se coloca exactamente dónde debe estar y la máquina puede repetir el mismo patrón cientos o miles de veces sin desviación.

En los modelos avanzados, múltiples ejes de movimiento permiten a la máquina coser patrones 3D complejos, cambiar entre diferentes tipos de agujas o incluso integrar funciones de corte y sellado en el mismo ciclo.

Si bien las máquinas de coser tradicionales todavía desempeñan un papel importante en los pequeños talleres y en la confección artesanal, carecen de las características de productividad y automatización necesarias para la fabricación a gran escala.

Las máquinas CNC superan a los modelos tradicionales en varios aspectos:

Ofrecen tiempos de ciclo más rápidos debido al movimiento automatizado y la ejecución de patrones.

Reducen la fatiga del operador y la dependencia de habilidades

Mantienen una precisión perfecta en lotes de gran tamaño

Se pueden programar y reprogramar rápidamente para diversos productos.

Permiten el seguimiento en tiempo real y el aseguramiento de la calidad.

Aunque el costo inicial de una máquina de coser CNC es mayor, el retorno de la inversión suele ser rápido debido al ahorro de mano de obra, menores tasas de defectos y mayor producción.

(Yetta Tech. (2025). ¿Qué es una máquina de coser CNC y cómo mejora la producción de prendas?)

Diferencias entre hilo superior e inferior

En una máquina de coser, el hilo superior y el hilo inferior cumplen funciones distintas pero complementarias para formar la puntada:

Hilo superior

Proviene del carrete colocado en la parte superior de la máquina.

Pasa por el sistema de tensión, guías y finalmente por el ojo de la aguja.

Es el hilo visible en la parte superior de la tela.

Su tensión se regula mediante el disco de tensión y afecta la apariencia de la puntada.

Hilo inferior

Se encuentra enrollado en una bobina (canilla) dentro de la caja de bobina, ubicada bajo la placa de aguja.

No pasa por la aguja; se engancha con el hilo superior gracias al movimiento del garfio.

Es el hilo visible en la parte inferior de la tela.

Su tensión depende del resorte de la caja de bobina.

La diferencia clave es que el hilo superior se mueve activamente con la aguja, mientras que el inferior permanece en la bobina y solo se engancha para formar la puntada, por tanto, un desequilibrio en la tensión de cualquiera de los dos puede causar problemas como puntadas flojas, fruncido o rotura del hilo.

Costura de cadena “Punto cadena”

El pespunte, punto cadena o cadeneta es el punto mecánico más común que realiza una máquina de coser que sirve para garantizar una mejor puntada. El punto cadena utiliza dos hilos, uno superior y uno inferior. El punto se denomina cadena porque los dos hilos, el superior y el inferior, se "encadenan" entre sí en el agujero en la tela por el cual pasan.

El hilo superior corre desde un carrete que se encuentra ubicado en la parte superior de la máquina, pasando por un mecanismo de tensión, a través de un brazo de extracción, y finalmente por el agujero de la aguja. Por su parte el hilo inferior se encuentra enroscado en una bobina, que se aloja en un receptáculo en la sección inferior de la máquina debajo de la tela que se cose.

(Lets Rebuild. (2025). Hilo en la máquina de coser).

Problemas comunes relacionados con el hilo inferior

Los problemas asociados al hilo inferior en máquinas de coser CNC se originan en el sistema de bobina y su interacción con el mecanismo de formación de puntada.

Uno de los fallos más recurrentes es el enredo del hilo, provocado por una colocación incorrecta de la bobina o por un enhebrado deficiente en la caja de bobina, lo que genera acumulación de hilo en la parte inferior del material y afecta la continuidad del proceso. Otro problema habitual es la tensión inadecuada del hilo inferior; cuando el resorte de la caja de bobina no está calibrado correctamente, se produce un desbalance entre las fuerzas que actúan sobre ambos hilos, lo que compromete la calidad de la puntada y puede ocasionar deformaciones en la costura. Asimismo, la rotura del hilo inferior es una falla frecuente, generalmente asociada a bobinas con rebabas, hilos de baja resistencia o presencia de residuos en el área del garfio, lo que interrumpe el ciclo de costura y reduce la eficiencia operativa. En ciertos casos, el hilo inferior no logra engancharse con el superior, generando saltos de puntada; esta situación suele derivarse de una desincronización entre el movimiento del garfio y la aguja, o de errores en el posicionamiento del hilo. Finalmente, la acumulación de pelusa y restos de hilo en la zona de la bobina provoca fricción adicional y ruidos anómalos, que pueden evolucionar hacia bloqueos mecánicos si no se realiza un mantenimiento preventivo adecuado.

(Lets Rebuild. (2025). Hilo en la máquina de coser).

Diseño y prototipado de sistemas mecánicos

Sistemas mecánicos

Los sistemas mecánicos constituyen conjuntos de elementos interconectados cuya función principal es transmitir, transformar o amplificar fuerzas y movimientos para realizar un trabajo específico. Se basan en principios de la mecánica clásica y, en muchos casos, se integran con sistemas eléctricos, hidráulicos o neumáticos para optimizar su desempeño. Desde un punto de vista conceptual, un sistema mecánico se define como la combinación organizada de componentes sólidos que interactúan mediante movimientos relativos, con el objetivo de convertir la energía de entrada en una acción útil. Esta energía puede provenir de diversas fuentes, como motores eléctricos, combustibles, energía hidráulica o incluso fuerza humana, y se transforma en desplazamientos lineales, rotatorios u oscilatorios según la configuración del sistema.

La clasificación de los sistemas mecánicos responde a criterios funcionales y estructurales. De acuerdo con su complejidad, se distinguen sistemas simples, compuestos por pocos elementos que cumplen funciones básicas, y sistemas complejos, integrados por múltiples mecanismos que interactúan para lograr movimientos más sofisticados. Otra clasificación relevante se basa en la naturaleza del movimiento: los sistemas de transmisión del movimiento, en los que la entrada y la salida comparten el mismo tipo de desplazamiento, y los sistemas de transformación del movimiento, donde se convierte un movimiento circular en lineal o viceversa, como ocurre en el mecanismo biela-manivela. Asimismo, existen sistemas diseñados para modificar la velocidad, la dirección o la magnitud de la fuerza aplicada, lo que les confiere ventajas mecánicas significativas en aplicaciones industriales y tecnológicas.

Entre los tipos más representativos se encuentran los sistemas de engranajes, que permiten transmitir movimiento circular entre ejes; los sistemas de poleas, que facilitan la elevación de cargas reduciendo el esfuerzo requerido; los sistemas tornillo sin fin, empleados para transmitir movimiento entre ejes perpendiculares; y los sistemas piñón-cremallera, que convierten el movimiento rotatorio en lineal. Estos mecanismos, aunque simples en su concepción, son la base de sistemas más complejos como motores de combustión interna, robots industriales y máquinas CNC, donde se integran múltiples subsistemas para garantizar precisión y eficiencia en la conversión de energía.

En cuanto a sus características esenciales, los sistemas mecánicos presentan una estructura compuesta por elementos motrices, transmisores y receptores, que interactúan para cumplir una función determinada. Se distinguen por su capacidad para controlar la velocidad y dirección del movimiento, amplificar fuerzas y transformar energía cinética en energía potencial o viceversa. Además, requieren mantenimiento preventivo para evitar desgaste, fricción excesiva y pérdida de eficiencia, factores que influyen directamente en su vida útil y en la seguridad operativa. Su versatilidad y adaptabilidad los convierten en pilares de la ingeniería moderna, presentes en aplicaciones que van desde dispositivos cotidianos hasta maquinaria industrial avanzada.

(Lifeder. (2025). Sistemas mecánicos: concepto, características y ejemplos).

Leva

La leva es un tipo de mecanismo que permite transformar un movimiento circular a un movimiento rectilíneo mediante el contacto directo a un seguidor. Una leva está sujeta a un eje por un punto que no es su centro geométrico, sino un alzado de centro. En la mayoría de los casos es de forma ovoide.

Una leva es un elemento de máquina que tiene un perfil (o una ranura) curvo y que, por su movimiento alternativo o de rotación comunica un movimiento prefijado a otro elemento denominado seguidor, cuyo movimiento puede ser de traslación o de rotación. Forma parte de los mecanismos de leva seguidor.

Levas radiales:

Leva de placa o de disco: Con forma de perfil curvo y espesor constante en la que el contacto con el seguidor tiene lugar a través de la superficie lateral correspondiente al espesor de la placa.

Leva de cuña: Tipo de leva similar a la leva de placa, pero habitualmente animada de movimiento de traslación.

Levas axiales

Leva cilíndrica nervada: De tipo axial con forma cilíndrica y un nervio exterior al cilindro que, al girar la leva, provoca el desplazamiento del seguidor en dirección paralela al eje de giro de la leva.

Leva cilíndrica ranurada: De tipo axial con forma cilíndrica y una o más ranuras labradas sobre el cilindro que, al girar la leva, provocan el desplazamiento del seguidor o seguidores en dirección paralela al eje de giro de la leva.

Leva cilíndrica de cara: De tipo axial con forma de un cilindro al que se le ha practicado una sección oblicua respecto a su eje, sección sobre la que apoya el seguidor, que se mueve en dirección paralela al eje de giro de la leva.

(Myszka, D. H. (2012). Máquinas y mecanismos)

Seguidor de leva

Un seguidor de leva es el componente que está en contacto con la leva y se mueve siguiendo su perfil. Su función principal es transformar el movimiento rotatorio de la leva en un movimiento lineal o alternativo, transmitiendo fuerza y movimiento de manera precisa. Estos seguidores son esenciales en mecanismos como motores, máquinas textiles, sistemas de automatización y otros equipos industriales. Deben mantener contacto constante con la leva, resistir fuerzas, minimizar el desgaste y garantizar un movimiento controlado.

Tipos de seguidores de leva según su forma

Seguidor de cuña

Tiene un borde afilado (similar a un cuchillo) que contacta con la leva.

Es simple, pero presenta alto desgaste y fricción debido al contacto puntual.

Se usa en mecanismos donde el espacio es reducido y no se requiere alta velocidad.

Seguidor de cara plana

Posee una superficie plana que se apoya sobre la leva.

Es económico y fácil de fabricar, aunque la fricción es mayor que en otros tipos.

Adecuado para aplicaciones de baja velocidad y cargas moderadas.

Seguidor de rodillo

Incorpora un rodillo que gira sobre su eje, reduciendo la fricción y el desgaste.

Es el más común en sistemas de alta velocidad, como árboles de levas en motores.

Permite un funcionamiento más suave y eficiente.

Seguidor de cara esférica (o zapata curva)

Similar al de cara plana, pero con una superficie convexa (hemisférica).

Reduce el estrés de contacto y la fricción, prolongando la vida útil del mecanismo.

Se emplea en sistemas donde se busca menor desgaste y mejor distribución de cargas.

Ley Fundamental de las Levas

Las ecuaciones que definen el contorno de la leva y por lo tanto el movimiento del seguidor deben cumplir los siguientes requisitos, lo que es llamado la ley fundamental del diseño de levas:

- La ecuación de posición del seguidor debe ser continua durante todo el ciclo.
- La primera y segunda derivadas de la ecuación de posición (velocidad y aceleración) deben ser continuas.
- La tercera derivada de la ecuación (sobre aceleración) no necesariamente debe ser continua, pero sus discontinuidades deben ser finitas.

Las condiciones anteriores deben cumplirse para evitar choques o agitaciones innecesarias del seguidor y la leva, lo cual sería perjudicial para la estructura y el sistema en general. (Myszka, D. H. (2012). Máquinas y mecanismos)

Movimiento estándar de las levas

Para conseguir cualquier tipo de movimiento en el seguidor hay toda una serie de curvas estándar por medio de las cuales resultará más sencillo enlazar los movimientos deseados de forma que resulten funciones continuas, tanto el diagrama de desplazamiento como sus dos primeras derivadas. Este tipo de curvas están basadas en curvas armónicas y cicloidales y son las que se acompañan a continuación:

$$y = \frac{L}{2} \left(1 - \cos \left(\frac{\pi\theta}{\beta} \right) \right)$$

$$y' = \frac{\pi L}{2\beta} \sin \left(\frac{\pi\theta}{\beta} \right)$$

$$y'' = \frac{\pi^2 L}{2\beta^2} \cos \left(\frac{\pi\theta}{\beta} \right)$$

$$y''' = -\frac{\pi^3 L}{2\beta^3} \sin \left(\frac{\pi\theta}{\beta} \right)$$

Movimiento armónico simple (de subida):

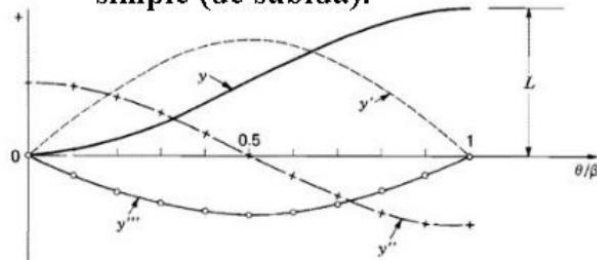


Figura 1: Movimiento armónico simple de subida.
Myszka, D. H. (2012). Máquinas y mecanismos.

$$y = L \left(\frac{\theta}{\beta} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(\frac{2\pi\theta}{\beta} \right) \right)$$

$$y' = \frac{L}{\beta} \left(1 - \cos \left(\frac{2\pi\theta}{\beta} \right) \right)$$

$$y'' = \frac{2\pi L}{\beta^2} \sin \left(\frac{2\pi\theta}{\beta} \right)$$

$$y''' = \frac{4\pi^2 L}{\beta^3} \cos \left(\frac{2\pi\theta}{\beta} \right)$$

Movimiento cicloidal (de subida):

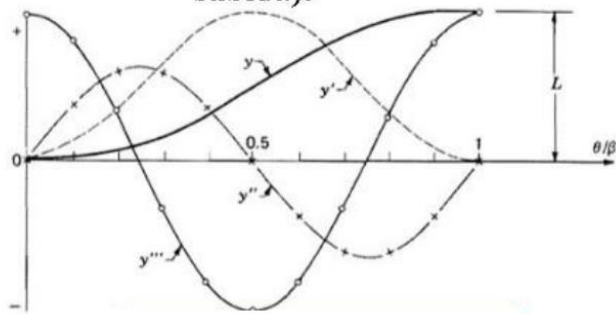


Figura 2: Movimiento cicloidal de subida.
Myszka, D. H. (2012). Máquinas y mecanismos.

$$y = \frac{L}{2} \left[\left(1 - \cos \left(\frac{\pi\theta}{\beta} \right) \right) - \frac{1}{4} \left(1 - \cos \left(\frac{2\pi\theta}{\beta} \right) \right) \right]$$

$$y' = \frac{\pi L}{2\beta} \left[\sin \left(\frac{\pi\theta}{\beta} \right) - \frac{1}{2} \sin \left(\frac{2\pi\theta}{\beta} \right) \right]$$

$$y'' = \frac{\pi^2 L}{2\beta^2} \left[\cos \left(\frac{\pi\theta}{\beta} \right) - \cos \left(\frac{2\pi\theta}{\beta} \right) \right]$$

$$y''' = -\frac{\pi^3 L}{2\beta^3} \left[\sin \left(\frac{\pi\theta}{\beta} \right) - 2 \sin \left(\frac{2\pi\theta}{\beta} \right) \right]$$

Movimiento armónico modificado (de subida):

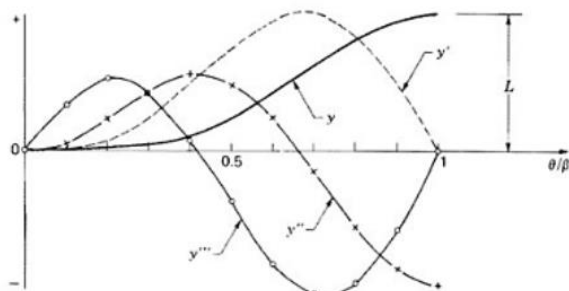


Figura 3: Movimiento armónico modificado de subida.
Myszka, D. H. (2012). Máquinas y mecanismos.

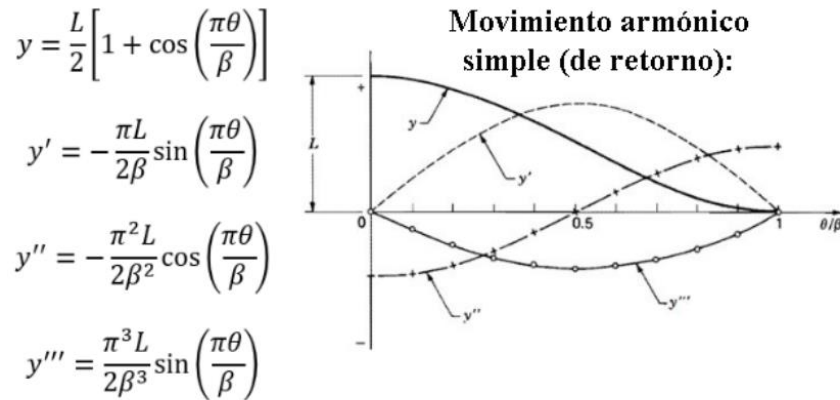


Figura 4: Movimiento armónico simple de retorno.
Myszka, D. H. (2012). Máquinas y mecanismos.

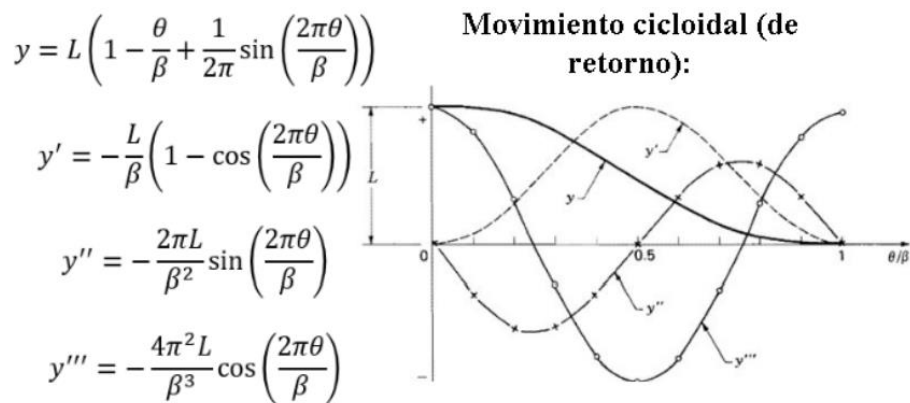


Figura 5: Movimiento cicloidal de retorno.
Myszka, D. H. (2012). Máquinas y mecanismos.

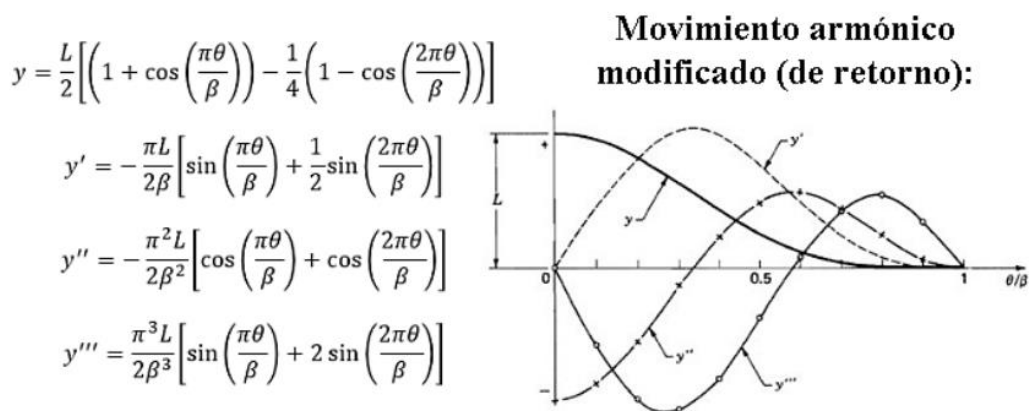


Figura 6: Movimiento armónico modificado de retorno.
Myszka, D. H. (2012). Máquinas y mecanismos.

Engrane

Un engrane se puede considerar como una rueda dentada que cuando se acopla con otra rueda dentada de diámetro más pequeño (piñón), transmitirá rotación de un eje a otro. La función principal de un engrane es transferir potencia de un eje a otro, manteniendo una razón definida entre las velocidades rotacionales de los ejes. Los dientes de un engrane impulsor empujan los dientes del engrane impulsado, ejerciendo una componente de la fuerza perpendicular al radio del engrane. Dentro de los engranes más comunes podemos encontrar los engranes rectos, cónicos y helicoidales.

Un engrane recto es un elemento mecánico formado por ruedas dentadas cuyos dientes son paralelos al eje de rotación. Este tipo de engranaje se utiliza para transmitir movimiento y potencia entre ejes paralelos, ofreciendo simplicidad en su diseño y fabricación, aunque genera niveles de ruido y vibración relativamente altos a velocidades elevadas debido al contacto súbito entre dientes.

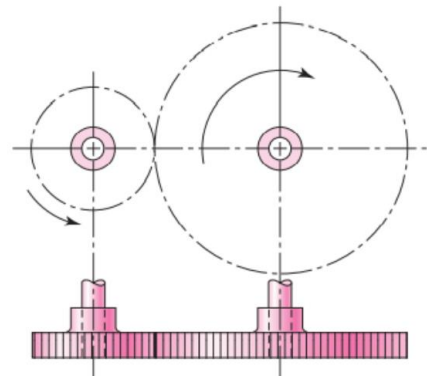


Figura 7: Engrane recto. Budynas, R., & Nisbett, K. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica*

Por otro lado, un engrane cónico está compuesto por ruedas dentadas con forma de cono truncado, cuyos dientes se disponen radialmente. Se emplea para transmitir movimiento entre ejes que se cruzan, generalmente en ángulo recto, aunque pueden adaptarse a otros ángulos. Su geometría permite cambios en la dirección del movimiento.

