

Centro de Enseñanza Técnica y Superior

Con reconocimiento de validez oficial de estudios del Gobierno del Estado de Baja California según Acuerdo de fecha 10 de octubre de 1983



Diseño de Costura Textil Lineal por Control Numérico Computarizado

Tesis

para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
Maestro en Ciencias de la Ingeniería

Presenta:

Erika Alejandra Sáenz Rodríguez

Director:

Dr. Alejandro Guzmán Ocegueda
Centro de Enseñanza Técnica y Superior (CETYS Universidad)

Tijuana, Baja California, México
Martes 17 de marzo de 2020

Diseño de Costura Textil Lineal por Control Numérico Computarizado

Tesis/Proyecto de aplicación que para obtener el grado de Maestro en
Ciencias de la Ingeniería

Presenta:

Erika Alejandra Sáenz Rodríguez

y aprobada por el siguiente Comité

Dr. Alejandro Guzmán Ocegueda
Director de tesis

Dra. Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx <negritas>
Nombre completo (miembro del comité)
Dr. Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx <negritas>
Nombre completo (miembro del comité)
Dr. Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx <negritas>
Nombre completo (miembro del comité)
Dra. Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx <negritas>
Nombre completo (miembro del comité)

Dr. Ricardo Martínez Soto
Coordinador del Posgrado en Ingeniería

Erika Alejandra Sáenz Rodríguez © 2019

Queda prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin el permiso formal y explícito del autor
Resumen de la tesis que presenta Erika Alejandra Sáenz Rodríguez como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería

Diseño de Costura Textil Lineal por Control Numérico Computarizado

Resumen aprobado por:

Dr. Alejandro Guzmán Ocegueda
Director de tesis

El presente trabajo de tesis brinda una propuesta de diseño de una máquina CNC de costura con la finalidad de dar solución a una de las problemáticas referente al desabasto de mano de obra para el área o departamentos de costura incluidos en las operaciones productivas de maquiladoras e industria textil en la ciudad de Tijuana B.C. Así mismo la propuesta de diseño busca abrir paso a la automatización de la actividad de confección y en medida de lo posible mitigar los daños a la salud de las personas u operadores derivados de laborar en esta actividad del sector textil y manufacturero. El desarrollo del trabajo de tesis inicia con la apertura del conocimiento evolutivo históricamente de la máquina de coser electrónica (convencional), la comprensión de su funcionamiento y los elementos integradores de la misma. También abre un panorama hacia las nuevas tecnologías existentes en el mercado de las máquinas-herramientas, como lo son las máquinas CNC. Explicando el funcionamiento y la importancia de las principales máquinas CNC utilizadas en la industria manufacturera a nivel mundial. A partir de la investigación de campo es generada una propuesta de diseño para la creación de una máquina CNC de costura unificando conceptos y herramientas de diseño robótico y de programación en lenguaje C++. Los resultados obtenidos son una propuesta de cabezote electrónico funcional y el diseño de una estructura para la máquina CNC de costura. Derivado de los resultados, son comparadas las limitantes brindadas por la propuesta de diseño de la máquina CNC de costura entre una máquina de coser electrónica.

Palabras clave: CNC de Costura, Automatización de patrones, Costura, Control lineal y Código G.

Abstract of the thesis presented by Erika Alejandra Saenz Rodriguez as a partial requirement to obtain the Master or Doctor of Science degree in Master of Engineering Sciences with orientation:

Linear Textile Sewing Design by Computer Numerical Control

Abstract approved by:

Dr. Alejandro Guzman Ocegueda
Thesis' Director

The present thesis work provides a design proposal for a CNC sewing machine in order to solve one of the problems related to the shortage of labor for the sewing area or departments included in the production operations of maquiladoras and fabrics industry in the city of Tijuana B.C. Likewise, the design proposal seeks to make way for the automation of the clothing activity and as far as possible to mitigate the damage to the health of people or operators derived from working in this activity in the fabric and manufacturing sector. The development of the thesis work begins with the opening of historically evolving knowledge of the (conventional) electronic sewing machine, the understanding of its operation and its integrating elements. It also opens a panorama towards the new technologies existing in the machine tool market, such as CNC machines. Explaining the operation and importance of the main CNC machines used in the manufacturing industry worldwide. From the field research, a design proposal is generated for the creation of a sewing CNC machine, unifying concepts and tools for robotic design and programming in the C ++ language. The results obtained are a proposal for a functional electronic head and the design of a structure for the CNC sewing machine. Derived from the results, the limitations provided by the design proposal of the CNC sewing machine are compared with an electronic sewing machine.

Keywords: CNC Sewing, Pattern Automation, Sewing, Linear Control and G-Code.