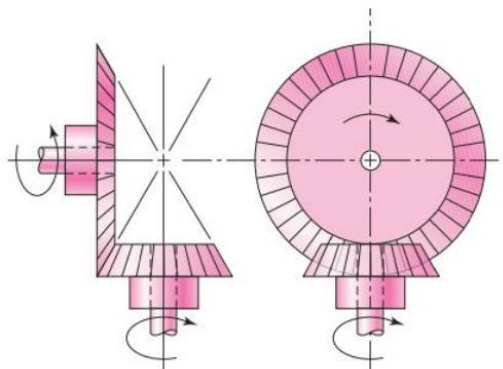


Figura 8: Engrane cónico. Budynas, R., & Nisbett, K. (2012). *Diseño en ingeniería*

Finalmente, un engrane helicoidal se caracteriza por tener dientes inclinados en forma de hélice respecto al eje de rotación.

Esta disposición permite un contacto progresivo entre los dientes, lo que reduce el ruido y la vibración, además de soportar mayores cargas y velocidades que los engranes rectos. Se utiliza principalmente en transmisiones que requieren suavidad y eficiencia. (Budynas, R., & Nisbett, K. (2012). Diseño en ingeniería mecánica)

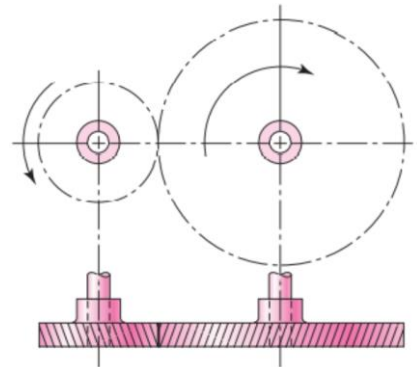


Figura 9: Engrane helicoidal.
*Budynas, R., & Nisbett, K. (2012).
Diseño en ingeniería mecánica*

Diseño asistido por computadora (CAD):

En un sentido amplio, podemos entender el Diseño Asistido por Computador (CAD) como la "aplicación de la informática al proceso de diseño". Puntualizando la definición, entenderemos por Sistema CAD, un sistema informático que automatiza el proceso de diseño de algún tipo de ente, para descartar, como sistemas CAD las aplicaciones que incidan tan solo en algún aspecto concreto del proceso de diseño.

Los medios informáticos se pueden usar en la mayor parte de las tareas del proceso, siendo el dibujo el punto en el que más profusamente se ha utilizado. Una herramienta CAD es un sistema software que aborda la automatización global del proceso de diseño de un determinado tipo de ente.

El éxito en la utilización de sistemas CAD radica en la reducción de tiempo invertido en los ciclos de exploración. Fundamentalmente por el uso de sistemas gráficos interactivos, que permiten realizar las modificaciones en el modelo y observar inmediatamente los cambios producidos en el diseño.

El desarrollo de un sistema CAD se basa en la representación computacional del modelo. Esto permite realizar automáticamente el dibujo de detalle y la documentación del diseño, y posibilita la utilización de métodos numéricos para realizar simulaciones sobre el modelo, como una alternativa a la construcción de prototipos.

El ciclo de diseño utilizando un sistema CAD se ve afectado, tan solo, por la inclusión de una etapa de simulación entre la creación del modelo y la generación de bocetos. Esta simple modificación supone un ahorro importante en la duración del proceso de diseño, ya que permite adelantar el momento en que se detectan algunos errores de diseño. (Torres, J. C. (s.f.). Diseño asistido por ordenador).

SolidWorks

SolidWorks es un software de diseño asistido por computadora (CAD) desarrollado por Dassault Systemes, ampliamente utilizado en ingeniería y diseño industrial para la creación de modelos tridimensionales. Se trata de una herramienta paramétrica que permite generar piezas, ensamblajes y planos con gran precisión, facilitando el desarrollo de productos desde la fase conceptual hasta la fabricación. Su funcionamiento se basa en la creación de modelos 3D mediante operaciones como extrusión, revolución y barrido, que se aplican sobre bocetos bidimensionales. Una de sus principales características es el uso de parámetros y relaciones entre las entidades del modelo, lo que permite modificar dimensiones y geometrías de manera dinámica sin necesidad de reconstruir el diseño desde cero. SolidWorks no solo sirve para diseñar piezas, sino también para realizar análisis de esfuerzos, simulaciones de movimiento y estudios térmicos, gracias a sus módulos integrados de ingeniería asistida por computadora (CAE). Además, ofrece herramientas para generar planos técnicos y listas de materiales, lo que lo convierte en una solución completa para el ciclo de desarrollo de productos. Su interfaz intuitiva y la integración con otros programas de diseño y manufactura lo han posicionado como uno de los sistemas CAD más utilizados en sectores como la automoción, la aeronáutica y la fabricación de maquinaria.

(Dassault Systemes. (2025). SOLIDWORKS).

AutoCAD

AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora creado por Autodesk, reconocido mundialmente como una de las herramientas más versátiles para dibujo técnico y modelado.

A diferencia de otros programas orientados exclusivamente al diseño tridimensional, AutoCAD se caracteriza por su capacidad para trabajar tanto en 2D como en 3D, lo que lo hace ideal para arquitectos, ingenieros y diseñadores industriales. Su funcionamiento se basa en la creación de entidades geométricas como líneas, arcos y polígonos, que pueden combinarse para generar planos detallados y modelos tridimensionales. AutoCAD utiliza un sistema de coordenadas cartesianas que permite definir con exactitud la posición de cada elemento, garantizando precisión en el diseño.

Además, incorpora herramientas para acotar, anotar y organizar los dibujos mediante capas, lo que facilita la gestión de proyectos complejos. Este software no solo sirve para elaborar planos arquitectónicos, sino también para diseñar piezas mecánicas, diagramas eléctricos y esquemas de instalaciones, gracias a sus bibliotecas y funciones especializadas. Con el tiempo, AutoCAD ha evolucionado para incluir capacidades de renderizado, modelado sólido y compatibilidad con formatos BIM, lo que amplía su aplicación en proyectos de construcción y manufactura. Su versatilidad, junto con la posibilidad de automatizar tareas mediante scripts y programación en AutoLISP, lo convierte en una herramienta esencial en el ámbito del diseño técnico y la ingeniería. (Autodesk. (2025). AutoCAD).

Impresión 3D

La impresión 3D, también conocida como fabricación aditiva, es una tecnología de producción que consiste en la creación de objetos tridimensionales a partir de un archivo digital mediante la adición sucesiva de material capa por capa. A diferencia de los métodos de fabricación tradicionales, que suelen basarse en la eliminación de material mediante procesos como el mecanizado o el corte, la impresión 3D construye directamente la pieza desde su base hasta su forma final, lo que permite una mayor eficiencia en el uso de materiales y una gran libertad de diseño.

Esta tecnología se ha convertido en una herramienta clave en áreas como la ingeniería, la manufactura, la medicina, la arquitectura y la educación, debido a su capacidad para materializar diseños complejos de forma rápida y precisa.

El funcionamiento de la impresión 3D comienza con el diseño del modelo digital, el cual se elabora generalmente mediante software de diseño asistido por computadora (CAD). Una vez creado el modelo, el archivo se convierte a un formato compatible, como STL u OBJ, y se procesa mediante un programa de laminado, que divide el diseño en capas bidimensionales y genera las instrucciones que seguirá la impresora. Posteriormente, la impresora 3D deposita o solidifica el material capa por capa siguiendo estas instrucciones, hasta completar el objeto. Dependiendo de la tecnología empleada, el material puede ser plástico, resina, metal, cerámica o incluso biomateriales, y su solidificación puede lograrse mediante calor, luz ultravioleta o reacciones químicas controladas.

La impresión 3D sirve principalmente para fabricar prototipos, piezas funcionales y productos personalizados de manera rápida y económica, especialmente en etapas de desarrollo y validación de diseños. En la industria, permite reducir tiempos de producción, costos de herramientas y dependencia de procesos complejos, facilitando la innovación y la experimentación. En el ámbito médico, se utiliza para crear prótesis personalizadas, modelos anatómicos y guías quirúrgicas, mejorando la precisión de los tratamientos. Asimismo, en la educación y la investigación, la impresión 3D actúa como una herramienta didáctica que facilita la comprensión de conceptos técnicos al permitir la visualización y manipulación de modelos físicos.

En términos operativos, esta tecnología destaca por su flexibilidad, ya que es posible modificar diseños digitales sin necesidad de reinventar el proceso productivo, y por su capacidad para fabricar geometrías que serían difíciles o imposibles de obtener con métodos convencionales. Además, la impresión 3D favorece la producción bajo demanda, reduciendo inventarios y desperdicios. Aunque aún presenta limitaciones relacionadas con velocidades de fabricación, acabados superficiales y propiedades mecánicas de los materiales, su evolución constante la posiciona como una de las tecnologías más relevantes en la transformación de los sistemas modernos de manufactura. (Cruz Morales, R. D., Sánchez García, D., & Hedain López Mera, G. (2025). ¿Qué es la impresión 3D? CNC e Impresión 3D)

Gestión y optimización de procesos

Metodología

La metodología se define como el conjunto estructurado de procedimientos, técnicas y herramientas que se emplean para desarrollar una investigación o ejecutar un proyecto de manera ordenada y sistemática. En el ámbito de la ingeniería, la metodología permite establecer un marco lógico que guía la toma de decisiones, la recolección de datos y el análisis de resultados, asegurando que el proceso sea reproducible y verificable. Su función principal es proporcionar una ruta clara para alcanzar los objetivos planteados, evitando la improvisación y garantizando la coherencia entre las etapas del trabajo. El diseño metodológico incluye la definición del problema, la selección de métodos de análisis, la planificación de actividades y la validación de resultados, lo que contribuye a la calidad y confiabilidad del proyecto. En esencia, la metodología actúa como un puente entre la teoría y la práctica, permitiendo que las ideas se transformen en soluciones concretas mediante procedimientos racionales y medibles.

(Gallego, A. P., & Gonzales, R. (2017). Metodología de la investigación en ingeniería).

El uso de la metodología I+D+I (Investigación, Desarrollo e Innovación) en este proyecto está plenamente justificado por la complejidad técnica del problema, el enfoque multidisciplinario requerido y el objetivo de desarrollar una solución original y funcional para la industria textil. El proyecto aborda una limitación crítica de las máquinas de coser CNC: la interrupción del proceso de costura debido al uso de bobinas con capacidad limitada, lo cual genera productos no conformes y pérdida de material. Esta problemática no tiene una solución convencional efectiva, por lo que exige una investigación técnica profunda, revisión de antecedentes, análisis de tecnologías similares y estudio funcional del proceso, acciones propias de la fase de Investigación.

Posteriormente, en la fase de Desarrollo, se diseñará un nuevo sistema de alimentación continua de hilo que sustituya la bobina inferior, aplicando herramientas como modelado CAD, selección de materiales, simulaciones y manufactura de un prototipo de alta fidelidad. Esta etapa implica ingeniería aplicada, con pruebas funcionales que validen el desempeño del mecanismo bajo condiciones reales.

Finalmente, en la fase de Innovación, se estimará el impacto industrial del sistema propuesto, su viabilidad técnica y económica, así como su potencial de implementación a gran escala.

A diferencia de otras metodologías centradas en la mejora de procesos existentes, I+D+I permite crear soluciones nuevas, validadas desde su concepción hasta su aplicación real. Esta metodología alinea perfectamente los objetivos académicos con los requerimientos industriales de una empresa como iSi Automotive de México y garantiza que el proyecto no solo resuelva un problema puntual, sino que genere conocimiento, tecnología y una mejora tangible y escalable.



Figura 10: Etapas I+D+I

Tiempo ciclo

El tiempo ciclo se refiere al intervalo total que transcurre desde el inicio de un proceso productivo hasta la obtención del producto terminado, incluyendo todas las operaciones necesarias para completar una unidad. Este indicador es fundamental en la gestión de la producción, ya que permite medir la eficiencia del sistema y detectar oportunidades de mejora. Su cálculo considera el tiempo de procesamiento, el tiempo de espera entre operaciones y cualquier actividad que forme parte del flujo de trabajo.

Reducir el tiempo ciclo implica optimizar recursos, eliminar cuellos de botella y aplicar técnicas como la manufactura esbelta, lo que se traduce en una mayor productividad y reducción de costos. En la práctica, el tiempo ciclo funciona como un parámetro clave para planificar la capacidad de producción, establecer cronogramas y cumplir con los plazos de entrega, siendo esencial en entornos industriales donde la competitividad depende de la rapidez y la calidad del servicio.

(Lauri, K. H. (2022). ¿Qué es el tiempo de ciclo en el proceso de fabricación?).

Tiempo muerto

El tiempo muerto se define como el período en el que los recursos productivos permanecen inactivos debido a interrupciones no planificadas, fallas en el equipo, falta de materiales o problemas de organización. Este fenómeno representa una pérdida directa de eficiencia, ya que durante el tiempo muerto no se genera valor agregado, pero se siguen consumiendo costos fijos como energía, espacio y mano de obra. Su identificación y reducción son objetivos prioritarios en la gestión de operaciones, dado que impacta en la productividad global y en la rentabilidad del proceso. El análisis de tiempos muertos permite detectar causas raíz, implementar mantenimientos preventivos y mejorar la programación de tareas, evitando paros innecesarios. En términos funcionales, controlar el tiempo muerto significa garantizar la continuidad del flujo de trabajo, optimizar la utilización de recursos y mantener la estabilidad del sistema productivo.

(Hernández, I. L., Castillo, Z., Zapata, A., & Alcalá, C. A. (2023). Identificación y reducción de tiempos muertos como estrategia de productividad en la industria metal mecánica).

Producto no conforme

Un producto no conforme es aquel que no cumple con las especificaciones técnicas, normativas o requisitos establecidos por el cliente o la organización. Este concepto es central en los sistemas de gestión de calidad, ya que la presencia de productos no conformes afecta la satisfacción del cliente, incrementa los costos por reprocesos y puede generar riesgos legales o de seguridad. La detección de no conformidades se realiza mediante inspecciones, pruebas y auditorías, que permiten identificar desviaciones en las características físicas, funcionales o estéticas del producto.

Una vez detectado, el producto no conforme debe ser controlado mediante procedimientos que eviten su uso o entrega, aplicando acciones correctivas como reparación, reproceso o eliminación. El control eficaz de productos no conformes contribuye a la mejora continua, reduce desperdicios y asegura que el sistema productivo mantenga estándares de calidad consistentes, fortaleciendo la competitividad y la confianza en la organización. (ISO9001calidad. (2025). Control de producto no conforme).

Desarrollo

El presente proyecto se desarrolla en la planta de iSi Automotive de México S.A. de C.V., específicamente en el departamento de ingeniería “Ingeniería de procesos” en la estación 341 de la línea 5 (Máquina tomada como referencia), que es la línea específica de costura KAB (Kopf Air Bag) donde se hallan las máquinas de costura CNC.

Es aquí mismo, donde se dimensionarán y validarán las medidas, así como también en función de esta máquina se relacionarán los parámetros físicos respectivos y pruebas experimentales que pudiesen existir.



Figura 11: Línea 5 costura KAB

Recopilación de datos

La siguiente tabla muestra el Top de defectos que producen SCRAP, siendo el concepto “costura no terminada” mayoritariamente el defecto con más frecuencia que se tiene en la empresa con un valor de 25 a 30 piezas de producto no conforme al día.

Tabla 1: Top defectos generales

Row Labels	Sum of Scrap	Count of Mode	Suma de Campo2	Descripción
3R	22	22.92%	0.8	Seam not finished/complete (Operator)
2y	18	41.67%	0.8	Fold in fabric
3P	8	50.00%	0.8	Fabric damaged by process
3O	5	55.21%	0.8	Sewing unspliced
2i	5	60.42%	0.8	Silicone thickness less than specification
2q	5	65.63%	0.8	Fabric with black mark
3M	4	69.79%	0.8	Loose filaments in threads
3K	4	73.96%	0.8	Loose stitch
3f	4	78.13%	0.8	Air pressure side less than specification
Z3	4	82.29%	0.8	NOK fold of stitched component
3B	3	85.42%	0.8	Sewing thread knot
2e	3	88.54%	0.8	End / Start of non-bonded silicone
2n	3	91.67%	0.8	Air bubble in silicon
3J	1	92.71%	0.8	Stitch jumped
3G	1	93.75%	0.8	Non- air pressure side less than specification
2x	1	94.79%	0.8	Missaligned Silicone vs Gauge
A3	1	95.83%	0.8	Incorrect subcomponent position
n2	1	96.88%	0.8	Incomplete dosing (mechanical problem)
2a	1	97.92%	0.8	Silicone thickness less than specification (transparency)
3Q	1	98.96%	0.8	Tensioned seam
E3	1	100.00%	0.8	Splicing wrong position
Grand Total	96		0.8	

El SCRAP por costura no terminada es uno de los defectos que más pérdidas genera. Para ello se contabilizaron las piezas de producto no conforme en el periodo Enero – Diciembre 2024. Recordemos que este tipo de desperdicio es a causa del agotamiento de hilo en la bobina o errores humanos subyacentes al relleno y cambio de bobina.

Tabla 2: SCRAP Enero Diciembre 2024

Mes	SCRAP (Pzs)
Enero	434
Febrero	689
Marzo	745
Abril	928
Mayo	945
Junio	146
Julio	961
Agosto	829
Septiembre	1063
Octubre	983
Noviembre	778
Diciembre	517
Total:	9018

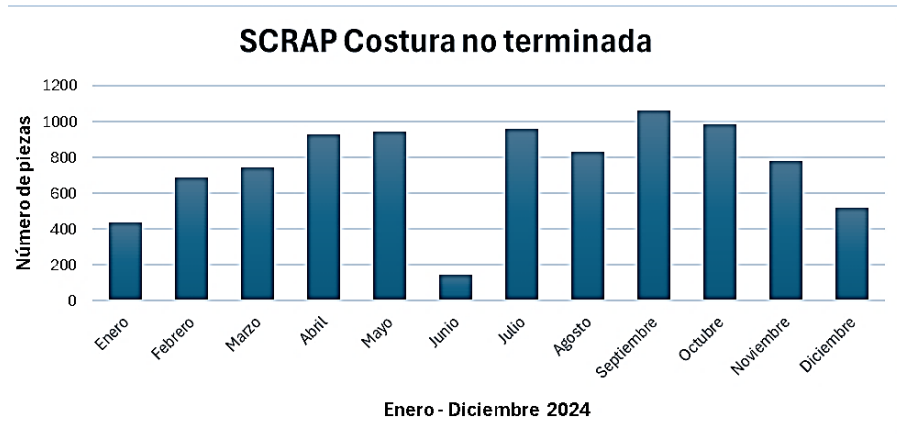


Figura 12: SCRAP Enero Diciembre 2024

Las piezas totales de SCRAP se dividieron por proyectos para tener un panorama más específico sobre que proyecto y que operación genera más SCRAP.

Tabla 3: SCRAP por proyecto

Proyecto	SCRAP (Pzs)
AU 416/2	486
AU 436 RDW	57
AU 512/4	136
AU 513/4	108
BMW G42 NAR	93
BMW G42 RDW	107
C236 FeAB	290
C254	571
X254	1306
X294	276
X296 2R	65
X296 3R	98
PO 426	422
VW 216	99
VW 270/3	37
VW 316/5 LAM	463
VW 316/5 NAR	710
VW 371 NAR	625
VW 371 RDW	185
VW 416	834
VW 416/1	408
VW 316/6	213
X294 SR2 SAB	43
X296 SR1 SAB	179
X296 SR3 SAB	8
VW 216 ROTA SAB	23
VW 316/5 LAM SAB	231
VW 316/5 NAR SAB	252
VW 416 SAB	581
VW 316/6 SAB	112

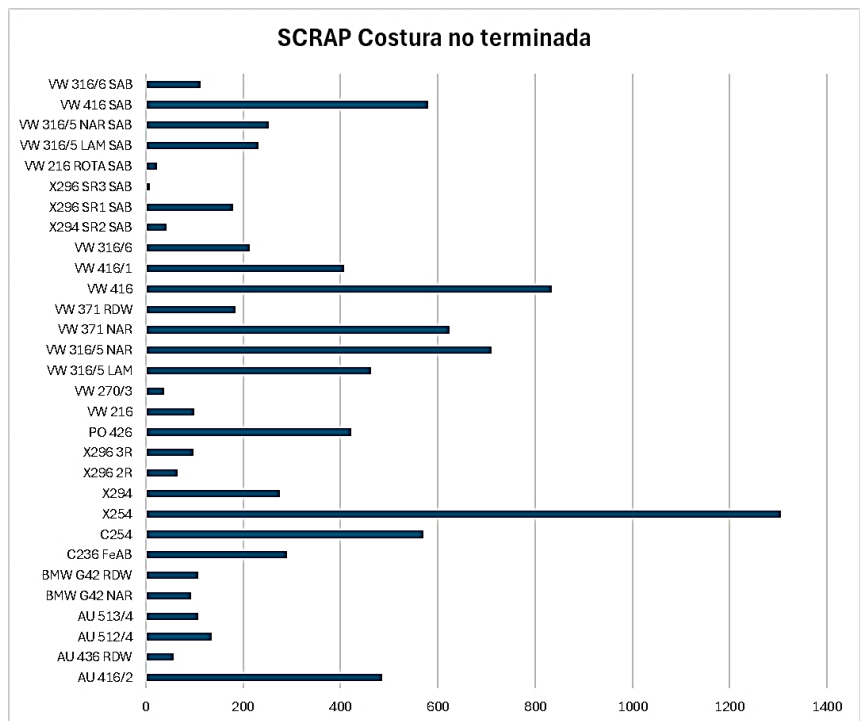


Figura 13: SCRAP por proyecto

Como datos concluyentes observamos que se generaron en ese año 9,018 piezas de SCRAP, a un precio medio de \$200 MXN por pieza, resulta en un costo aproximado de \$1,803,600 MXN. Además, se observa que el proyecto que más SCRAP genera es el KAB X254 con 1306 piezas.

Tabulación de datos

Para la cuantificación de desperdicio de hilo se eligieron dos métodos; el primero consistió en pesar un cono completo de hilo azul y diez carretes por separado llenos de hilo en condiciones normales de trabajo para saber cuántas veces se rellenaba el carrete con un cono completo.

Tabla 4: Método 1 peso por carrete

No. Carrete	Peso (g)
1	3.4
2	3.2
3	3.3
4	3.3
5	3.6
6	3.4
7	3.5
8	3.4
9	3.6
10	3.4

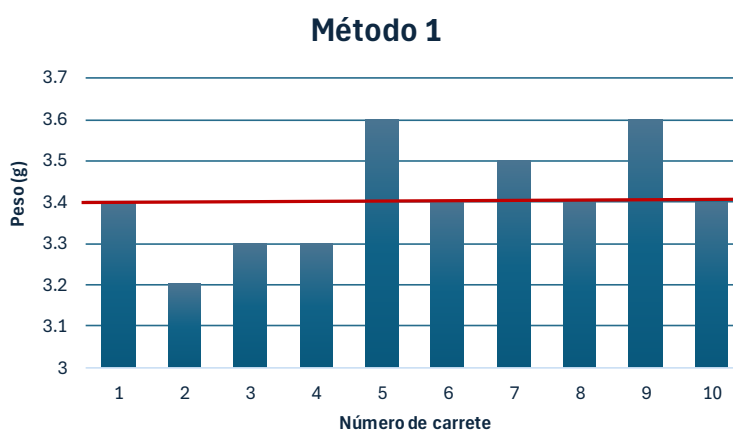


Figura 14: Método 1 peso por carrete

Tabla 5: Método 1 carretes por cono

Peso cono de hilo (g)	510
Peso carrete (g)	3.4 $\pm$ 0.2
Carretes por cono (pzs)	150

Para el segundo método se midió la cantidad de hilo de diez carretes por separado para saber cuántas veces se rellenaba un carrete con un cono completo.

Tabla 6: Método 2 hilo por carrete

No. Carrete	Hilo (m)
1	20.8
2	21.2
3	21.5
4	19.7
5	18.5
6	18.9
7	18.8
8	19.1
9	20.3
10	21.2

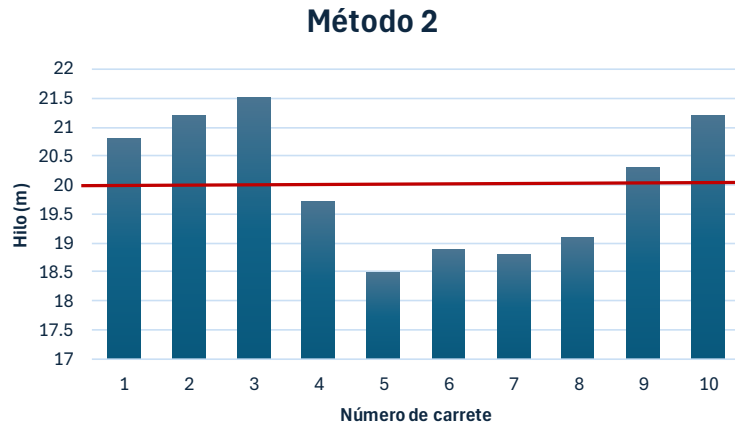


Figura 15: Método 2 hilo por carrete

Tabla 7: Método 2 carretes por cono

Hilo por cono (m)	3000
Hilo por carrete (m)	20 +/- 1.5
Carretes por cono (pzs)	150

Ahora, para calcular el desecho por carrete se consideraron veinte piezas como muestra, en donde se contabilizó el hilo sobrante. Cabe aclarar que el sobrante de hilo está dado en función de la operación a realizar y experiencia del operador.

Tabla 8: Desecho de hilo

No. Carrete	Desecho (m)
1	2.33
2	2.07
3	2.42
4	3
5	1.95
6	1.48
7	2.05
8	0.9
9	2.17
10	2.53
11	2.4
12	2.36
13	2.14
14	1.58
15	1.12
16	1.24
17	1.26
18	1.12
19	2.08
20	2.8

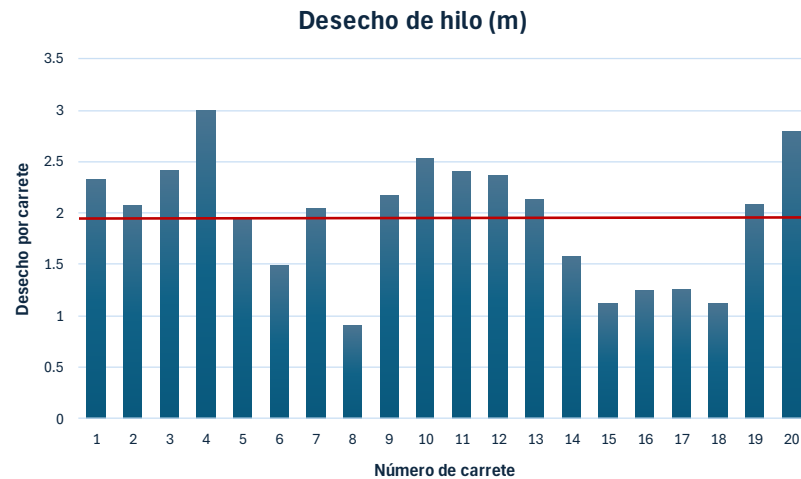


Figura 16: Desecho de hilo

Tabla 9: Desecho total de hilo por cono

Desecho de hilo por carrete (m)	1.95
Desecho total de hilo por cono (m)	292.5

Para la cuantificación del tiempo empleado se seleccionaron cinco operadores no experimentados en este tipo de máquinas y cinco operadores con experiencia. Se les tomó el tiempo por un cambio de bobina completo.

Tabla 10: Tiempo por un cambio de bobina

Tiempo por un cambio de bobina (s)	Operador experimentado	Operador no experimentado
	25	40

Tabla 11: Tiempo total de cambio de bobina por cono

Tiempo total de cambio de bobina por cono (min)	62.5 - 100
--	------------

Para finalizar este punto, se llegó a la conclusión de que por un cono de tres kilómetros de hilo de capacidad se desechan 292.5 metros, lo que es igual al 9.75% y en términos de tiempo, por un cono de hilo azul se emplean de 62.5 a 100 minutos por cambios de bobina, lo que equivale del 9% al 13.89% de una jornada de 12 horas. Además, en una jornada de 12 horas se usan de dos a tres conos, lo que duplica o triplica los porcentajes de tiempo empleado por cambios de bobina.

Diseño de prototipo en software de modelado 3D

Dimensionamiento de espacio

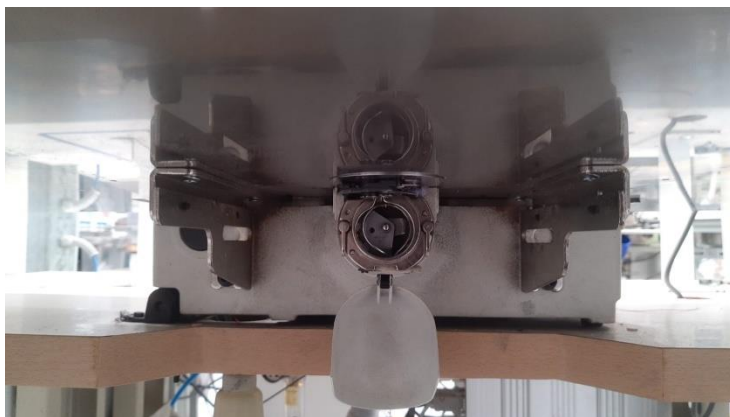


Figura 17: Espacio de trabajo vista frontal



Figura 18: Espacio de trabajo vista isométrica

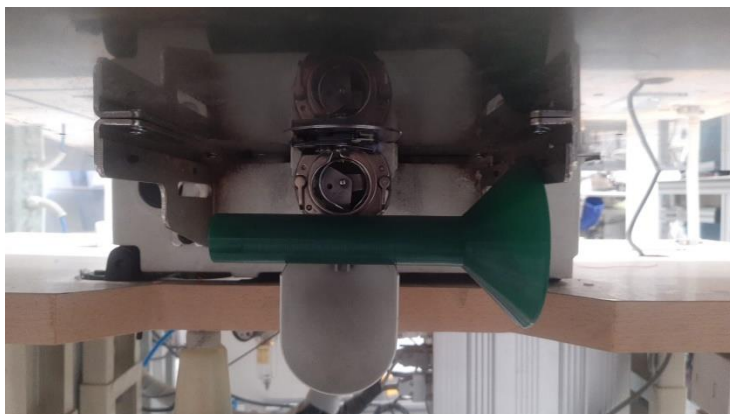


Figura 19: Espacio de trabajo vista con cono

Designado el espacio de trabajo y contemplado las medidas de un posible boceto, se dio inicio al mismo.

Bocetos y diseños conceptuales

La puntada en una máquina de coser se forma gracias a un mecanismo muy ingenioso que involucra dos hilos: uno superior (el hilo de la aguja) y uno inferior (el hilo de la bobina). La aguja, que lleva el hilo superior, perfora la tela y atraviesa hacia abajo, llevando el hilo con ella. Debajo de la tela, hay un mecanismo llamado lanzadera o gancho rotativo. Este gancho atrapa el hilo superior justo cuando la aguja empieza a subir, formando un pequeño lazo. El gancho pasa por dentro del lazo del hilo superior y lo envuelve alrededor del hilo de la bobina (el hilo inferior). Esto entrelaza ambos hilos. La aguja sigue subiendo, y el hilo superior se tensa, lo que hace que el lazo se cierre y se forme una puntada firme en la tela.

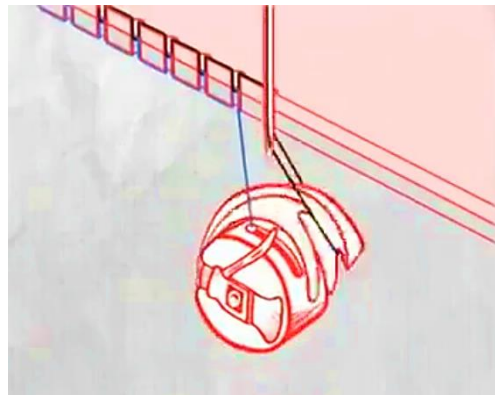


Figura 20: Mecanismo lanzadera
Mecánica Confección (2019). “Como funciona
una máquina de coser y forma la puntada”.

Una vez comprendida la información anterior, se procedió al primer acercamiento de un boceto de media fidelidad del prototipo, por lo cual se muestra un concepto sencillo sin especificaciones técnicas.

A continuación, se muestran los diseños que conforman el primer boceto:

Diseño del cono

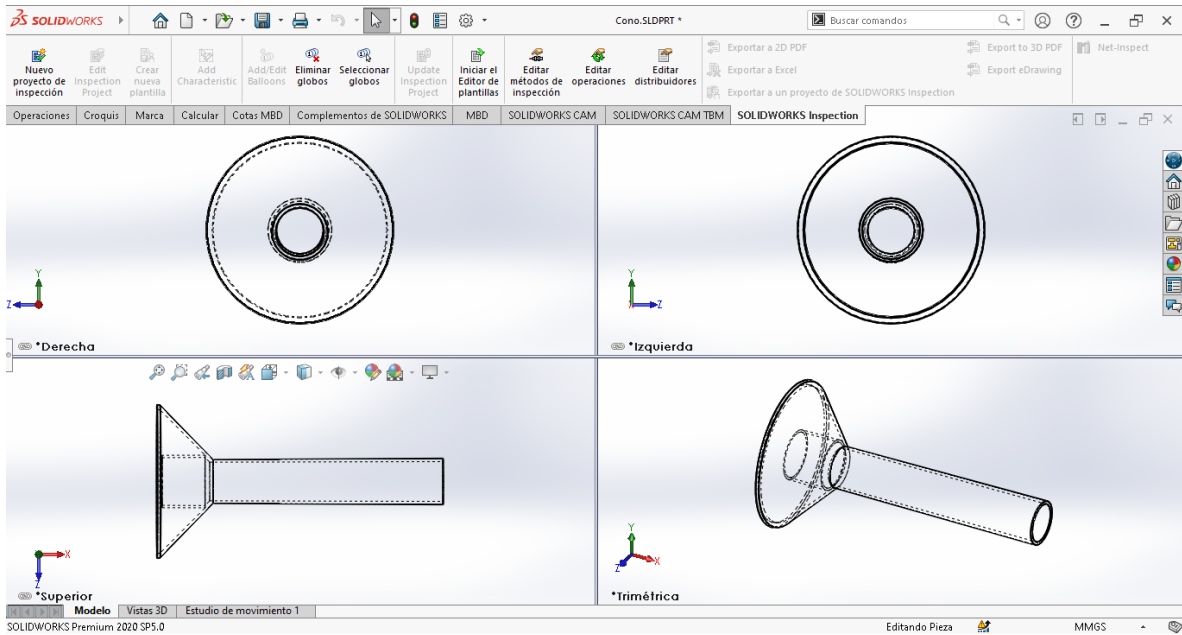


Figura 21: Diseño cono 2D

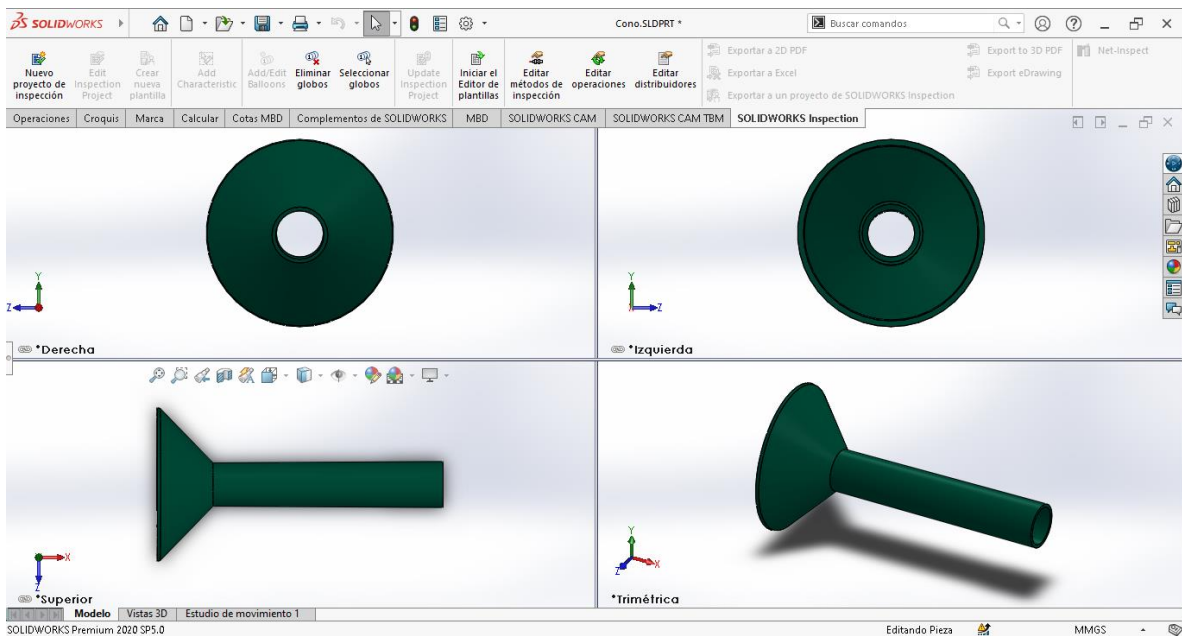


Figura 22: Diseño cono 3D

Diseño de la base metálica

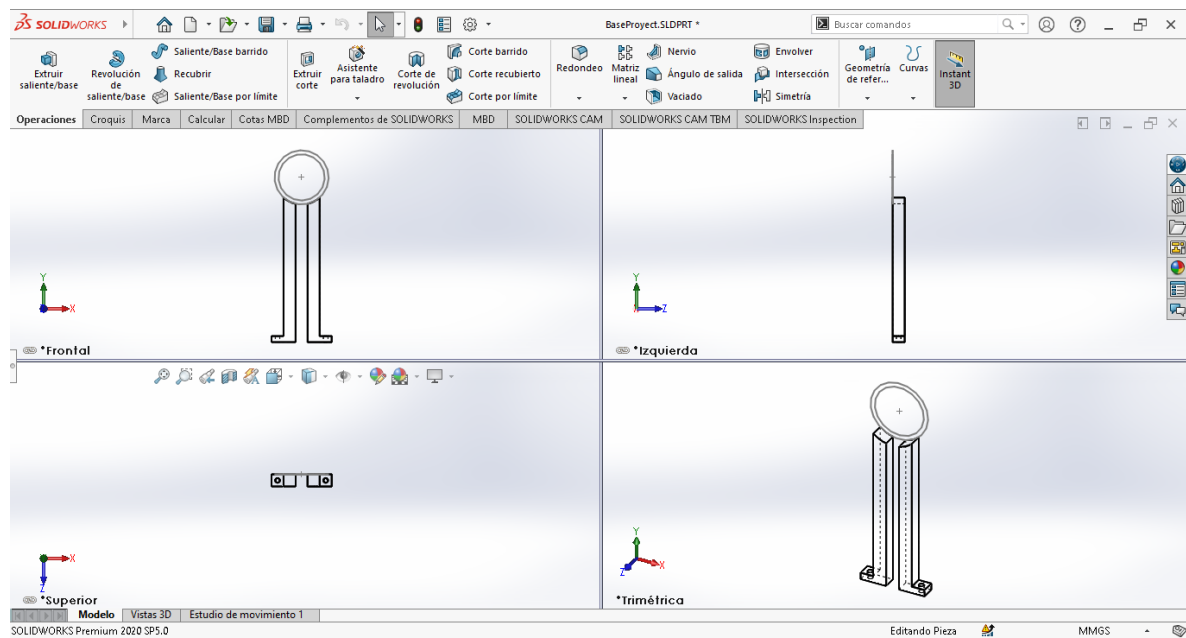


Figura 23: Diseño base metálica 2D

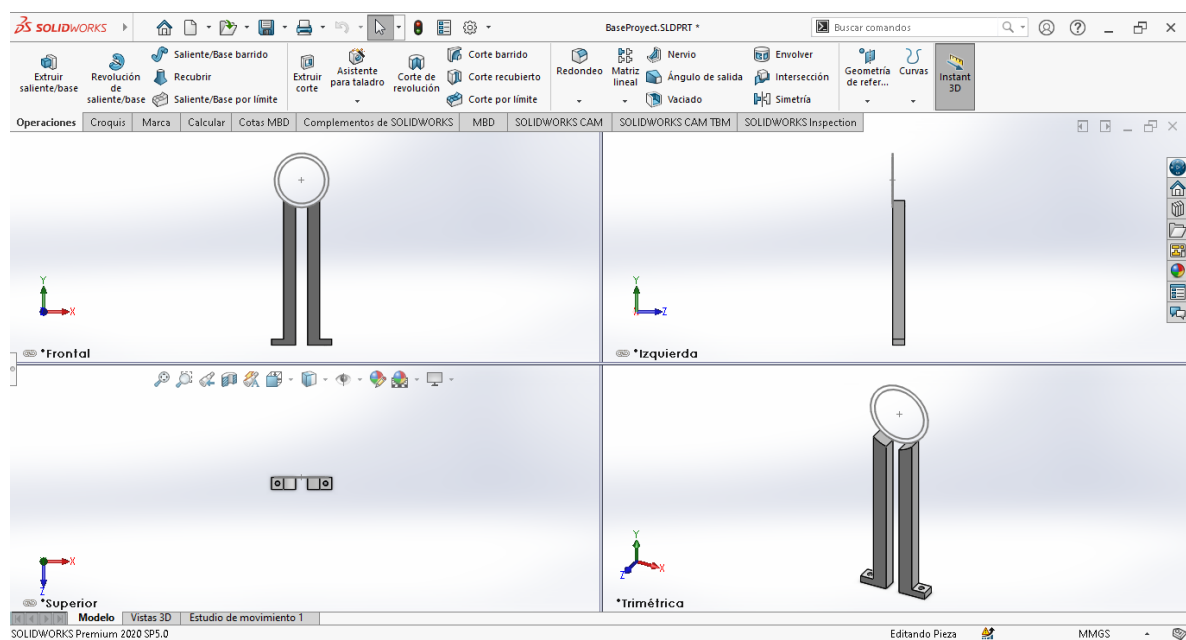


Figura 24: Diseño base metálica 3D

Boceto general del prototipo A

Vista isométrica

[--][Isométrica SE][Conceptual]

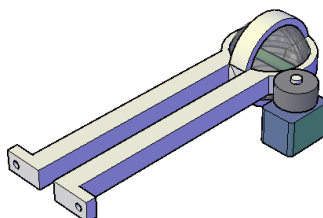


Figura 25: Vista isométrica prototipo A

Vista superior

[--][Superior][Conceptual]

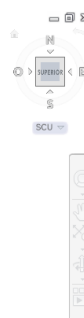
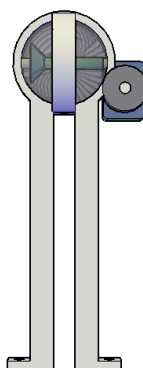


Figura 26: Vista superior prototipo A

Vista derecha

[--][Derecha][Conceptual]

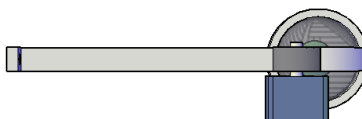


Figura 27: Vista derecha prototipo A

Vista izquierda

[--][Izquierda][Conceptual]