Dedicatoria

Este trabajo de tesis es dedicado a la institución CONACYT y a todas aquellas personas interesadas en ampliar sus conocimientos referentes a las máquinas por control numérico computarizado y sin olvidar a todas aquellas personas con intenciones de innovar en el área de la ingeniería.

Agradecimientos

Me encuentro infinitamente agradecida primeramente con mi familia, por siempre apoyarme y alentarme a ser mejor ser humano cada día. En segundo lugar, agradezco a CONACYT por brindarme la oportunidad de estudiar el posgrado en Ingeniería e Innovación con el apoyo de la Beca Industria. Y, en tercer lugar, agradezco a todos mis compañeros, maestros y allegados, por el cariño y apoyo a través de mi desarrollo profesional.

“Solamente tú eres quien determina hasta dónde puedes llegar; porque un corazón con determinación nadie lo detiene”.

Tabla de contenido

	Página
Resumen español	ii
Resumen inglés	iii
Dedicatorias	iv
Agradecimientos	v
Lista de figuras	vi
Lista de tablas	vii
Capítulo 1. Introducción	
1.1 Introducción a trabajo de tesis.....	1
Capítulo 2. Antecedentes	
2.1 Cronología de la máquina de coser.....	2
2.2 Descripción del funcionamiento de la máquina de coser eléctrica.....	5
2.3 Nuevas tecnologías.....	9
Capítulo 3. Definición del problema de investigación	
3.1 Justificación.....	12
3.2 Pregunta de investigación.....	12
3.3 Hipótesis de Investigación.....	12
3.4 Objetivo General.....	13
Capítulo 4. Metodología	
4.1 Descripción de pasos.....	14
Capítulo 5. Resultados	
5.1 Paso 1: Propuesta de un nuevo diseño de cabezote de costura factible para generar puntadas.....	16
5.2 Paso 2: Construcción del nuevo cabezote de costura propuesto.....	18
5.3 Paso 3: Toma de Muestras (Bordados realizados).....	20
5.4 Paso 4: Diseño de prototipo de una máquina CNC de costura.....	22
5.5 Paso 5: Construcción de máquina CNC de costura.....	23
Capítulo 6. Conclusiones	
6.1 Conclusión a trabajo de tesis.....	26
Lista de referencias bibliográficas	28

Lista de figuras

Figura		Página
1	Figura 1. “Línea Cronológica Evolución del Diseño de la Máquina de Coser Convencional”. Fuente: (Elaboración propia).....	3
2	Figura 2. “Comparación de modelos de máquinas de coser SINGER”. Fuente: (Elaboración propia).....	4
3	Figura 3. “Máquina de coser eléctrica SINGER, modelo 1022 de 1992”.....	5
4	Figura 4. “Elementos de la máquina de coser eléctrica”. Fuente: (Elaboración propia)	6
5	Figura 5. “Localización del Porta Bobina y Bobina “. Fuente: (Elaboración propia)	8
6	Figura 6. “Generación de puntadas en la máquina de coser eléctrica”. Fuente: (Avella, 2018)	9
7	Figura 7. “Máquina CNC de Corte Laser”. Fuente:(Marín, 2016).....	11
8	Figura 8. “Flujo del proceso de construcción de la máquina CNC de Costura”. Fuente: (Elaboración propia).....	15
9	Figura 9. “Diseño de motor unipolar en programa Autodesk Fusion 360”. Fuente: (Elaboración propia).....	16
10	Figura 10. “Diseño de aguja curva en programa Autodesk Fusion 360”. Fuente: (Elaboración propia).....	17
11	Figura 11. “Diseño de motor unipolar con aguja curva en programa Autodesk Fusion 360”. Fuente: (Elaboración propia).....	17
12	Figura 12. “Propuesta de cabezote electrónico de la máquina de coser CNC”. Fuente: (Elaboración propia).....	18
13	Figura 13. “Patrón de costura lineal generado por cabezote electrónico parte delantera”. Fuente: (Elaboración propia).....	20
14	Figura 14. “Patrón de costura lineal generado por cabezote electrónico parte posterior”. Fuente: (Elaboración propia).....	20
15	Figura 15. “Patrón de costra generado en una máquina de coser electrónica”. Fuente: (Elaboración propia).....	21

16	Figura 16. “Diseño de base con rieles en programa Autodesk Fusion 360”. Fuente: (Elaboración propia).....	22
17	Figura 17. “Descripción de los movimientos del diseño de máquina CNC de costura”. Fuente: (Elaboración propia).....	22
18	Figura 18. “Componentes para la construcción de la máquina CNC sin cabezote de Costura”. Fuente: (Elaboración propia).....	24
19	Figura 19. “UNIVERSAL GCODE SENDER utilizado para programar la placa Arduino CNC”. Fuente: (Elaboración propia).....	25