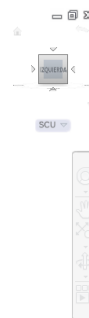
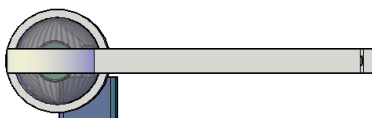


Figura 28: Vista izquierda prototipo A

Vista posterior

[--][Posterior][Conceptual]

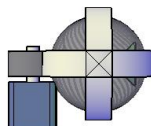


Figura 29: Vista posterior prototipo A

Vista frontal

[--][Frontal][Conceptual]

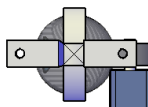


Figura 30: Vista frontal prototipo A

Vista inferior

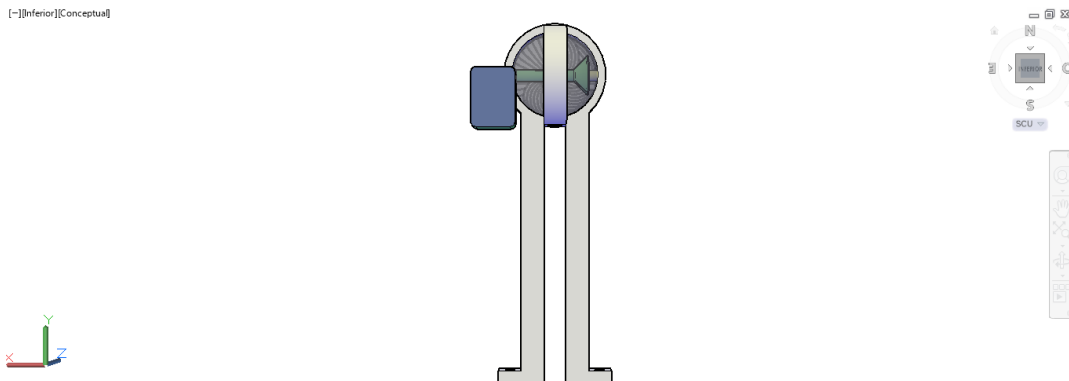


Figura 31: Vista inferior prototipo A

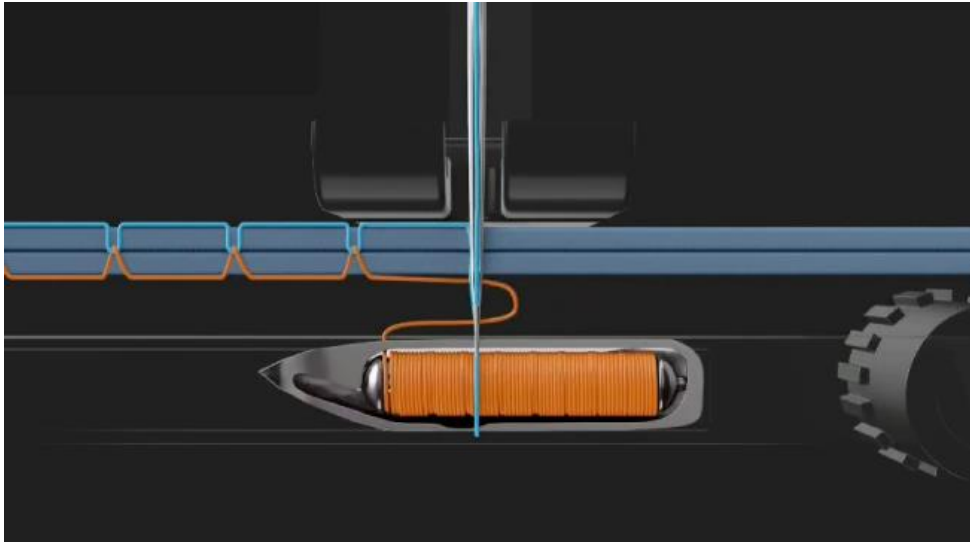
El prototipo A consta de un motor eléctrico, una base metálica y un contenedor cilíndrico transparente para el cono de hilo. La base metálica funciona como soporte de todo el mecanismo y va colocada justo debajo de la máquina de coser. El motor eléctrico lleva un acople de goma para dar impulso al contenedor cilíndrico, el contenedor lleva en su interior el cono de hilo azul, además en su estructura posee un gancho con el cual tomará el hilo rojo saliente de la aguja para hacer la puntada.

Con este prototipo se esperaba resolver la necesidad hacia los cambios de bobina, pero una vez terminado el cono se tendría que desensamblar el contenedor cilíndrico y parte de la base para dar paso a un nuevo cono de hilo azul lleno. Además, al ser la transmisión solo por fricción se estaría sensible a posibles fallos por desgaste.

El prototipo A resultó atender la necesidad de los cambios de bobina, pero resultó no ser funcional para el proceso, ya que todo el sistema sería de tipo invasivo al proceso. Debido a las limitantes de implementar este prototipo se optó por el mejoramiento y rediseño de un prototipo B.

Desarrollo de prototipo B

Para el desarrollo del prototipo B se tomó como inspiración el pespunte hecho por Allen B. Wilson con su lanzadera vibratoria en 1850; una forma de costura antigua en donde la bobina pasa a través de la aguja y el hilo superior.



*Figura 32: Lanzadera vibratoria
Veritasium en español (2023). “La
Genialidad de las Máquinas de Coser”.*

Bocetos y diseños conceptuales

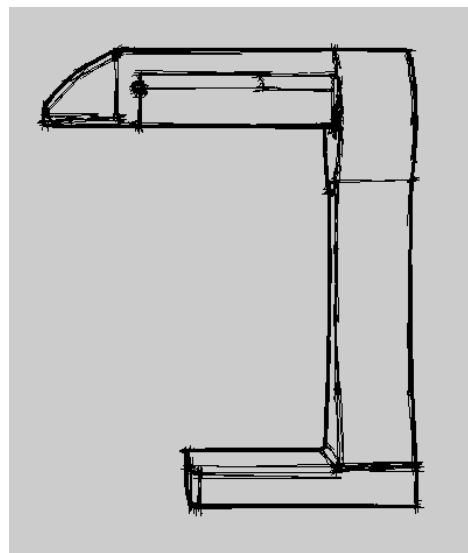
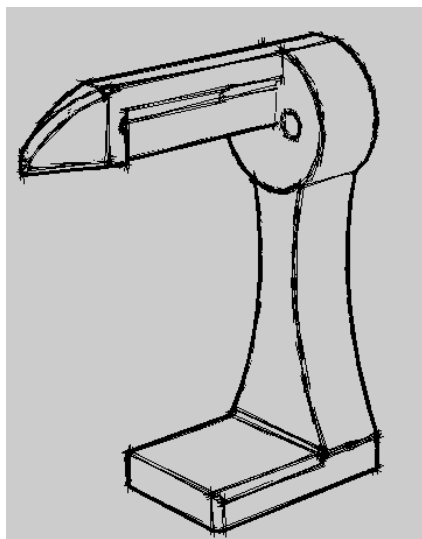


Figura 33: Boceto gancho oscilante

En el desarrollo del prototipo B se hizo un diseño preliminar sobre el gancho oscilante, su función es de guiar y alimentar al hilo inferior a través de la aguja, como su diseño no requiere exigencia alguna se tomó ese dibujo para el prototipo y crearlo en software CAD.

Ahora, para simular el nuevo movimiento de la lanzadera vibratoria, se optó por un mecanismo de vaivén de tres tiempos, que junto con el gancho oscilante podrían hacer una puntada normal y sustituir el método tradicional de costura. En el boceto se observan las piezas del mecanismo, sin embargo, aún no se ideaba la forma con la cual dar el movimiento de vaivén a las piezas involucradas.

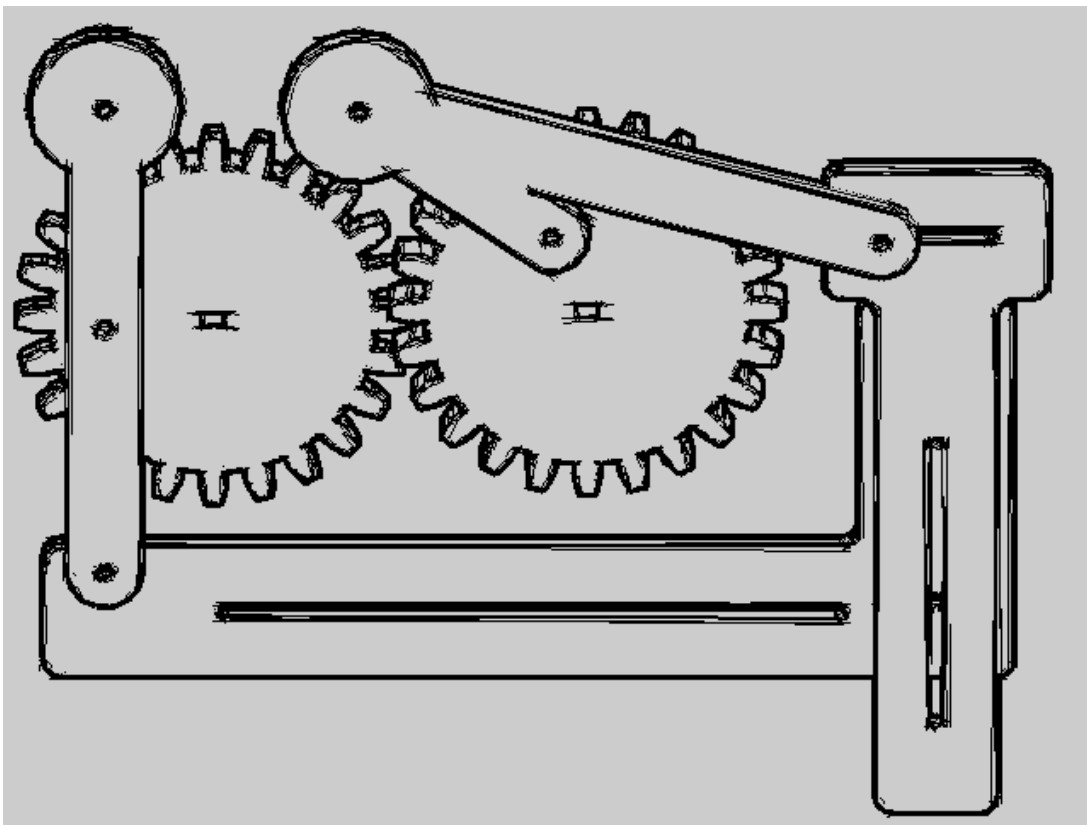


Figura 34: Boceto mecanismo de vaivén

Considerando variables como el largo y ancho de la aguja, la distancia inicial y final de la aguja, así como su respectivo recorrido; finalmente se diseñó el gancho oscilante. Cabe remarcar que el gancho oscilante iría en la punta del actuador del mecanismo de vaivén.

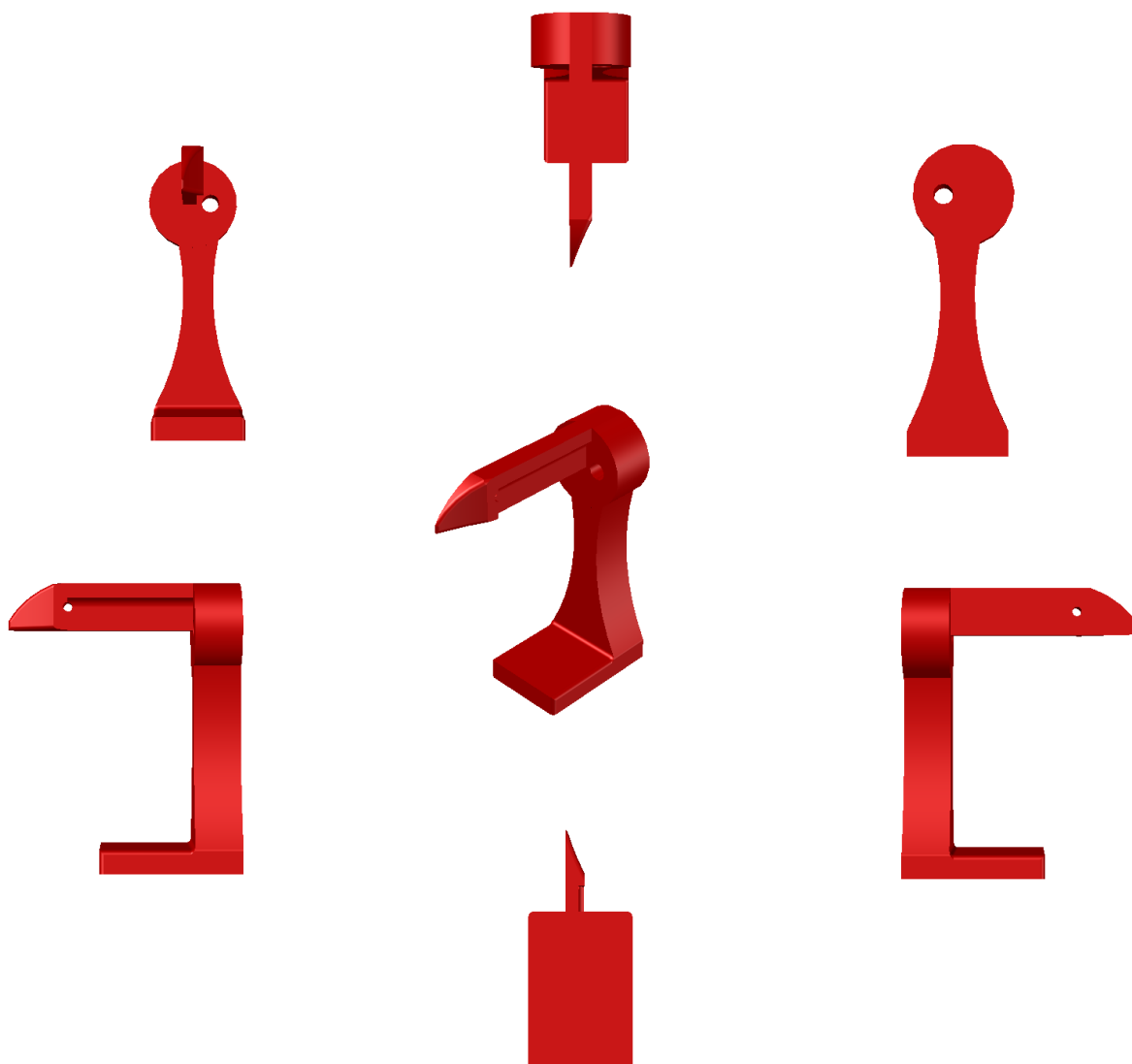


Figura 35: Vistas gancho oscilante

Cálculo y diseño de levas

Para el diseño del mecanismo de vaivén se decidió que el movimiento fuera realizado por levas, se calculó una leva A y B de tipo disco con ranura, ambas con seguidor de cabeza cilíndrica.

Observando la geométrica de nuestras levas se decidió ocupar el movimiento cicloidal de subida y bajada dentro de los movimientos estándar de las levas.

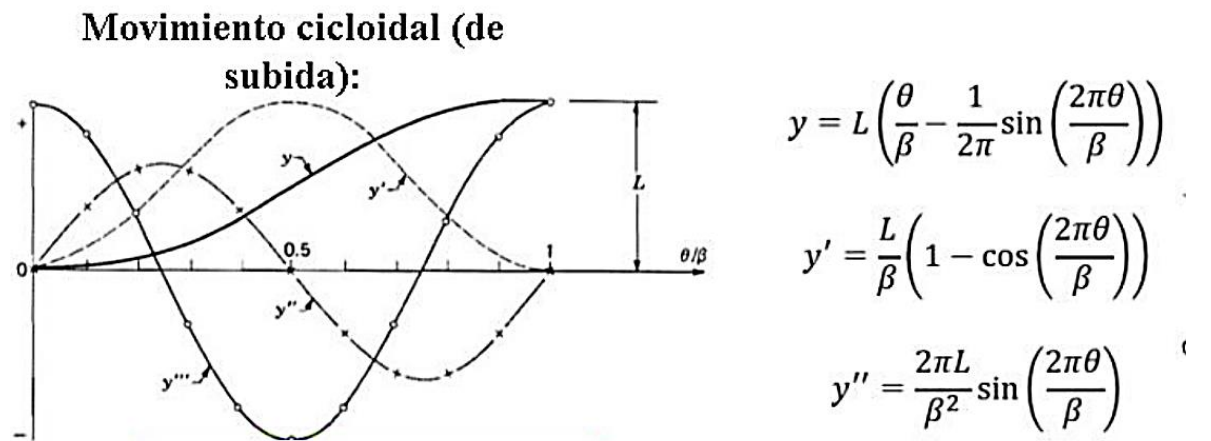


Figura 36: Movimiento cicloidal de subida
Myszka, D. H. (2012). Máquinas y Mecanismos

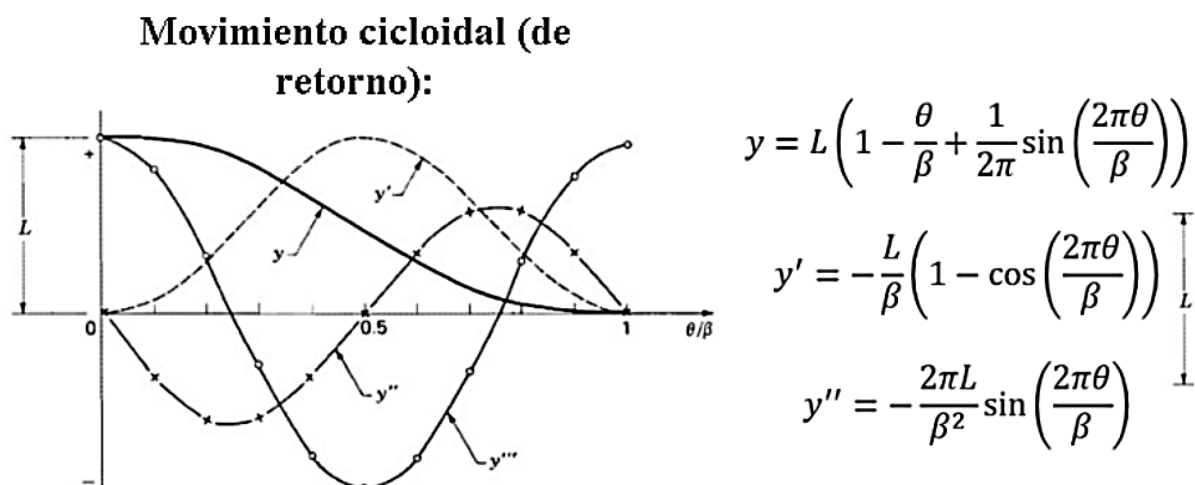


Figura 37: Movimiento cicloidal de retorno
Myszka, D. H. (2012). Máquinas y Mecanismos

L = Desplazamiento en S	y = Posición (mm)
β = Zona del ángulo	y' = Velocidad (mm/s)
S = Altura (mm)	y'' = Aceleración (mm/s ²)
θ = Intervalos (Radianes)	ϕ = Phi (Grados)

Figura 38: Nomenclatura

Además, en el desarrollo de los movimientos de subida y bajada se utilizó un polinomio 3-4-5, para ello se registraron y tabularon los datos en un Excel, dando como resultados prioritarios los diagramas adjuntos.

Polinomio 3 – 4 – 5

$$y = L(10\theta^3 - 15\theta^4 + 6\theta^5)$$

$$y = L(-10\theta^3 + 15\theta^4 - 6\theta^5 + 1)$$

Figura 39: Fórmula polinomio 3-4-5

Leva A

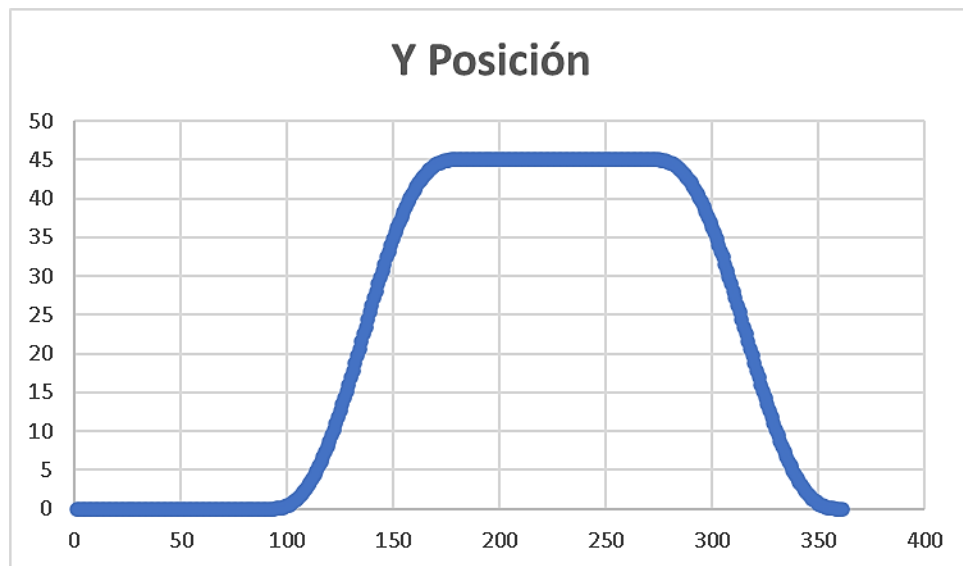


Figura 40: Diagrama de posición

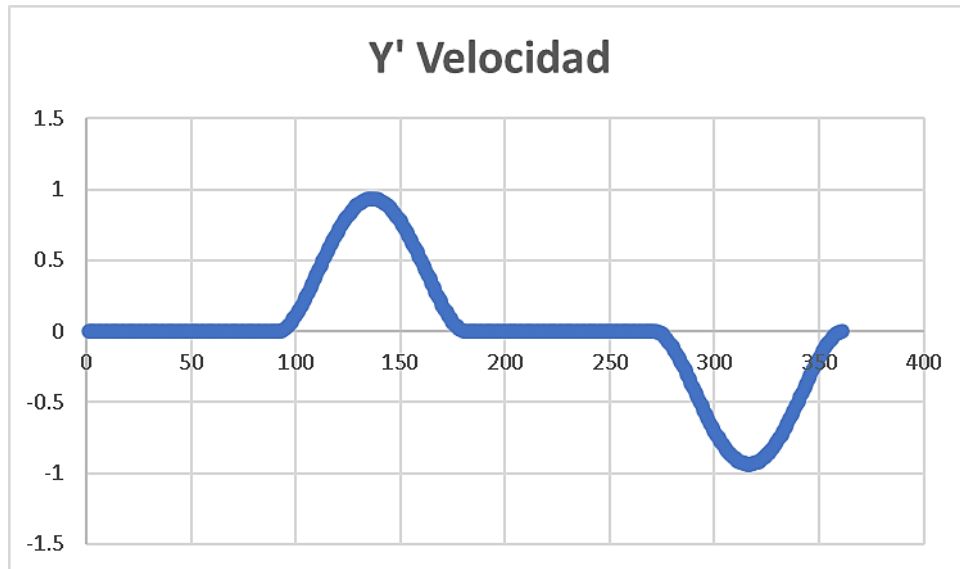


Figura 41: Diagrama de velocidad



Figura 42: Diagrama de aceleración

Leva A

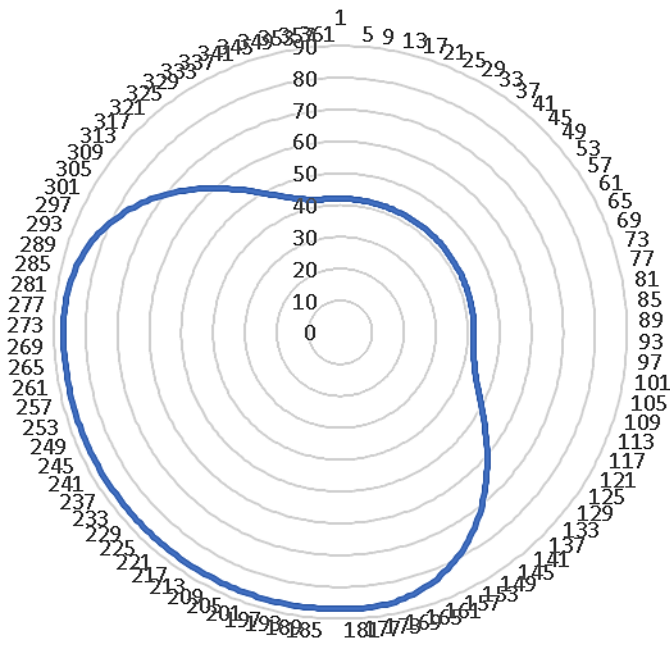


Figura 43: Diagrama leva A

Leva B



Figura 44: Diagrama de posición

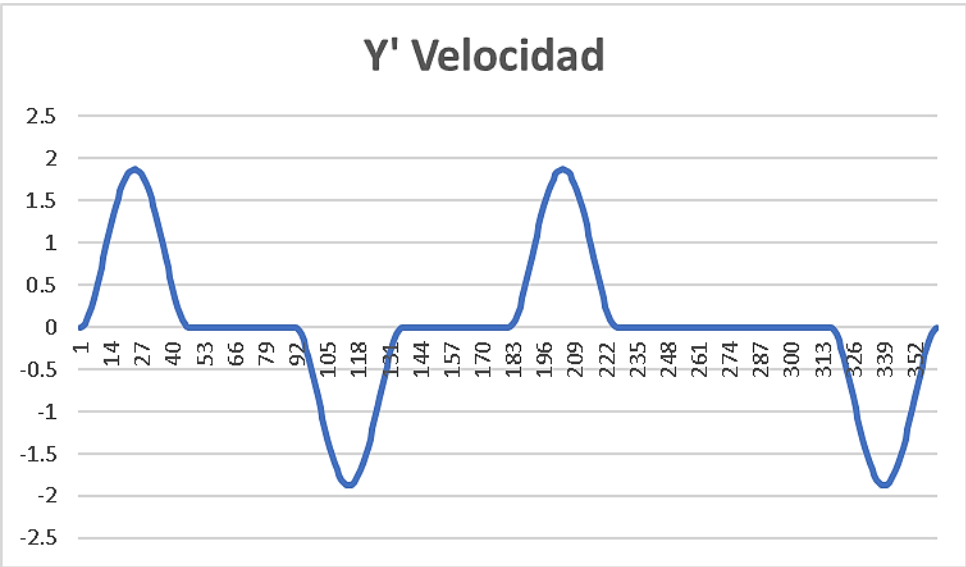


Figura 45: Diagrama de velocidad



Figura 46: Diagrama de aceleración

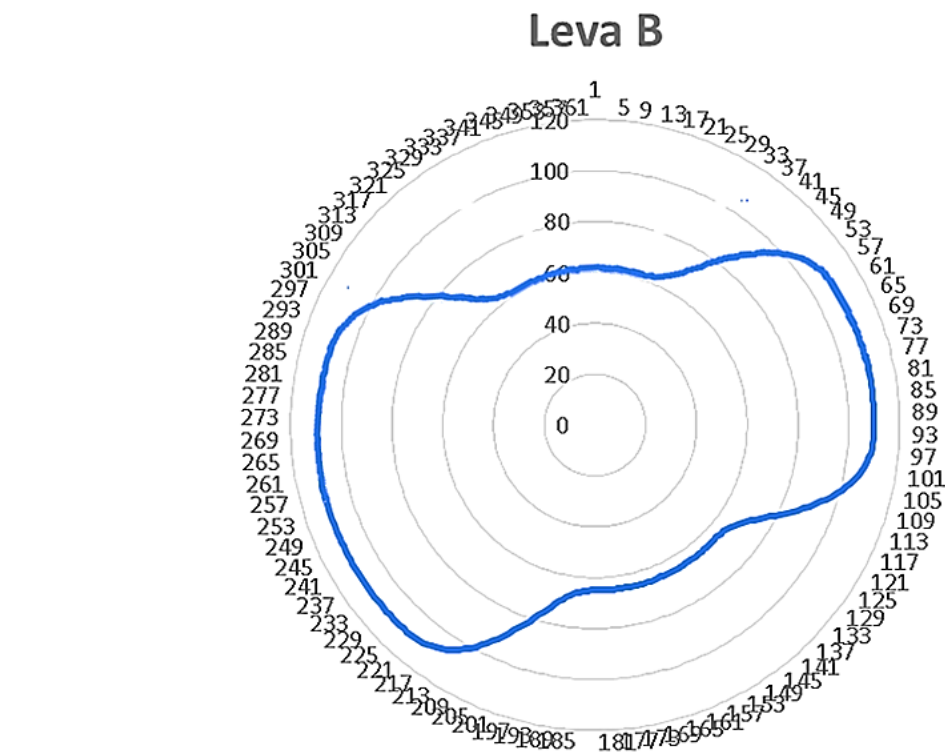


Figura 47: Diagrama leva B

Conservando las geometrías de las levas, se pasaron los diagramas a AutoCAD por medio de un Spline de n cantidad de puntos para mantener al máximo la fidelidad del diseño. Ahora, teniendo todas las piezas listas del mecanismo de vaivén se modelaron.

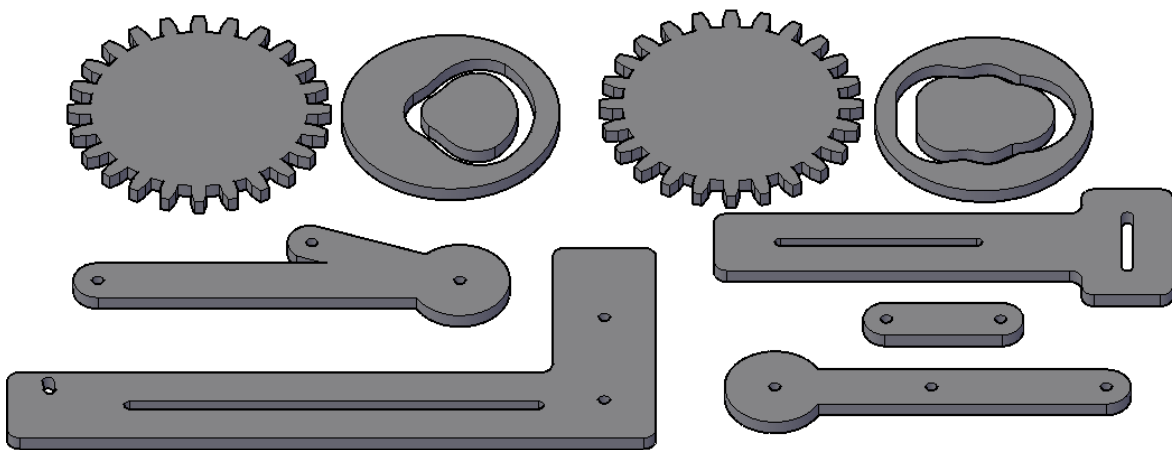


Figura 48: Modelado mecanismo de vaivén

Una vez diseñadas y modeladas todas las piezas se ensamblaron para dar una idea preliminar de como debería quedar el vaivén de tres tiempos.

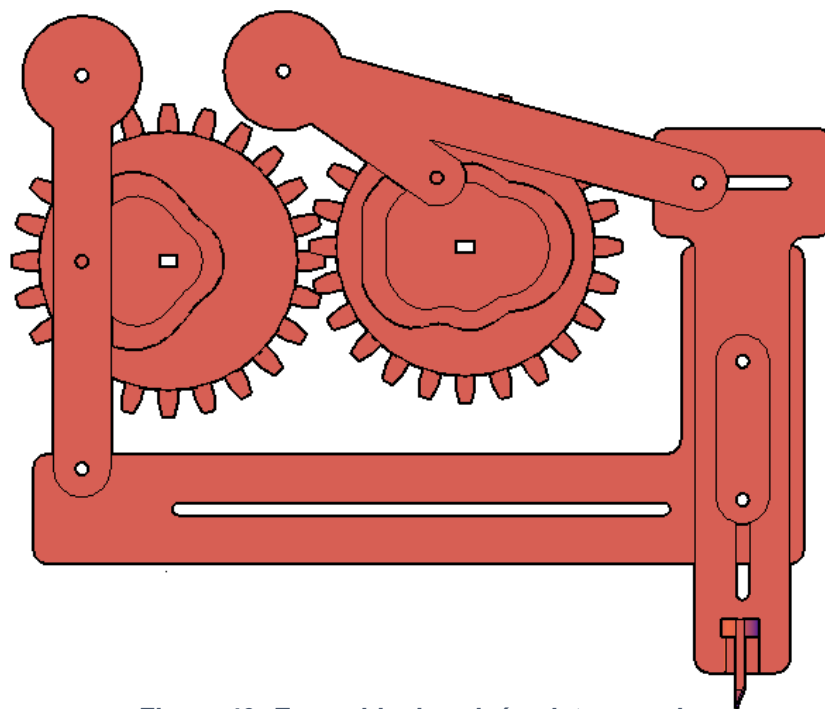


Figura 49: Ensamble de vaivén vista superior

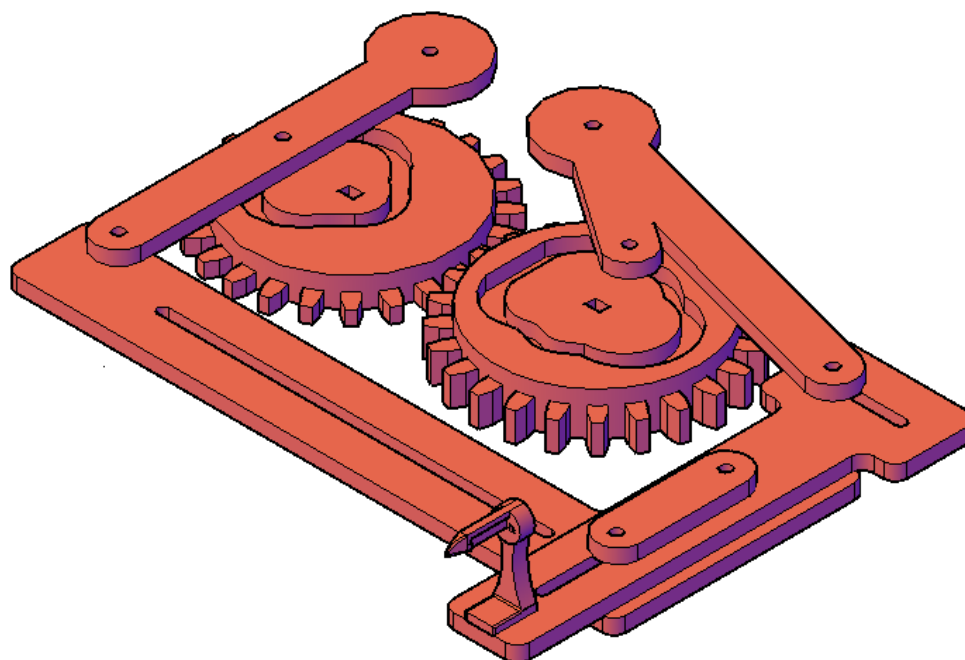


Figura 50: Ensamble de vaivén vista isométrica

Ahora, para simular el funcionamiento de nuestra máquina de coser se decidió por usar un mecanismo de biela – manivela, de igual forma se hicieron bocetos y diseños conceptuales dando como resultado el siguiente modelo.

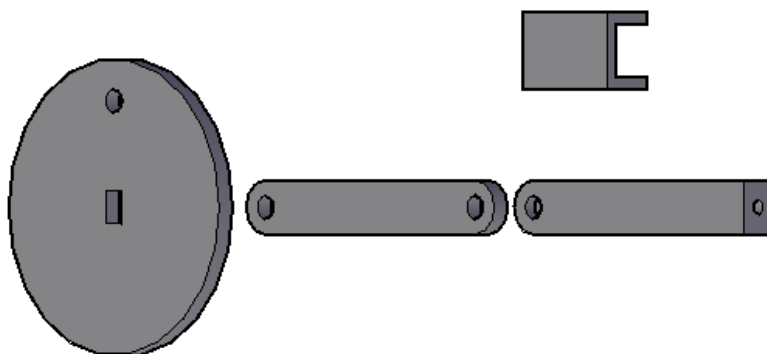


Figura 51: Despiece biela - manivela

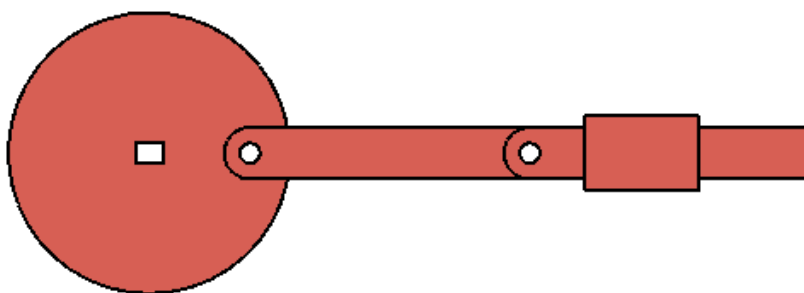


Figura 52: Ensamble biela - manivela

Llegado hasta este punto, estamos listos para iniciar con la fabricación de nuestro prototipo B. Lo recomendable sería mecanizar todas las piezas en metal, pero debido a limitaciones por parte de la empresa se eligió hacer todos los mecanismos y piezas en impresión 3D para una previa validación.

Fabricación de prototipo

Materiales

- 1 kg de filamento premium PLA de 1.75 mm
- 12 tornillos m4 de cabeza cilíndrica tipo Allen 18 mm alto (con tuerca)
- 6 tornillos m5 de cabeza cilíndrica tipo Allen 45 mm alto (con dos tuercas por tornillo)
- 2 tornillos m5 de cabeza cilíndrica tipo Allen 30 mm alto (con tuerca)
- 2 tornillos m5 de cabeza plana tipo Allen 25 mm alto (con tuerca)
- 1 hoja de Perfocel 30in x 20in a 1/8 de pulgada
- 1 MDF 10in x 20in a 1/2 pulgada
- 2 motorreductores 6 volts
- 2 transistores 2N2222
- 2 potenciómetros 10k Ω
- 1 eliminador 5 volts y 12 volts
- Caimanes y jumpers

Herramienta y equipo

- Impresora Raise 3D Pro 2 Plus
- Cortadora láser Creality
- Torno
- Tornillo de banco
- Taladro inalámbrico
- Juego de brocas
- Juego de llaves Allen milimétricas
- Pinzas de punta plana
- Lima plana para metal
- Espátula

Tabla 12: Costos

COCEPTO	VALOR EST.
1 kg de filamento premium PLA de 1.75 mm	\$1040 MXN
12 tornillos m4 de cabeza cilíndrica tipo Allen 18 mm alto (con tuerca)	\$54 MXN
6 tornillos m5 de cabeza cilíndrica tipo Allen 45 mm alto (dos tuercas por tornillo)	\$48 MXN
2 tornillos m5 de cabeza cilíndrica tipo Allen 30 mm alto (con tuerca)	\$13 MXN
2 tornillos m5 de cabeza plana tipo Allen 25 mm alto (con tuerca)	\$13 MXN
1 hoja de Perfofel 30in x 20in a 1/8 de pulgada	\$60 MXN
1 MDF 10in x 20in a 1/2 pulgada	\$40 MXN
2 motorreductores 6 volts	\$100 MXN
2 transistores 2N2222	\$10 MXN
2 potenciómetros 10kΩ	\$20 MXN
1 eliminador 5 volts y 12 volts	\$120 MXN
Otros	\$50 MXN
TOTAL:	\$1568 MXN

+ \$720 MXN por concepto de herramientas

Como se mencionó, la mayor parte del prototipo se fabricó en impresión 3D gracias a su bajo coste y rapidez. Para ello, se utilizó el programa de ideaMaker, en donde se establecieron los parámetros de impresión, calidad, densidad y otros aspectos importantes sobre la impresión 3D.