Lista de tablas

Tabla		Página
1	Tabla 1. “Código de Motor Unipolar Paso a Paso”. Fuente: (Elaboración propia)	19
2	Tabla 2. “Comparación de cantidad de puntadas generadas”. Fuente: (Elaboración propia)	21
3	Tabla 3. “Librería para código G”. Fuente: (Elaboración propia)...	24

Capítulo 1. Introducción

El presente trabajo de tesis está motivado en brindar una posible solución a una de las problemáticas actuales presentadas en la industria textil y manufacturera de la ciudad de Tijuana B.C, la falta de mano de obra en el área o departamentos de costura. Esta posible solución consiste en la propuesta de diseño de una máquina CNC de costura, para impulsar la automatización de la actividad de este sector y a su vez mitigar los problemas derivados de la actividad de confección. Dichos problemas son manifestados en la salud de las personas dedicadas a la actividad de confección (operadores en el área de costura), tales como: pérdida de visibilidad, reumatismo, dolores de cabeza y dolores musculares. De igual manera el proyecto de tesis con la propuesta de un diseño CNC de costura busca mitigar estos problemas de salud como también el permitir la empleabilidad de cualquier persona en esta área de trabajo sin la forzosa necesidad de experiencia previa o conocimientos profundos en el área de costura, referentes a cómo operar una máquina de coser, los diferentes tipos de puntadas existentes, creación de moldes y costura a mano.

El presente trabajo de tesis parte de una investigación de campo hacia la apertura del conocimiento evolutivo históricamente de la máquina de coser electrónica (convencional), la comprensión de su funcionamiento y los elementos integradores de la misma. También abre un panorama hacia las nuevas tecnologías existentes en el mercado de las máquinas-herramientas, como lo son las máquinas CNC. Explicando el funcionamiento y la importancia de las principales máquinas CNC utilizadas en la industria manufacturera a nivel mundial. A partir de la investigación de campo es generada una propuesta de diseño para la creación de una máquina CNC de costura unificando conceptos y herramientas de diseño robótico y de programación en lenguaje C++.

Es necesario el dar a conocer las limitaciones de este trabajo de tesis, cuyo propósito es brindar una posible solución a la problemática presentada con una propuesta de diseño de una máquina CNC de costura. Las limitaciones radican en presentar el desarrollo de la metodología más no profundizar en conceptos básicos de programación y diseño, como tampoco busca la construcción generalizada (todos los elementos integradores) de la máquina CNC de costura.

Capítulo 2. Antecedentes

2.1 Cronología de la máquina de coser

Primeramente, es esencial conocer el origen de la máquina de coser y sus modificaciones a través de los años y posteriormente conocer hacia dónde la tecnología en el área de costura avanzó.

La máquina de coser surgió en el año de 1755, donde un alemán llamado Charles Fredrick Wiesenthal patentó un instrumento mecánico facilitador de la costura. Era algo tan sencillo como una aguja con dos puntas y un ojal en el extremo. Suficiente para ser considerada como la primera máquina de coser de la historia (*Reimunde, 2019*).

Treinta y cinco años más tarde, en 1790, un ebanista de origen inglés llamado Thomas Saint, creó una máquina para coser con punto de cadeneta. Este mecanismo era ideal para coser piezas de cuero y velas de barco. Más tarde, un inventor estadounidense Walter Hunt en 1834 creó la primera máquina de puntada cerrada, lamentablemente tras no patentar su invención en su momento, años después su intento de patentar su invento fue negado por condición legal de "Abandono". Por otro lado, el inventor estadounidense, Elías Howe, presenta y patenta una máquina de coser con los mismos elementos de la máquina de coser de Hunt. Y a diferencia de Hunt, Elías Howe patenta su invención en el año de 1846 (*Reimunde, 2019*).

Tiempo después Isaac Merritt Singer, patentó y desarrolló en el año de 1851 una máquina de coser generadora de 900 puntadas por minuto. Sus principales características eran: una lanzadera recta, un brazo en suspensión, una aguja con un ojo en el extremo más cercano a la tela y un prénsatelas cuyo propósito era sujetar la tela estirada sobre un apoyo horizontal. Este último detalle facilitaba la costura en cualquier dirección. Por último, la máquina era accionada mediante un pedal. Esto fue toda una innovación porque hasta entonces la actividad de confección era mediante una simple manivela. Singer siguió trabajando y desarrollando mejoras como un dispositivo para la tensión del hilo patentado en 1852 (*Reimunde, 2019*).

A solamente dos años después de su invención, Singer abrió una filial, levantó una planta de producción en Nueva York y cambió su denominación empresarial por Singer Manufacturing Company. Vendiendo máquinas a 100 dólares por unidad. Fue en el año

de 1855 cuando inició su expansión intercontinental en Francia, en la Exposición Universal de París.

Singer produjo, en el año de 1889, la primera máquina de coser eléctrica, con un motor eléctrico Edison. Y en 1908 inauguró el Singer Building en Nueva York, fue el primer rascacielos y el edificio más alto del mundo con 186 metros de altura. La siguiente imagen describe la línea de tiempo de la evolución del diseño de la máquina de coser convencional (*Reimunde, 2019*).

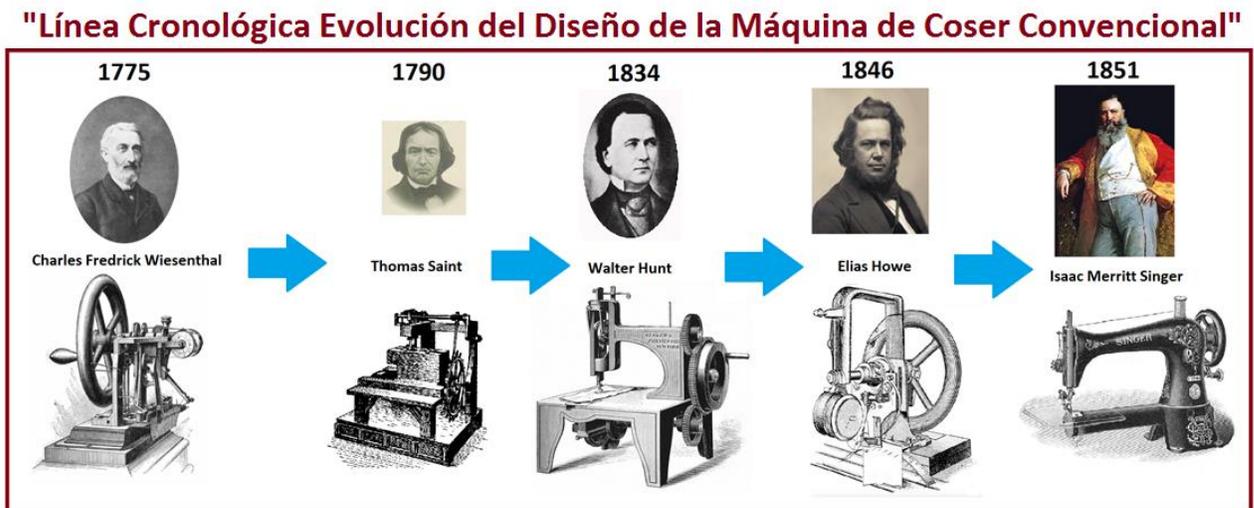


Figura1. "Línea Cronológica Evolución del Diseño de la Máquina de Coser Convencional". Fuente: (Elaboración propia).

A lo largo de la historia, la evolución del diseño de la máquina de coser trajo consigo tanto un cambio sociocultural como económico. Como muestra la "Línea Cronológica Evolución del Diseño de la Máquina de Coser Convencional" los inventores impulsores en las mejoras a la máquina de coser eran de orígenes: inglés, alemán y estadounidense. Sin embargo, los cambios socioculturales y económicos surgieron alrededor del mundo, no solamente en Inglaterra, Alemania y Estados Unidos de Norte América. La máquina de coser ha sido el instrumento principal de trabajo para muchas culturas como países, tales como: Francia, Italia, Irán, Iraq, India, Brasil y México.

La inclusión de las comunidades indígenas en México hacia la industria textil ha sido gracias a la interacción con la máquina de coser. En Irán, los proyectos de la industria textil han sido la principal fuente de trabajo para el sector femenino desde mitad del Siglo XX hasta la primera parte del Siglo XXI. Francia e Italia, países de la capital de la moda,

donde la industria textil ha tomado poder a partir de la revolución Industrial; continúan impulsando las mejoras en el diseño de la máquina de coser desde entonces.

Siguiendo la linealidad de la evolución de la máquina de coser convencional, esta ha sufrido mejoras gracias a los avances tecnológicos. Sin embargo, su diseño mecánico ha permanecido desde 1851 hasta la actualidad, año 2019.

"Comparación de modelos de máquinas de coser SINGER"



Figura 2. "Comparación de modelos de máquinas de coser SINGER". Fuente: (Elaboración propia).

Al observar la Figura 2. "Comparación de modelos de máquinas de coser SINGER", es relevante hacer énfasis en el diseño mecánico de ambas máquinas, la máquina de coser convencional SINGER del año 1851 y la máquina de coser eléctrica SINGER del año 2019. Tanto el diseño de la máquina de coser convencional como el diseño de la máquina de coser eléctrica reflejan similitudes.

No obstante, con el avance de la tecnología algunos cambios realizados en las máquinas de coser eléctricas han sido: la adaptación de displays y componentes mecánicos como carretes y dobles agujas. Como puede observarse, desde el año 1851 al año 2019, el diseño mecánico de la máquina de coser ha permanecido con similitudes. Con el paso de los años la humanidad adoptó el diseño mecánico de la máquina de coser de forma icónica. Sin embargo, este diseño no ha impedido a la costura pasar de ser una actividad realizada en casa a ser una actividad de consumo humano empleada en las industrias textil y manufacturera.