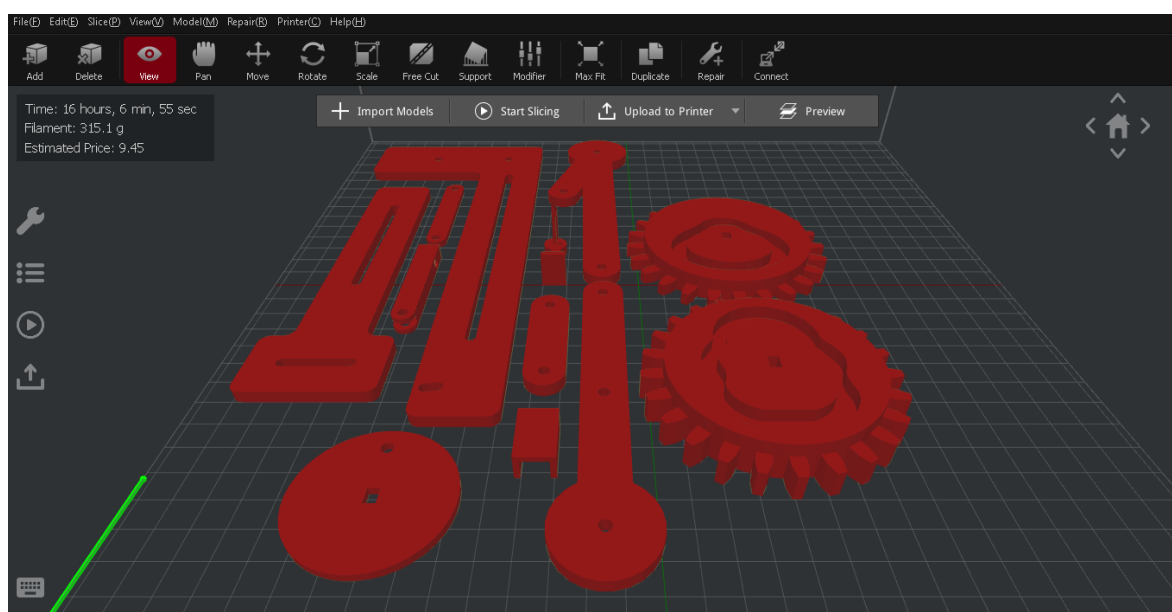


Figura 53: Impresión 3D de piezas

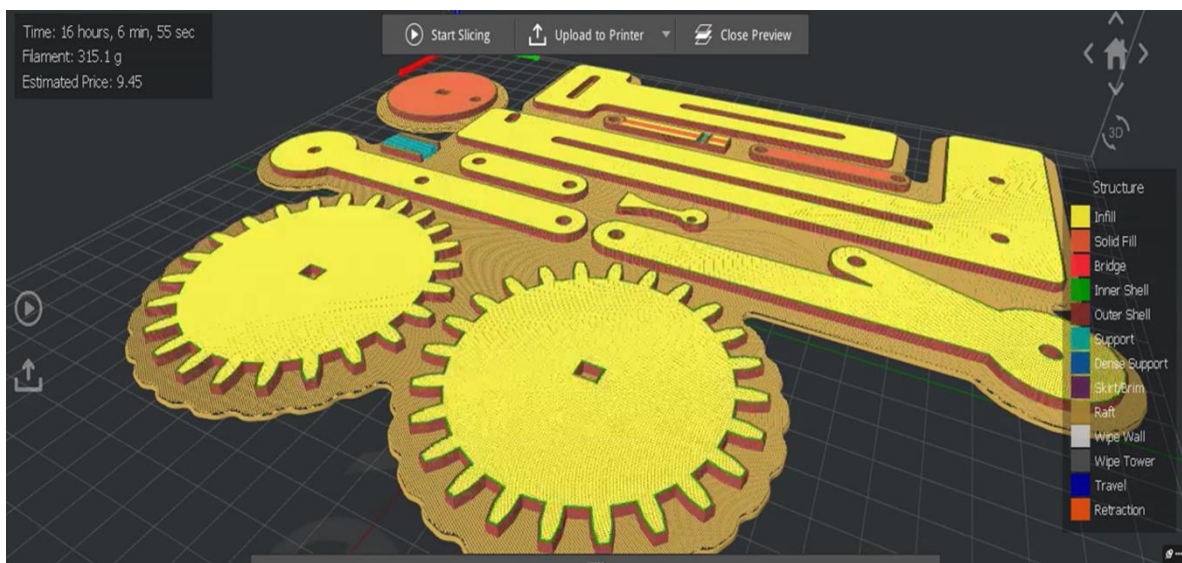


Figura 54: Proceso de impresión 3D

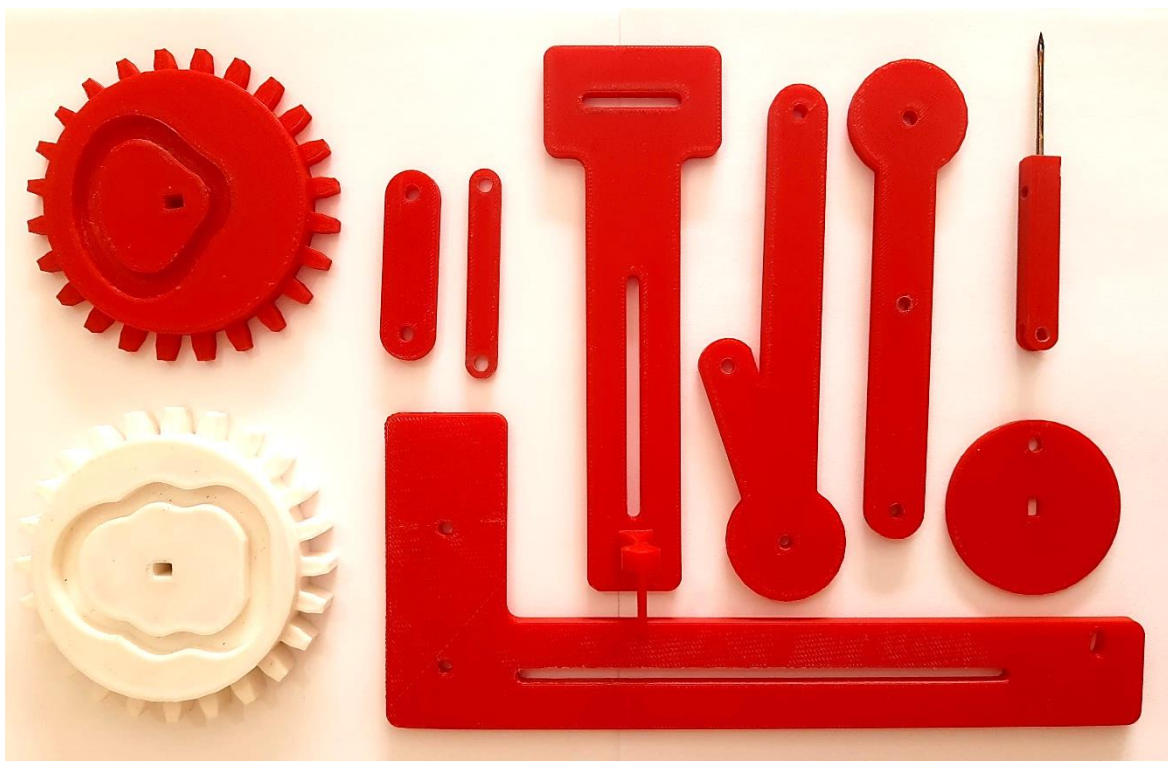


Figura 55: Piezas en 3D

Contando con todas las piezas hechas en impresión 3D, se fabricó una base para el mecanismo de vaivén y otra base para el mecanismo de biela – manivela. Las bases se hicieron con madera y se cortaron con una cortadora láser en el software LightBurn.

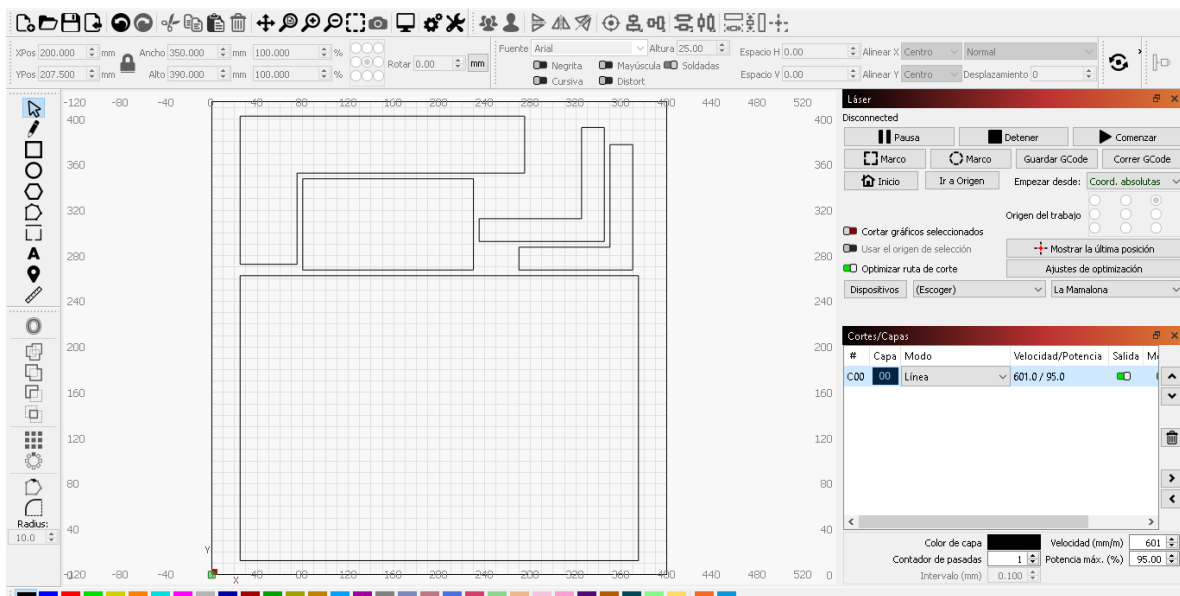


Figura 56: Cortes para bases

Además, se fabricó un herramental para mesa de trabajo como los que usan las máquinas de coser a partir de herramentales obsoletos.

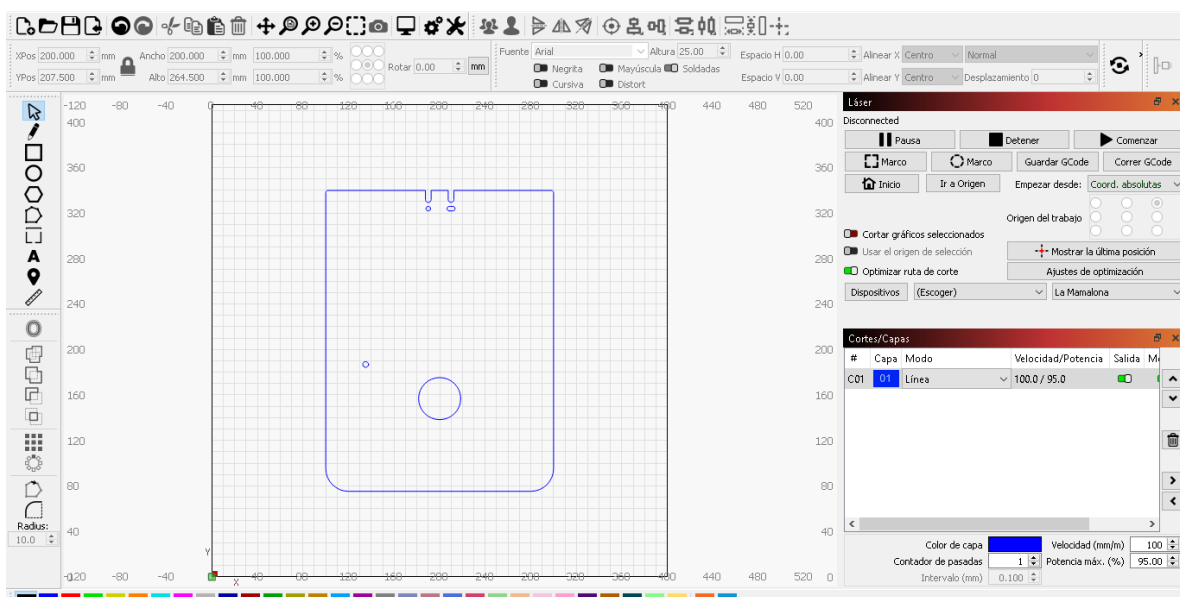


Figura 57: Cortes para herramental

Finalmente, se ensamblaron todas las piezas según los diseños planeados

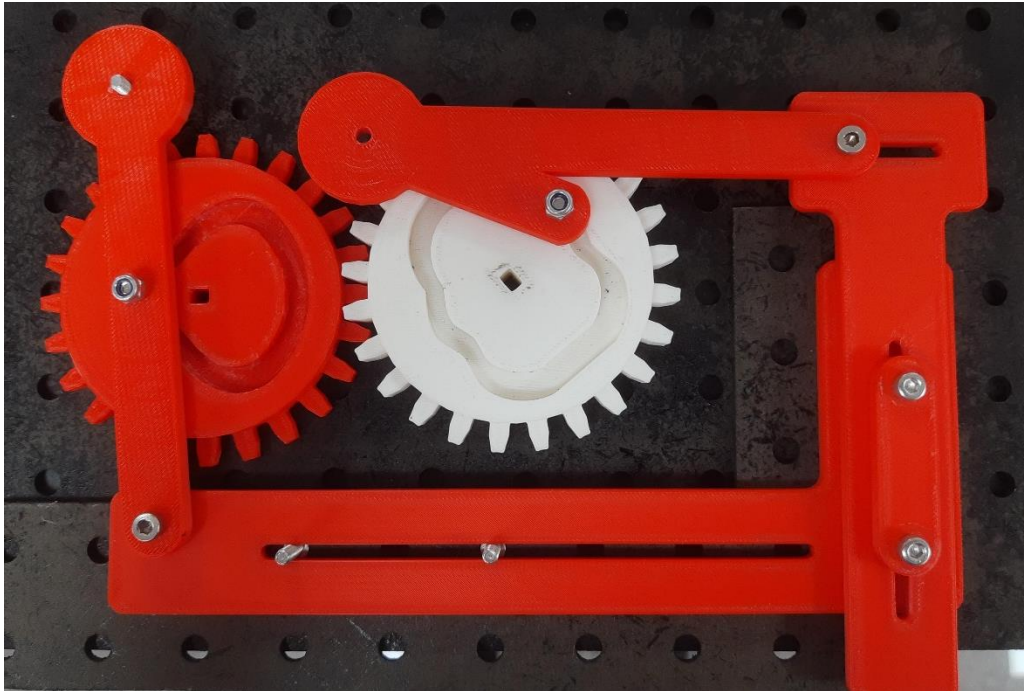


Figura 58: Mecanismo vaivén con base

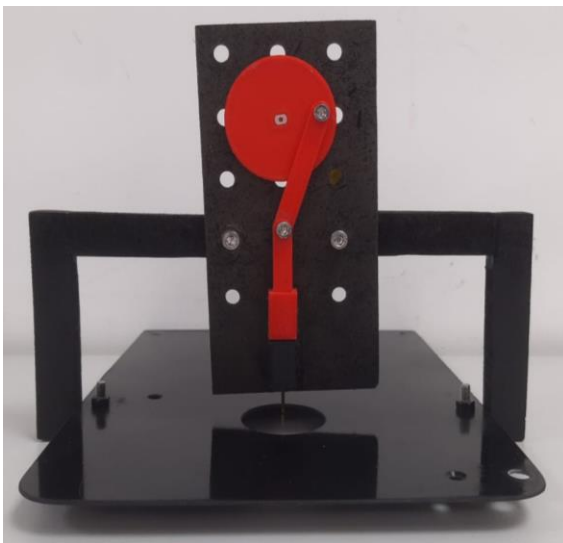


Figura 59: Mecanismo biela – manivela con base de frente



Figura 60: Mecanismo biela – manivela con base de lado

Con respecto al funcionamiento para nuestros mecanismos fue necesario idear una forma en la cual sincronizar sus movimientos, para ello se decidió implementar un circuito electrónico de control de velocidad.

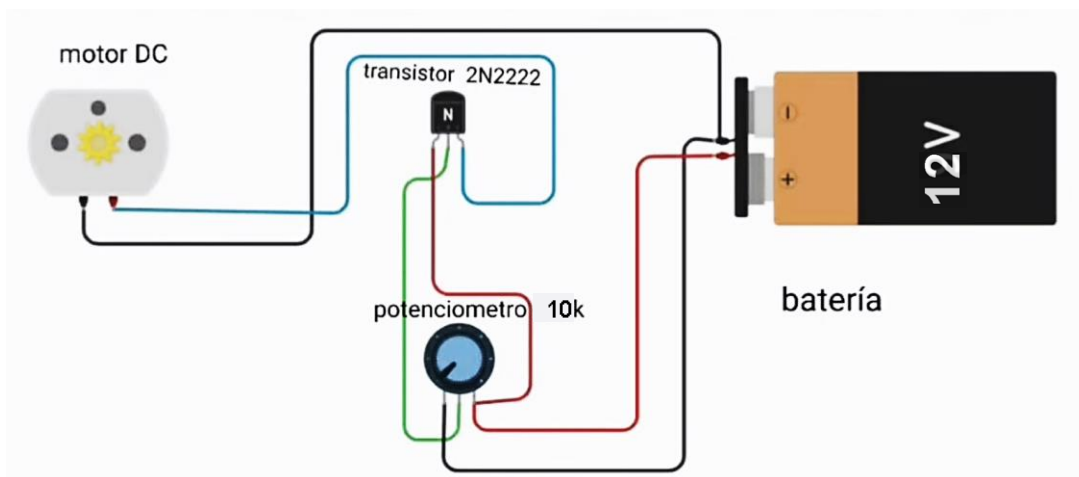


Figura 61: Circuito electrónico

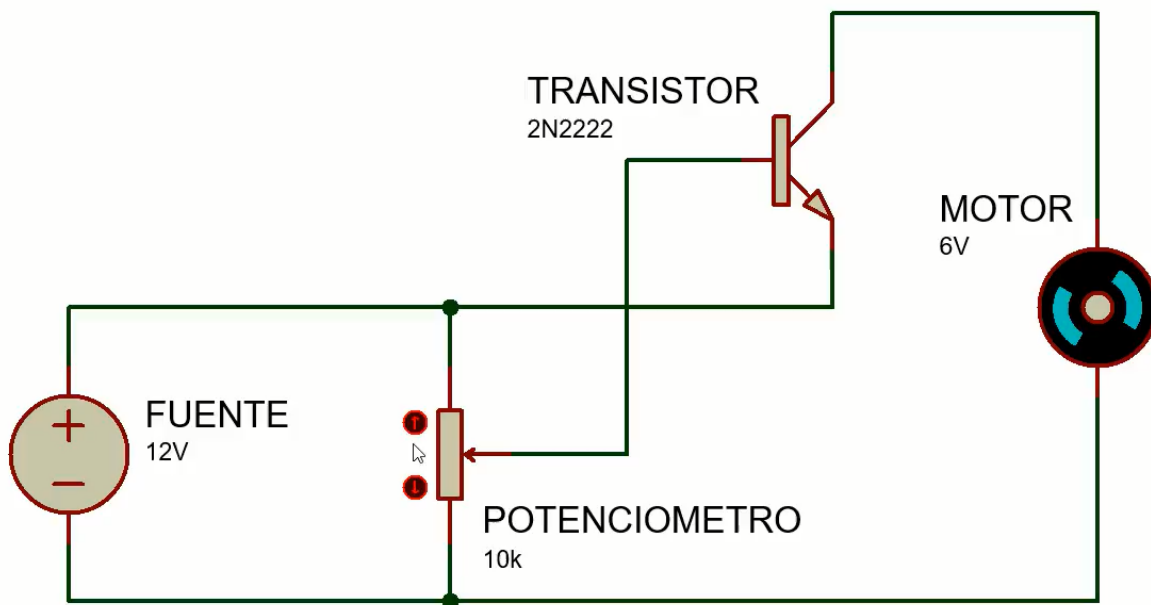


Figura 62: Simulación del circuito

Por último, se añadieron los circuitos electrónicos a nuestros mecanismos y finalmente, se verificó que todo funcionara como los diseños previos. Se ajustaron las ranuras de las levas, la posición de inicio de los engranes, la sincronización de los mecanismos y otras características adjuntas a la manufactura del prototipo.

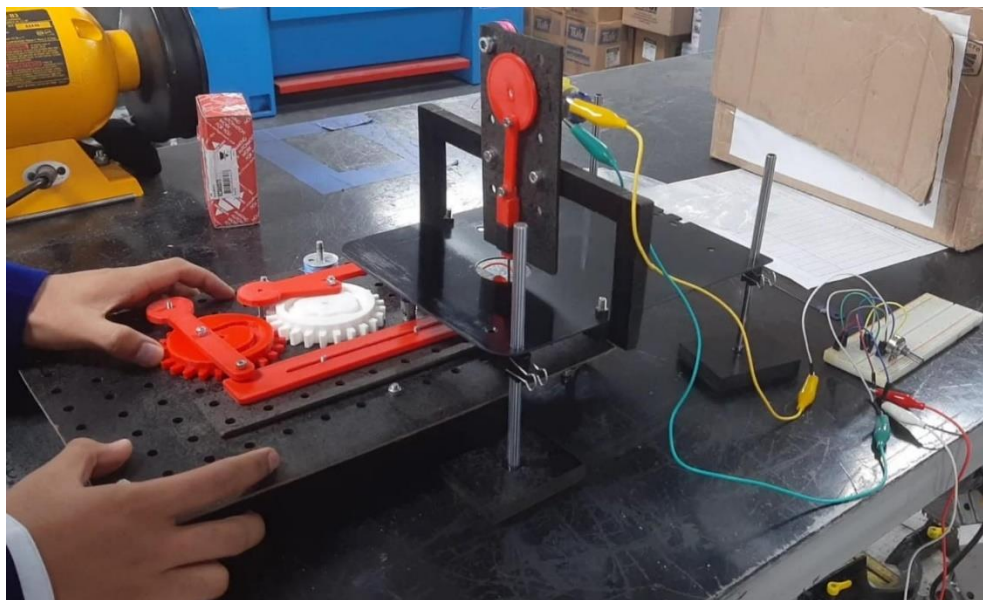


Figura 63: Prueba del prototipo (1)

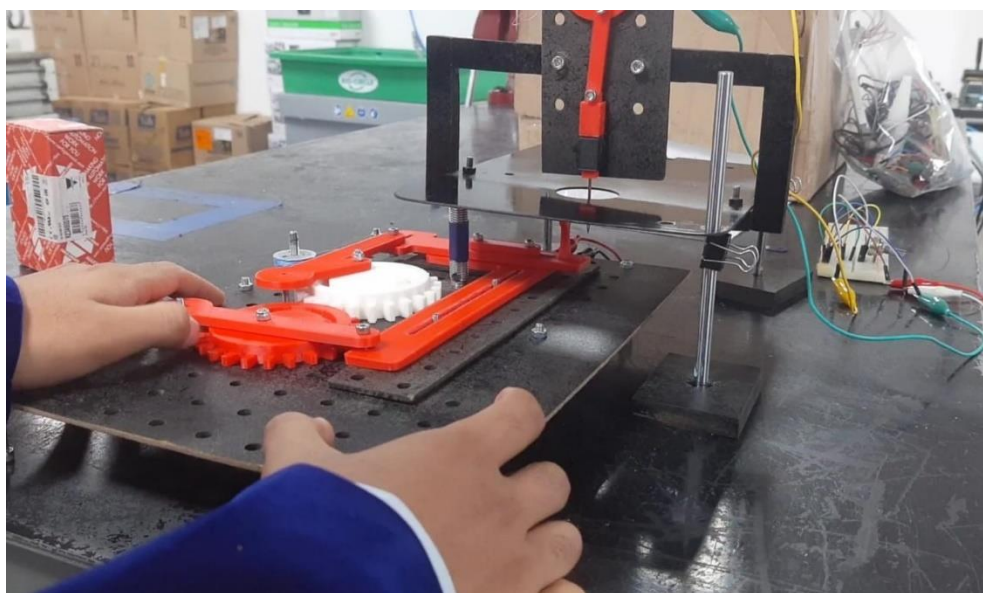


Figura 64: Prueba del prototipo (2)

Para ello se le asignó material a nuestro mecanismo y se calculó el sistema en SolidWorks para facilitarnos la obtención de datos, además se completaron las fórmulas con datos reales de producción de las máquinas de coser.


$$\mathbf{T} = \mathbf{F} \times \mathbf{r}$$

- **F:** Fuerza tangencial (en Newtons)
- **r:** Radio del engranaje (en metros)

$$F = m \times g$$

- **m:** Masa (en kg)
- **g:** Gravedad (9.81 m/s²)

Una vez que tenemos el torque, podemos calcular la **potencia (P)** necesaria con:

$$P = T \times \omega$$

- **T:** Torque (en Nm)
- **ω :** Velocidad angular (en rad/s)

Y la velocidad angular se calcula como:

$$\omega = \frac{2\pi \times \text{RPM}}{60}$$

Sustituyendo nuestros valores

- Masa del sistema: 0.3 kg
- Radio del engranaje: 2 cm = 0.02 m
- RPM: 1800

Fuerza:

$$F = 0.3 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 = \mathbf{2.943 \text{ N}}$$

Torque:

$$T = 2.943 \text{ N} \times 0.02 \text{ m} = \mathbf{0.05886 \text{ Nm}}$$

Velocidad angular:

$$\omega = 2\pi \times 1800 \text{ RPM} \times 1/60 = \mathbf{188.5 \text{ rad/s}}$$

Potencia:

$$P = 0.05886 \text{ Nm} \times 188.5 \text{ rad/s} \approx \mathbf{11.1 \text{ W}}$$

Resultados

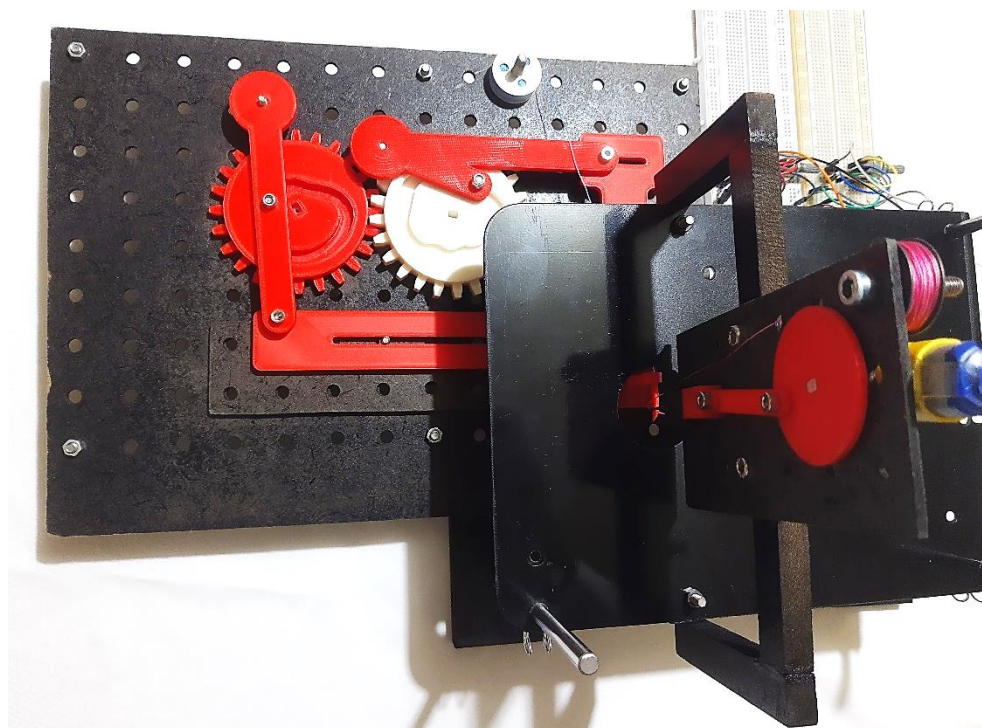


Figura 66: Prototipo B (1)

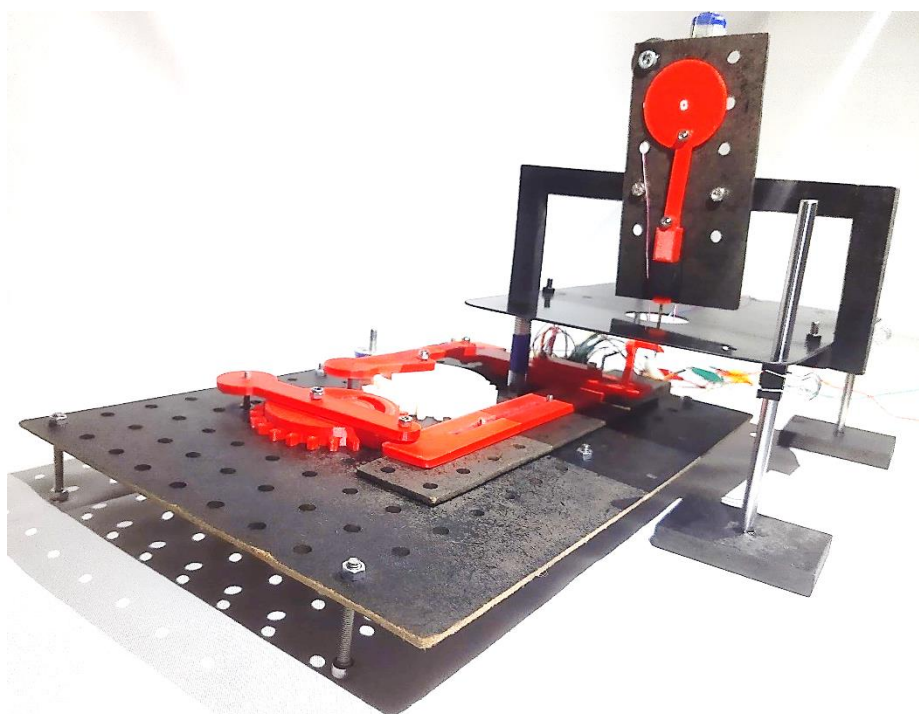


Figura 67: Prototipo B (2)

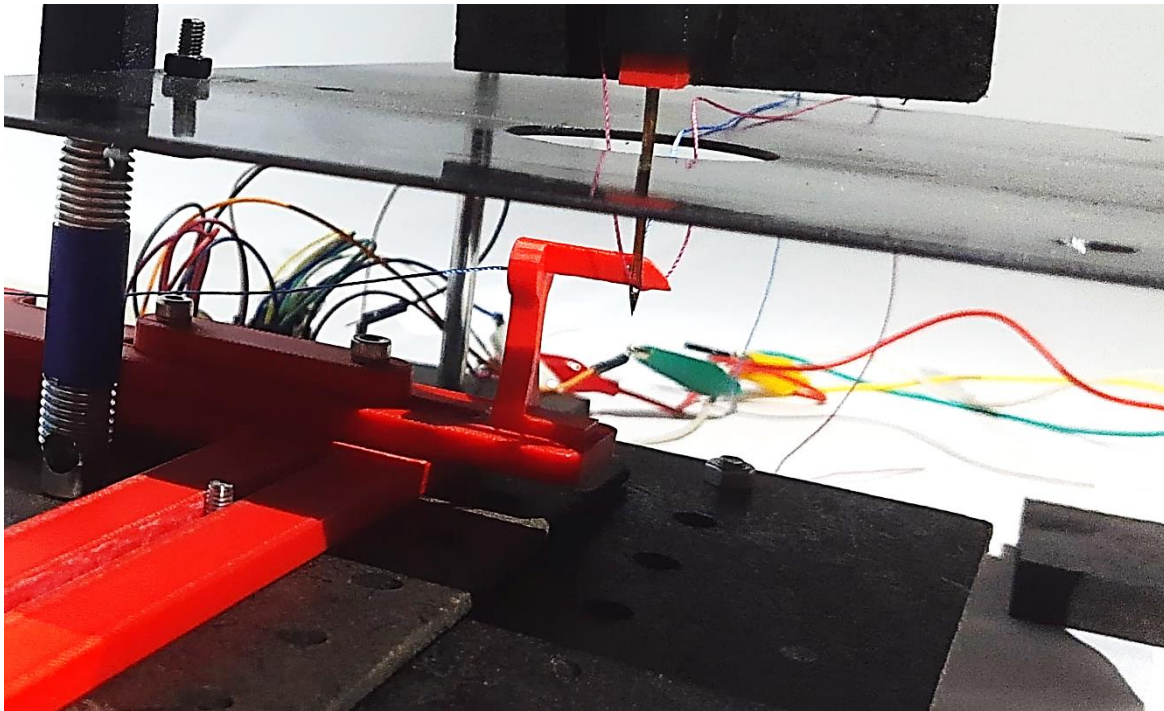


Figura 68: Prototipo B (3)

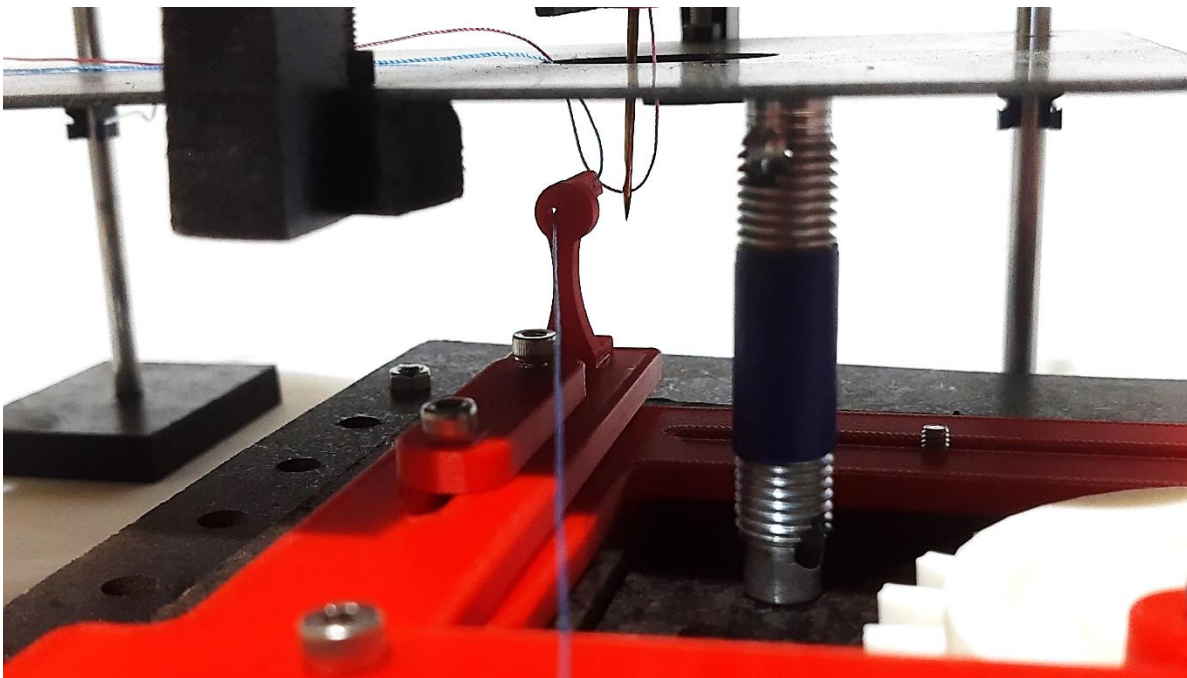


Figura 69: Prototipo B (4)

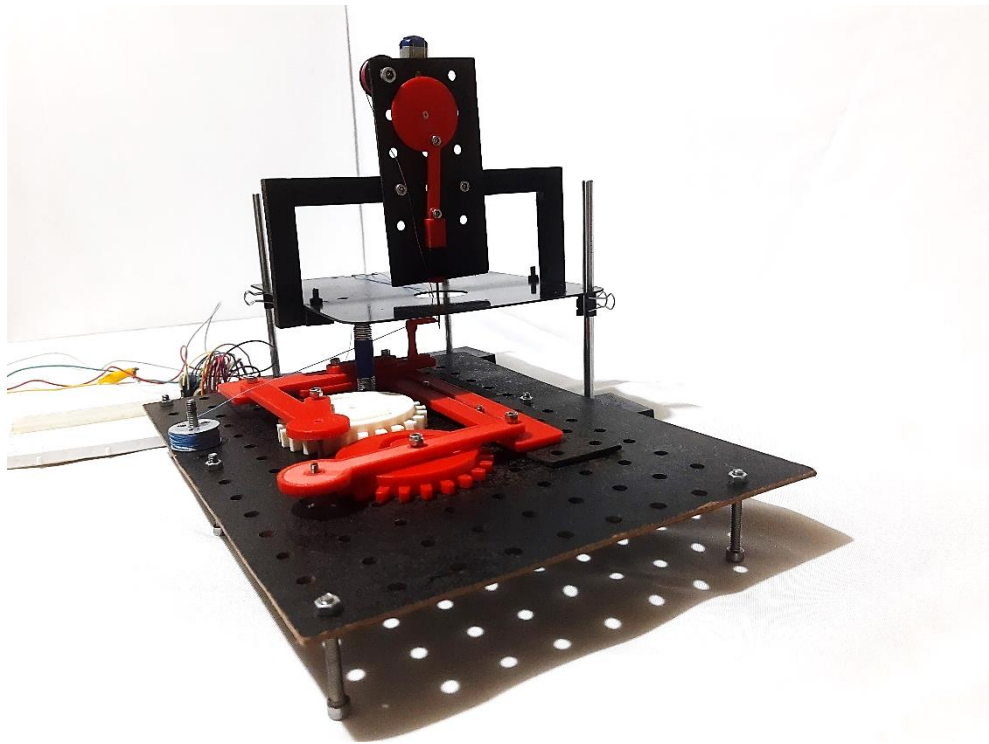


Figura 70: Prototipo B (5)

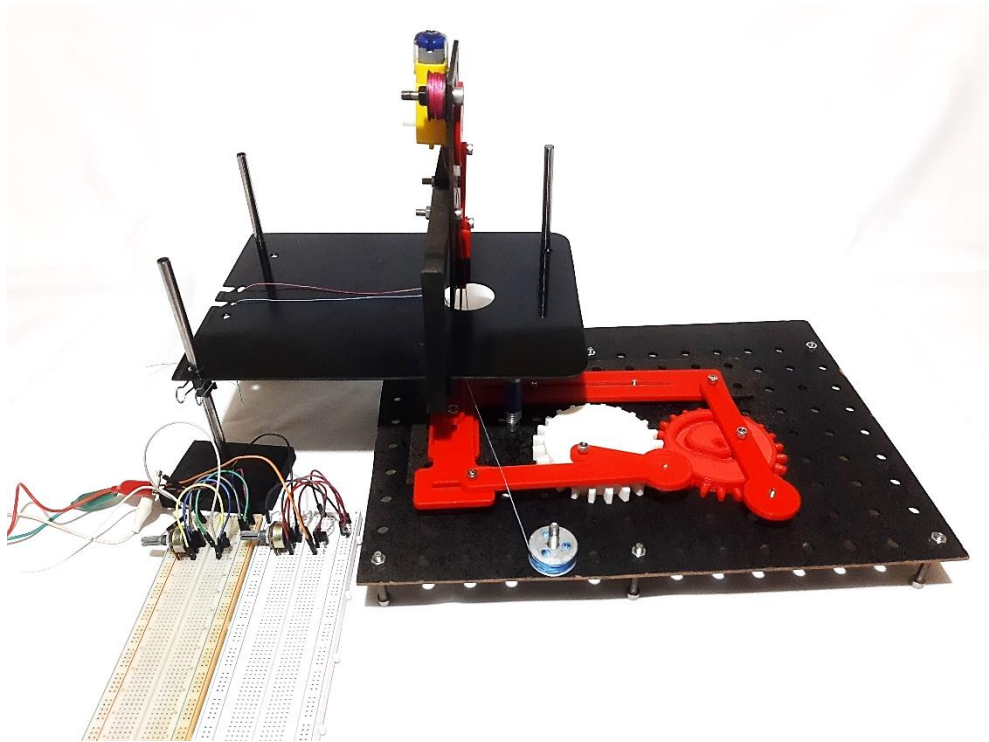
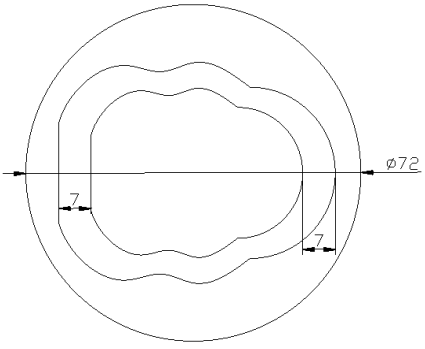
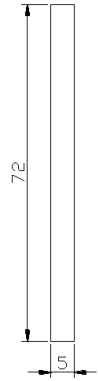
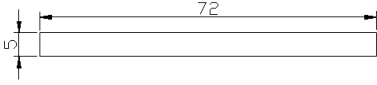
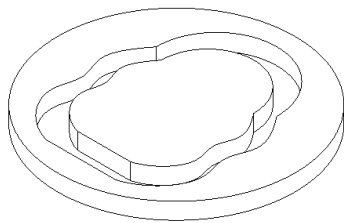
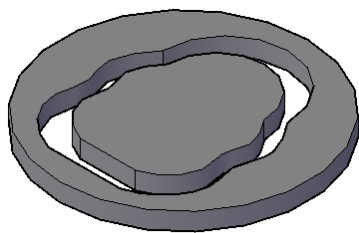
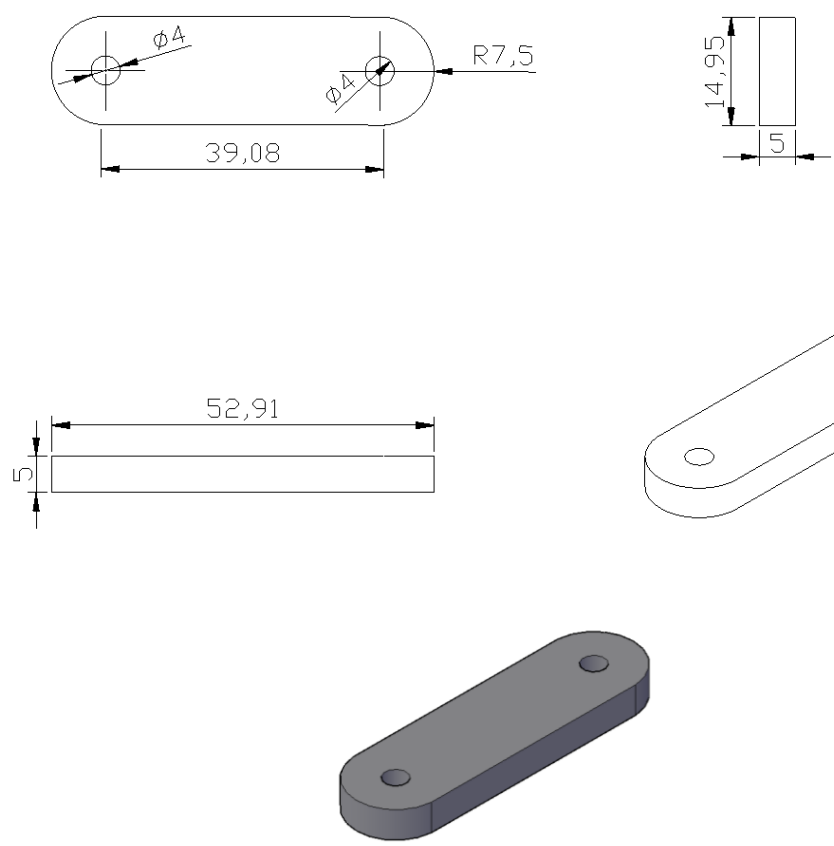


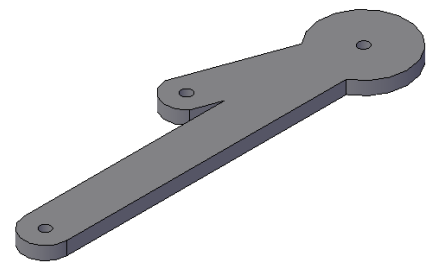
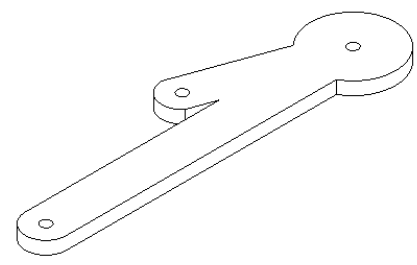
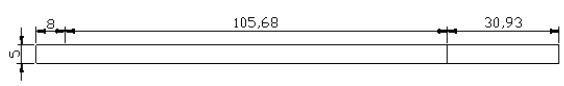
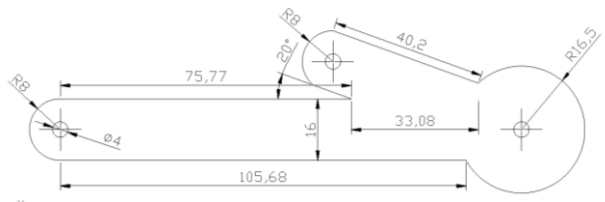
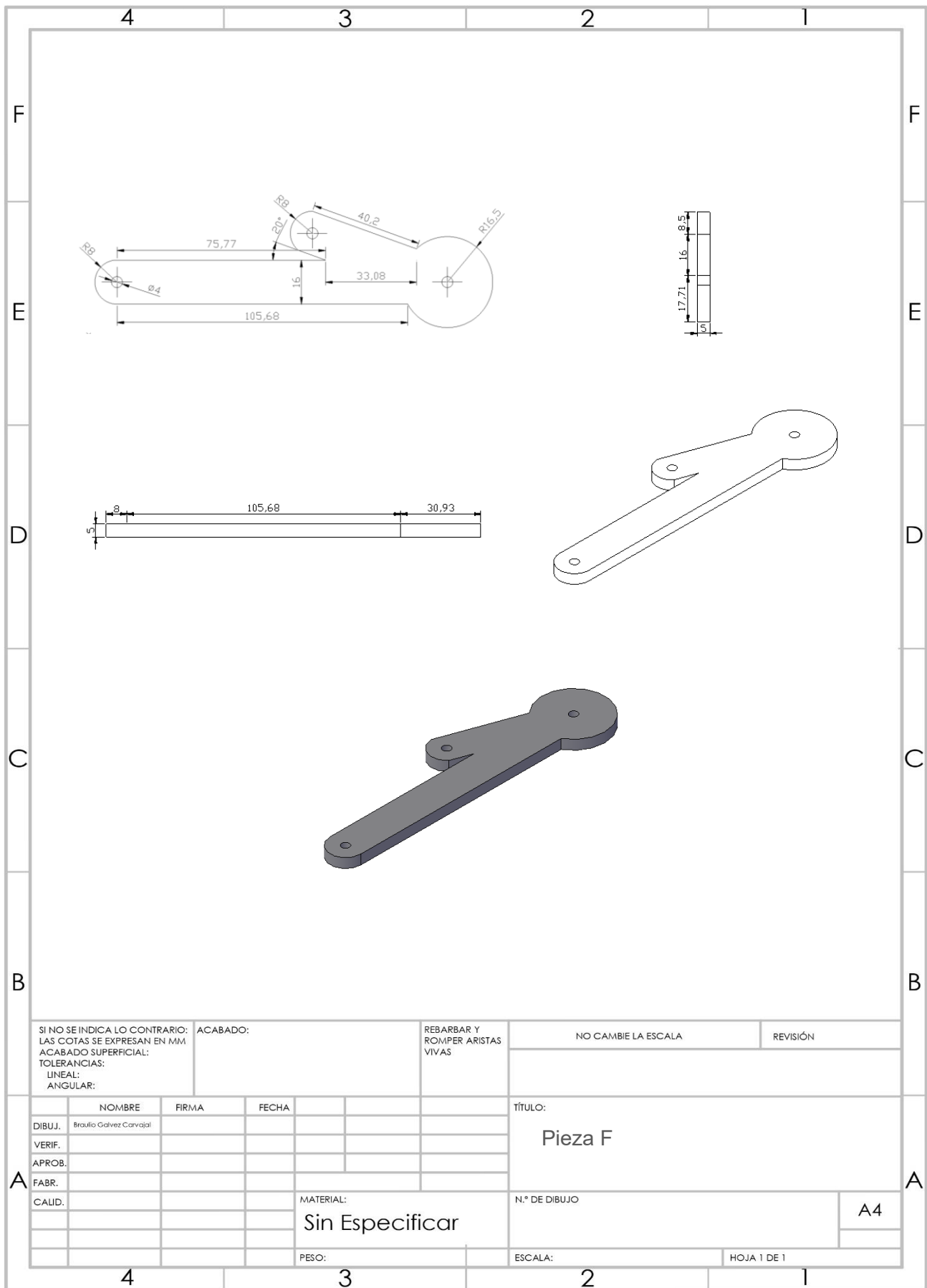
Figura 71: Prototipo B (6)