2.2 Descripción del funcionamiento de la máquina de coser eléctrica

Básicamente el funcionamiento operativo de una máquina de coser eléctrica consta de la transmisión del movimiento de un motor eléctrico hacia un sistema de levas y brazos, dicho movimiento acciona a una aguja enhebrada por un hilo con el fin de atravesar tejidos con distintos tipos de puntadas (Contreras, 2017).



Figura 3. "Máquina de coser eléctrica SINGER, modelo 1022 de 1992".

El sistema mecánico de la máquina de coser, sin incluir la base plástica o metálica de apoyo, es denominado cabezote. Tanto la máquina de coser convencional como la máquina de coser eléctrica están conformadas por el cabezote. El cabezote de la máquina de coser eléctrica lo conforman los siguientes elementos:

“Elementos de la máquina de coser eléctrica”

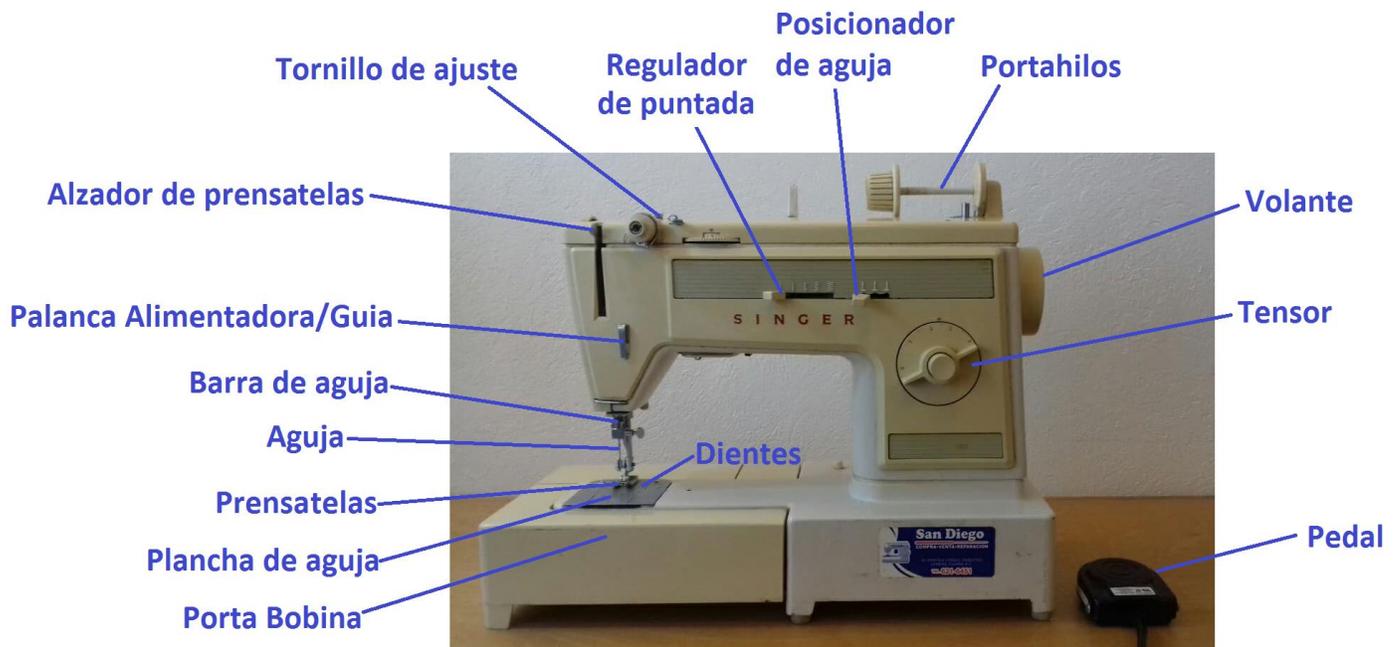


Figura 4. “Elementos de la máquina de coser eléctrica”. Fuente: (Elaboración propia).

- **Volante:** Es la rueda receptora del movimiento de la correa y lo transmite a los mecanismos interiores del cabezote. También puede ser movida con la mano para levantar la aguja.
- **Tensor:** Determina la longitud de las puntadas. La numeración indica los distintos largos de las puntadas. Cuando el tensor es colocado en la posición cero, la máquina no cose.
- **Pedal:** Es el mecanismo necesario para accionar al motor interno de la máquina de coser eléctrica.
- **Porta Bobina:** Es la caja de metal protectora de la bobina o carretel y consta de las siguientes partes: perno perforado (para introducir en la lanzadera), muelle (está en un costado y va ajustado con un tornillo), tornillo tensor (ajusta al muelle para tensionar el hilo), pestillo (está situado en la parte posterior, sirve para sostener la bobina y para quitar o colocar la caja-bobina) y perno (este va ligeramente curvo, ajusta en la ranura superior del respaldo del carril).
- **Plancha de aguja:** Está situada debajo del prensatelas permitiendo el paso de la aguja por medio de un orificio integrado a esta. También está conformada por carriles para el movimiento de los dientes. A su vez la conforma la “plancha

corrediza". Esta permite el desplazamiento manual y el acceso a la porta bobina para colocarla o quitarla.

- **Prénsatelas:** Sostiene la tela contra la plancha de aguja mientras realiza la costura.
- **Aguja:** Conduce el hilo a través de la tela para formar el despunte o puntada junto con el hilo de la bobina.
- **Barra de aguja:** Sostiene la aguja en su extremo y le transmite a ésta el movimiento necesario para subir y bajar en cada puntada.
- **Palanca Alimentadora/Guía:** Pequeño alambre curvado, dirige el hilo del carrete hasta la aguja.
- **Alzador de prénsatelas:** Facilita el movimiento ascendente o descendente del prénsatelas.
- **Tornillo de ajuste:** Gradúa la presión ejercida por el prénsatelas en la tela. Dependiendo el tipo de tela (gruesa o delgada) es como debe regularse la presión del prénsatelas.
- **Regulador de puntada:** Selecciona el tipo de puntada (punto, línea, zigzag o doble zigzag) a realizar por la aguja en la tela.
- **Portahilos:** Son los pernos donde deben colocarse los carretes para suministrar hilo a la aguja.
- **Dientes:** Forman el mecanismo de transporte de la tela, haciéndola avanzar bajo el prénsatelas.
- **Bobina:** También llamado carretel, es el accesorio de la máquina donde se enrolla el hilo para formar la parte inferior de la puntada.

"Localización del Porta Bobina y Bobina"

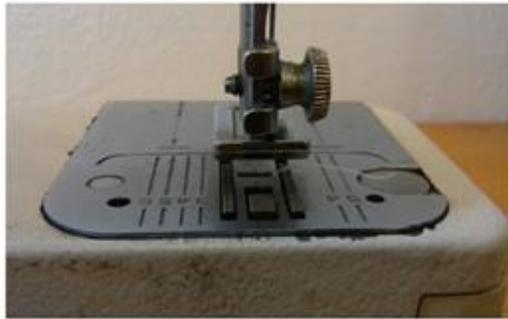


Imagen1: "Barra de aguja, Aguja, Prensatelas, Dientes y Plancha de aguja" ordenados

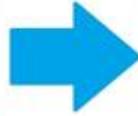


Imagen2: "Desprendimiento de la Plancha de Aguja"



Imagen4: "Porta Bobina y Bobina separados"



Imagen3: "Acceso al Porta bobina"

Figura 5. "Localización del Porta Bobina y Bobina ". Fuente: (Elaboración propia).

Cada elemento mencionado cumple con una función específica y de suma importancia para garantizar el buen funcionamiento de la máquina de coser eléctrica. La integración de todos estos elementos constituye al cabezote. A su vez, el cabezote tiene la finalidad de generar el patrón de puntadas en la tela. La generación de puntadas en la tela es realizada de la siguiente manera como muestra la figura:

“Generación de puntadas en la máquina de coser eléctrica”

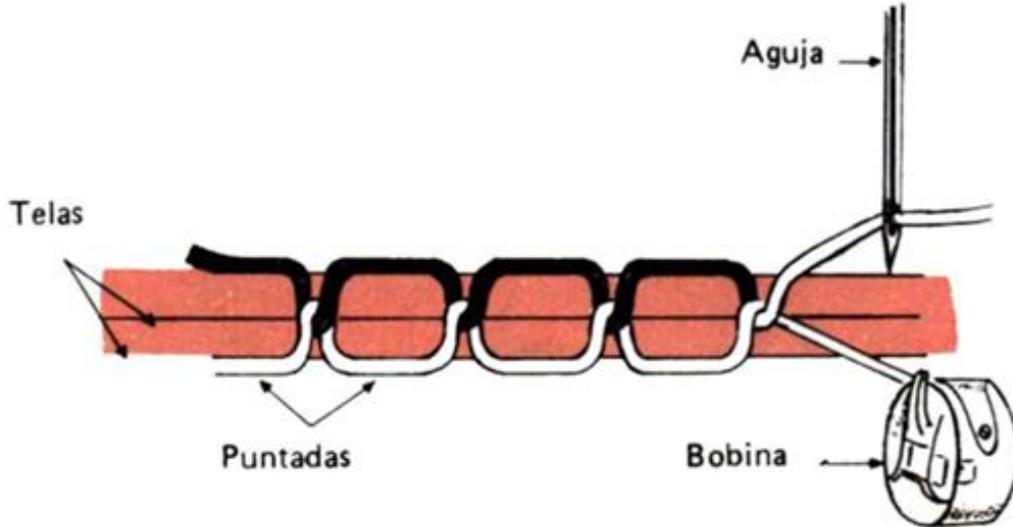


Figura 6. “Generación de puntadas en la máquina de coser eléctrica”. Fuente: (Avella, 2018).