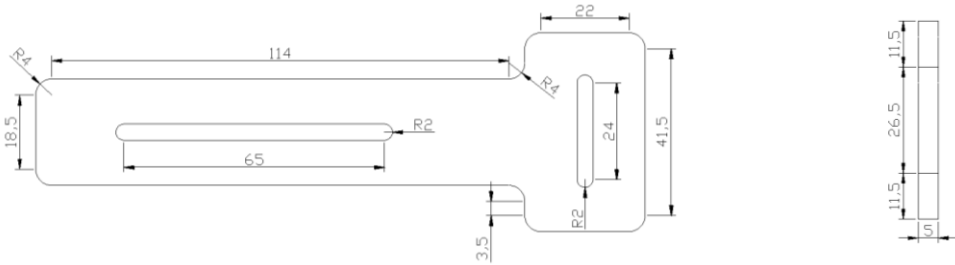
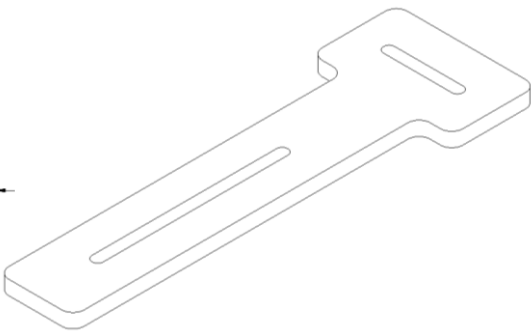
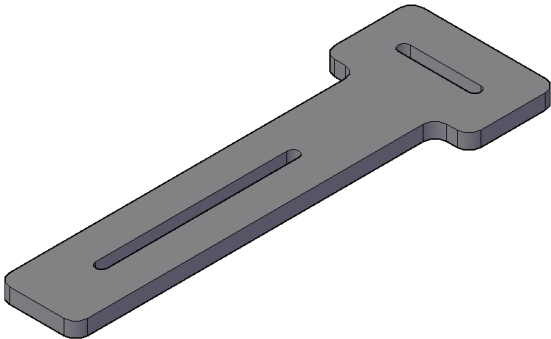
4	3	2	1
F			F
E			E
D			D
C			C
B			B
A			A

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO: Pieza A1 y A2			
VERIF.									
APROB.									
FABR.									
CALID.									
				MATERIAL:		N.º DE DIBUJO		A4	
				Sin Especificar					
				PESO:		ESCALA:		HOJA 1 DE 1	
4	3	2	1						

4	3	2	1																																					
F				F																																				
E				E																																				
D				D																																				
C				C																																				
B				B																																				
    				B																																				
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR: ACABADO: REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS NO CAMBIE LA ESCALA REVISIÓN																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;">NOMBRE</th> <th style="width: 15%;">FIRMA</th> <th style="width: 15%;">FECHA</th> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 15%;"></th> </tr> <tr> <td>DIBUJ. Braulio Galvez Carvajal</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CALID.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				NOMBRE	FIRMA	FECHA				DIBUJ. Braulio Galvez Carvajal						VERIF.						APROB.						FABR.						CALID.						TÍTULO: Pieza C
NOMBRE	FIRMA	FECHA																																						
DIBUJ. Braulio Galvez Carvajal																																								
VERIF.																																								
APROB.																																								
FABR.																																								
CALID.																																								
MATERIAL: Sin Especificar				N.º DE DIBUJO A4																																				
PESO:				ESCALA: HOJA 1 DE 1																																				
4	3	2	1																																					

4	3	2	1																																																																																
F			F																																																																																
E			E																																																																																
D			D																																																																																
C			C																																																																																
B			B																																																																																
																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="font-size: 0.8em;">SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:</td> <td colspan="2" style="font-size: 0.8em;">ACABADO:</td> <td colspan="2" style="font-size: 0.8em;">REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS</td> <td colspan="2" style="font-size: 0.8em;">NO CAMBIE LA ESCALA</td> <td colspan="2" style="font-size: 0.8em;">REVISIÓN</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="font-size: 0.7em;">DIBUJ.</td> <td colspan="2" style="font-size: 0.7em;">NOMBRE</td> <td colspan="2" style="font-size: 0.7em;">FIRMA</td> <td colspan="2" style="font-size: 0.7em;">FECHA</td> <td colspan="2" rowspan="5" style="text-align: center; vertical-align: middle;"> TÍTULO: Pieza D </td> </tr> <tr><td colspan="2" style="font-size: 0.7em;">VERIF.</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr> <tr><td colspan="2" style="font-size: 0.7em;">APROB.</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr> <tr><td colspan="2" style="font-size: 0.7em;">FABR.</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr> <tr><td colspan="2" style="font-size: 0.7em;">CALID.</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr> <tr> <td colspan="4" style="font-size: 0.8em;">MATERIAL:</td> <td colspan="4" style="font-size: 0.8em;">N.º DE DIBUJO</td> <td colspan="2" rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;"> A4 </td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="font-size: 0.8em;">Sin Especificar</td> <td colspan="4" style="font-size: 0.8em;"></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="font-size: 0.8em;">PESO:</td> <td colspan="4" style="font-size: 0.8em;">ESCALA:</td> <td colspan="2" style="font-size: 0.8em;">HOJA 1 DE 1</td> </tr> </table>				SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN		DIBUJ.		NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO: Pieza D		VERIF.								APROB.								FABR.								CALID.								MATERIAL:				N.º DE DIBUJO				A4		Sin Especificar								PESO:				ESCALA:				HOJA 1 DE 1	
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN																																																																											
DIBUJ.		NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO: Pieza D																																																																											
VERIF.																																																																																			
APROB.																																																																																			
FABR.																																																																																			
CALID.																																																																																			
MATERIAL:				N.º DE DIBUJO				A4																																																																											
Sin Especificar																																																																																			
PESO:				ESCALA:				HOJA 1 DE 1																																																																											
4	3	2	1																																																																																



	4	3	2	1						
F					F					
E					E					
D					D					
C					C					
B					B					
A	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN		
	NOMBRE		FIRMA			TÍTULO:				
	DIBUJ.	Braulio Galvez Carvajal					Pieza G			
	VERIF.									
	APROB.									
	FABR.									
CAUD.						N.º DE DIBUJO		A4		
					MATERIAL: Sin Especificar					
					PESO:		ESCALA:		HOJA 1 DE 1	
	4	3	2	1						

				4		3		2		1																																																																																																																																																			
<table border="1"> <tr> <td colspan="4">SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:</td> <td colspan="4">ACABADO:</td> <td colspan="2">REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS</td> <td colspan="2">NO CAMBIE LA ESCALA</td> <td colspan="2">REVISIÓN</td> </tr> <tr> <td colspan="4">DIBUJ.</td> <td colspan="4">NOMBRE</td> <td colspan="2">FIRMA</td> <td colspan="2">FECHA</td> <td colspan="4">TÍTULO:</td> </tr> <tr> <td colspan="4">VERIF.</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="4" rowspan="4">Pieza H</td> </tr> <tr> <td colspan="4">APROB.</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="4">FABR.</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="4">CALID.</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">MATERIAL:</td> <td colspan="4">N.º DE DIBUJO</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">Sin Especificar</td> <td colspan="4">A4</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">PESO:</td> <td colspan="4">ESCALA:</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="4">HOJA 1 DE 1</td> </tr> </table>												SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN		DIBUJ.				NOMBRE				FIRMA		FECHA		TÍTULO:				VERIF.												Pieza H				APROB.												FABR.												CALID.																						MATERIAL:		N.º DE DIBUJO														Sin Especificar		A4														PESO:		ESCALA:																HOJA 1 DE 1			
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN																																																																																																																																																	
DIBUJ.				NOMBRE				FIRMA		FECHA		TÍTULO:																																																																																																																																																	
VERIF.												Pieza H																																																																																																																																																	
APROB.																																																																																																																																																													
FABR.																																																																																																																																																													
CALID.																																																																																																																																																													
										MATERIAL:		N.º DE DIBUJO																																																																																																																																																	
										Sin Especificar		A4																																																																																																																																																	
										PESO:		ESCALA:																																																																																																																																																	
												HOJA 1 DE 1																																																																																																																																																	
				4		3		2		1																																																																																																																																																			

Conclusiones y recomendaciones

Para la implementación y correcto funcionamiento del proyecto se recomienda fabricar los engranes A1 y A2 de cobre sinterizado con grafito, debido a sus propiedades autolubricantes y bajo ruido mecánico. Para la fabricación del gancho oscilante se recomienda usar acero al carbono, ya que este tiene que ser igual o más resistente que el acero inoxidable de la aguja, además de ser más barato. Se deja a elección el material restante del mecanismo. Finalmente, para el control del mecanismo se sugiere elegir un motor asíncrono BLDC con controlador de velocidad de 24 volts, 1500 rpm a 1800 rpm a 60 watts o un motor AC asíncrono de 1/10 HP con velocidad nominal de 1500 rpm a 1800 rpm con controlador PWM o variador de frecuencia.

Como reflexión, a lo largo del proyecto se aplicó la metodología I+D+I lo que permitió abordar nuestro proyecto de forma estructurada, desde el análisis técnico del problema hasta la creación y validación de un prototipo funcional de alta fidelidad.

Fue necesario comprender a fondo el funcionamiento mecánico de las máquinas de coser, los sistemas de alimentación de hilo, los parámetros físicos clave como la tensión y la sincronización, así como estudiar tecnologías relacionadas, materiales compatibles y antecedentes. En el desarrollo se aplicaron conocimientos de modelado CAD, diseño mecánico, selección de materiales y simulación para generar un diseño viable. Posteriormente, se realizó la manufactura del prototipo, lo cual implicó habilidades en impresión 3D, ajuste de componentes, pruebas de funcionamiento y rediseño iterativo.

Finalmente, este proyecto requirió la integración de múltiples disciplinas como mecánica, manufactura, automatización, análisis técnico y control de calidad, consolidando habilidades clave para la ingeniería aplicada. La experiencia adquirida fortaleció mi capacidad para resolver problemas reales mediante soluciones funcionales, escalables y alineadas con las necesidades actuales de la industria, siendo este proyecto un ejemplo de ello.

Competencias desarrolladas

Durante el desarrollo del proyecto, se fortalecieron diversas competencias técnicas y profesionales, directamente relacionadas con los contenidos de varias asignaturas del plan de estudios. Las más relevantes fueron:

Mecanismos

Se aplicaron principios fundamentales del análisis y diseño de mecanismos para comprender y replicar el funcionamiento interno de las máquinas de coser. Esta asignatura fue clave para interpretar el movimiento relativo entre componentes, sincronizar sistemas de alimentación de hilo y garantizar la transmisión adecuada de fuerzas y movimientos.

Diseño de elementos mecánicos

El diseño del prototipo exigió la selección y dimensionamiento adecuado de componentes como engranajes, correderas y uniones, considerando esfuerzos, materiales y condiciones de operación. Esta asignatura aportó las herramientas necesarias para garantizar la resistencia, funcionalidad y durabilidad del sistema.

Dibujo asistido por computadora (CAD)

El modelado tridimensional y la generación de planos técnicos fueron esenciales para comunicar ideas de diseño, validar ensamblajes y preparar la manufactura del prototipo. Se utilizaron herramientas CAD para simular el comportamiento mecánico y realizar ajustes precisos antes de la fabricación.

Además, se desarrollaron competencias en la selección de materiales adecuados según sus propiedades, en la fabricación de componentes mediante técnicas especializadas, en la integración de sistemas eléctricos para pruebas y automatización parcial, así como en la planificación estructurada del proyecto, evaluando su impacto en eficiencia, calidad y escalabilidad.

Este proyecto permitió consolidar una formación integral en ingeniería, integrando conocimientos teóricos con habilidades prácticas para resolver problemas reales mediante soluciones innovadoras y funcionales.

Referencias Bibliográficas

- Alva Gallegos, R., et al. (2013). Alimentación continua de hilo en las máquinas de coser. Congreso SOMIM. Recuperado de http://www.somim.org.mx/memorias/memorias2013/pdfs/A1/A1_157.pdf
- Antilla, A. (2010). Diseño y modelado de componentes para prototipos de sistemas de automatización mediante una impresora 3D. Recuperado de <https://1library.co/article/dise%C3%B1o-asistido-computadora-cad-antecedentes-estudio.y6jmmmqq>
- Autodesk. (2025). AutoCAD - Software de diseño y dibujo CAD. Recuperado de <https://www.autodesk.com/es/products/autocad/overview>
- Benítez, L. (s.f.). Historia de la máquina de coser. Scribd. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/503999231/HISTORIA-DE-LA-MA-QUINA-DE-COSER>
- Budynas, R., & Nisbett, K. (2012). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. D.F., México: Mc Graw Hill.
- Cruz Morales, R. D., Sánchez García, D., & Hedain López Mera, G. (2025). ¿Qué es la impresión 3D? CNC e Impresión 3D. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de <https://masam.cuautitlan.unam.mx/dycme/cnc3d/que-es-la-impresion-3d/>
- Dassault Systemes. (2025). SOLIDWORKS - Software de diseño CAD 3D. Recuperado de <https://www.3ds.com/es/products/solidworks/>
- Díaz del Castillo, F. (2013). Engranajes: Historia, fabricación y fallas. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m1/Engranajes%20historia%20fabricacion%20fallas.pdf
- Fernández del Rincón, A., & García Fernández, P. (s.f.). Tema 10 – Levas I. Universidad de Cantabria. Recuperado de <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2280/course/section/2215/Tema%2010%20-%20Levas%20I.pdf>
- Gallego, A. P., & Gonzales, R. (2017). Metodología de la investigación en ingeniería. Revista Científica, (29). Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-22532017000200115

- Guerrero, J. J. (s.f.). Conceptos básicos de diseño mecánico. Recuperado de <https://www.academia.edu/4800269/>
- Guevara, J. (2013). Eficiencia operativa. En Control interno y su incidencia con la eficiencia operativa del banco Machala (pp. 46–56). Recuperado de <https://1library.co/article/eficiencia-operativa-fundamentaci%C3%B3n-te%C3%B3rica.y96vlory>
- Hernández Ledezma, I. L., Castillo Treviño, Z., Zapata Reboloso, A., & Alcalá Salinas, C. A. (2023). Identificación y reducción de tiempos muertos como estrategia de productividad en la industria metal-mecánica. Revista Científica de Matamoros. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9936465.pdf>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (s.f.). Términos y definiciones: I+D+I. Recuperado de <https://igac.gov.co/el-igac/areas-estrategicas/direccion-de-investigacion-y-prospectiva/idi/terminos-y-definiciones-idi>
- ISO9001calidad. (2025). Control de producto no conforme. Recuperado de <https://iso9001calidad.com/control-de-producto-no-conforme-177.html>
- Jain, N. (2023). ¿Qué es la mejora continua? IdeaScale.
- Lauri, K. H. (2022). ¿Qué es el tiempo de ciclo en el proceso de fabricación? MRPeasy Blog. Recuperado de <https://www.mrpeasy.com/blog/es/tiempo-de-ciclo/>
- Lets Rebuild. (2025). Hilo en la máquina de coser: instrucciones en 4 pasos. Recuperado de <https://es.lets-rebuild.com/sewing-machine-threading-how-does-it-work-12466>
- Márquez Hernández, A. I. (2019). Análisis final. Máquina de coser. Academia.edu. Recuperado de https://www.academia.edu/39112717/An%C3%A1lisis_final_M%C3%A1quina_de_coser
- Martija, I., & Loizaga, M. (s.f.). Conceptos básicos sobre mecanismos y máquinas. Universidad del País Vasco. Recuperado de https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2137/62_-_2_Capi_1.pdf
- Mecánica Confección (2019). “Como funciona una máquina de coser y forma la puntada”. [Video] Youtube. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=SKTaW5NOjqw>
- Myszka, D. H. (2012). Máquinas y Mecanismos. New Jersey: Pearson.

- Picken, M. B. (1949). Singer Sewing Book. Singer Sewing Machine Company.
- Romero, C. A. (2004). Un avance del estudio de la automatización en el país. Scientia et Technica, 10(26), 67–72. Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84911640012.pdf>
- Sánchez Alzate, C. A. (2005). Impacto de las averías e interrupciones en los procesos: Un análisis de la variabilidad en los procesos de producción. DYNA, 72(145), 67–75. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532005000100007
- Smith, A. (2009). The Sewing Book: Over 300 Step-by-Step Techniques. DK Publishing.
- Tafur Tapia, F. Y. (2019). Filosofía Lean Manufacturing para mejorar la productividad: una revisión de la literatura científica [Trabajo de investigación, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN.
- Torres, J. C. (s.f.). Diseño asistido por ordenador. Universidad de Granada. Recuperado de <https://lsi2.ugr.es/~cad/teoria/Tema1/RESUMENTEMA1.PDF>
- UTSEM. (s.f.). Procedimiento Producto No Conforme. Universidad Tecnológica del Sur del Estado de Morelos. Recuperado de <https://www.utsem-morelos.edu.mx/files/Calidad/4%20Evaluacion%20Control%20y%20Mejora/1%20Procedimientos/PR-UTSEM-ECM-06%20Producto%20No%20Conforme.pdf>
- Veritasium en español (2023). “La Genialidad de las Máquinas de Coser”. [Video] Youtube. Recuperado de https://youtu.be/VHYkZPRp5Bk?si=g9AJzAly_vyqIDBe
- Witto, A. (2022). Aparición desde un vaivén de 3 tiempos. Casiopea. Recuperado de https://wiki.ead.pucv.cl/Aparici%C3%B3n_desde_un_vaiv%C3%A9n_de_3_tiempos_-_Alejandra_Witto
- Yáñez Valdez, R. (2016). Diagnóstico y prospectiva de la manufactura avanzada en México. Universidad Autónoma Metropolitana. Recuperado de https://paginaspersonales.unam.mx/app/webroot/files/4554/Publica_20160620195536.pdf
- Yetta Tech. (2025). ¿Qué es una máquina de coser CNC y cómo mejora la producción de prendas? Recuperado de <https://www.yettatech.com/es/What-Is-A-CNC-Sewing-Machine-And-How-Does-It-Improve-Garment-Production-id49656406.html>

Anexos



Cuapiaxtla, Tlaxcala a 27 de junio del 2025
Asunto: CARTA DE NO INCONVENIENCIA.

YESICA IMELDA SAAVEDRA BENÍTEZ
DIRECTORA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

PRESENTE

AT'N: MARÍA VALERIA MONTIEL MÁRQUEZ
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN
TECNOLÓGICA Y VINCULACIÓN

Por medio de la presente se hace constar que, con fecha del 27 de junio del 2025, el alumno **C. Braulio Galvez Carvajal**, con número de control **20370707** inscrito por la carrera de **Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Apizaco**, realizó satisfactoriamente su proyecto denominado **“Sistema de suministro ininterrumpido de hilo inferior en máquinas de costura CNC”**, bajo supervisión de Karla Elizabeth Martínez Calderón, en el periodo comprendido del **13 de enero del 2025 al 27 de junio del 2025**.

Asimismo, **iSi Automotive de México S.A. de C.V.** no tiene ningún inconveniente en que se utilice la información incluida en dicho proyecto para su titulación por la opción que mejor convenga o los fines académicos que le convengan al interesado y concede las facilidades para el uso de este ante el **Instituto Tecnológico de Apizaco**.

Sin más por el momento, reciba un afectuoso saludo.

ATENTAMENTE

Lic. Moisés González García
Gerente de Recursos Humanos

iSi Automotive de México SA de CV
Carretera Los Reyes,
México – Zacatepec, Puebla
Tramo Huamantla - Cuapiaxtla
KM 158 + 000, San Lorenzo Cuapiaxtla
C.P. 90560, Tlaxcala, México
Tel.: +52 1 276 890 6300

www.isi.com
HSBC MEXICO - 4057605339
Clabe No.: 021180040576053398
HSBC MEXICO – 7003694007 (USD)
Clabe No.: 021180070036940076
Swift Code: BIMEMXMM

Legal Form: S. A. de C.V.
Social Domicile: Tlaxcala
Bord of Directors: Dietmar Schäfer,
Horst Rudolf Weizenauer
RFC: ISS140821GX4