Como puede observarse existen dos hilos, el hilo insertado en la aguja y el hilo dentro de la bobina. Cuando el trozo de tela pasa por la plancha de aguja, los dientes y el prénsatelas, ahí es donde la aguja desciende creando un orificio en la tela y al mismo tiempo la bobina rota en contra de las manecillas del reloj. Ambos movimientos continuos provocan el encuentro de los hilos, donde el hilo de la aguja al descender queda enganchado en la bobina. La bobina a su vez gira para completar una vuelta y generar el nudo entre los dos hilos. Finalmente la aguja asciende estirando el hilo insertado en esta. La tensión ejercida por la aguja al ascender fija la unión del “nudo” creado por ambos hilos. De esta manera es generada una puntada en la máquina de coser eléctrica.

2.3 Nuevas tecnologías

Debido a la invención de los transistores y el desarrollo de los circuitos integrados, en la década de 1950, es cuando el Control Numérico por Computadora (CNC) aparece, gracias a la integración de una computadora a la máquina – herramienta (Rincón, 2016, pg.4).

La programación convencional de las máquinas herramienta de control numérico (CNC) utiliza un modelo de datos estipulado por ISO 6983, o también conocido como códigos G. Este código fue diseñado para pasar secuencialmente instrucciones a los controles de máquinas herramienta con poca inteligencia (Groover, 2007, pg.79).

Las ventajas del uso o aplicación de un sistema CNC en la industria son variadas, algunas de estas son las siguientes:

Ventajas de un sistema CNC

- Amplia capacidad de operaciones de trabajo.
- Proporciona seguridad. El control numérico es especialmente recomendable para el trabajo con productos peligrosos o de alto riesgo.
- Amplia capacidad de diseño.
- Disposición de varios lenguajes de programación.
- Control y normalización de sus productos.
- Puede un sólo operador operar varias máquinas. Con el uso de esta tecnología un operador puede sincronizar varias máquinas para funcionar al mismo tiempo, ahorrando el uso de mano de obra calificada.
- Mayor exactitud en sus operaciones. Aunque el margen de error es muy pequeño, la máquina cuenta con un sistema de auto calibraciones periódicas para evitar errores.
- Reducción de pérdidas de materia prima.
- Mayor capacidad en cuanto a la programación y puesta en marcha.
- Competitividad frente a las máquinas tradicionales.
- Mayor rendimiento y menores costos.
- Amplia representación de mantenimiento y repuestos por parte del fabricante *(UNAD, 2016)*.

La industria manufacturera a nivel mundial, cada año cuenta con la posibilidad de adquirir diversos tipos de máquinas CNC, tales como: Corte Láser, Fresadora, Torno e Impresoras 3D. Cada máquina CNC desarrolla una tarea específica y compleja; e inclusive difícil de realizar para el ser humano por diferentes cuestiones, llámese altas y bajas temperaturas, cortes milimétricos y precisión de ajustes.

La máquina CNC Fresadora son herramientas utilizadas en mayor medida para mecanizar. Funcionan por arranque de viruta, mediante el movimiento de una herramienta de rotación con varios labios/cortes denominado fresa *(Marín, 2016)*.

La máquina CNC Torno es una máquina-herramienta diseñada para la fabricación de piezas de forma totalmente automática. Para ello, estos tornos llevan instalado un software de control, permitiendo la sencilla automatización del proceso (Gómez, 2013).

Las impresoras 3D, actualmente diversificadas en tamaños y tipos de materiales, son una máquina capaz de realizar réplicas de diseños en 3D, creando piezas o maquetas volumétricas a partir de un diseño hecho por ordenador. Surgen con la idea de convertir archivos de 2D en prototipos reales o 3D (Santiago, 2012).

La máquina CNC de Corte Láser utiliza tecnología láser para efectuar cortes milimétricos de precisión (Marín, 2016). Tal y como lo muestra la Figura 7. “Máquina CNC de Corte Láser”.

Máquina CNC de Corte Laser



Figura 7. “Máquina CNC de Corte Láser”. Fuente:(Marín, 2016).

Capítulo 3. Definición del problema de investigación

3.1 Justificación

La idea de la realización de este trabajo de tesis surge con la problemática de la falta de mano de obra para el departamento o área de costura de una empresa de giro militar, situada en la ciudad de Tijuana B.C. A raíz de esta problemática surge como solución emergente el diseñar una máquina CNC de costura pueda inicialmente generar un patrón de línea recta y eventualmente escalarla a patrones complejos, con la mejora de diseño de remover la bobina del cabezote de costura. De igual manera esta máquina CNC de costura debe ser de fácil uso para el operador, para así cumplir con uno de los objetivos: “mantener y conseguir mano de obra para el departamento de costura”, sin importar la inexperiencia del operador en el área. De igual manera, el proyecto busca mitigar (en la medida de lo posible erradicar) los problemas de salud generados en las personas por ejercer la actividad de confección, problemas como: reumatismo, pérdida de visión y dolores musculares. Estas enfermedades proliferan con la ejerción constante de esta actividad. El alcance de este proyecto es significativo porque impacta a la industria textil y manufacturera en la ciudad de Tijuana B.C. Cabe aclarar, el plazo de realización del proyecto está programado o estimado a un plazo de seis meses, en donde serán evaluados los detalles del diseño de la máquina CNC y posteriormente poder recolectar los datos de las muestras requeridas con el fin de clarar el objetivo propuesto.

La pregunta de investigación pertinente es la siguiente:

3.2 Pregunta de investigación

1. ¿Puede automatizarse la costura textil sin la bobina (parte inferior) del cabezote de costura?

Al plantearse la pregunta, las hipótesis pertinentes para el proyecto son:

3.3 Hipótesis de Investigación

Hi: “Un diseño de CNC automatiza la costura lineal textil sin la bobina”.

Ho: “Un diseño de CNC no automatiza la costura lineal textil sin la bobina”.

Con la intención de mejorar la actividad de confección (coser), la idea propuesta de remover la bobina del cabezote de la máquina de coser, permitiría efectuar un patrón lineal de hilo en un pedazo de tela. Por lo que el objetivo general es:

3.4 Objetivo General

1.- Crear el diseño de una máquina de coser CNC para patrón de costura lineal de 10 cm sin bobina.

Capítulo 4. Metodología

La metodología parte de una investigación de campo para la creación del diseño de una máquina CNC de Costura. El concepto parte de lo conocido actualmente, el diseño mecánico de una máquina de coser eléctrica SINGER modelo 1022 de 1992 y el diseño de una máquina CNC, en este caso un modelo de máquina CNC de corte Láser. El proyecto pretende primeramente demostrar la realización de un patrón lineal de costura sin hacer uso de la bobina del cabezote de costura. Por lo tanto:

Paso 1: Propuesta de un nuevo diseño de cabezote de costura factible para generar puntadas.

Tras conocer el funcionamiento y diseño mecánico de la máquina de coser eléctrica, tomando como caso de estudio el modelo SINGER 1022 de 1992, es factible la propuesta de un nuevo diseño de cabezote tomando en cuenta algunas opciones electrónicas disponibles en el mercado, como lo son: motores a paso y microcontroladores.

Paso 2: Construcción del nuevo cabezote de costura propuesto.

Una vez creado el diseño del nuevo cabezote de costura y modelado en el programa de diseño Autodesk Fusion 360; continuó su construcción y programación haciendo uso de componentes electrónicos como: motor a pasos, microcontrolador y tarjeta reguladora de corriente. La programación del nuevo cabezote de costura fue ejecutada con el programa para microcontroladores Arduino.

Paso 3: Toma de Muestras (Bordados realizados).

Al contar físicamente con el cabezote de costura, posteriormente fue necesario recabar muestras del patrón de costura generado por el mismo. Dichas muestras fueron comparadas con muestras de pedazos de tela confeccionados con el patrón generado de una máquina de coser eléctrica SINGER.

Paso 4: Diseño de prototipo de una máquina CNC de costura.

El diseño de prototipo de una máquina CNC de costura es realizado con el programa de diseño Autodesk Fusion 360, con la finalidad de optimizar el desempeño de la máquina e integrar todos los elementos necesarios para su correcto funcionamiento.

Paso 5: Construcción de máquina CNC de costura.

Finalmente, al contar con el cabezote de costura y las muestras obtenidas, la construcción de la máquina CNC de costura puede iniciarse. Tomando en cuenta la necesidad para la máquina CNC de costura la requisición del uso de una computadora como medio de comunicación y lectura del programa UNIVERSAL GCODE SENDER, encargado de transmitir de manera de comunicación serial a una placa Arduino. La placa funciona como control principal para los CNC Shield de Arduino. Dos Shields son necesarios para el desarrollo de la estructura de la máquina CNC. Cada Shield controla un motor, encargados de efectuar los movimientos de los dos ejes de la máquina: X y Y. Con el fin de generar un patrón lineal de costura en un pedazo de tela.

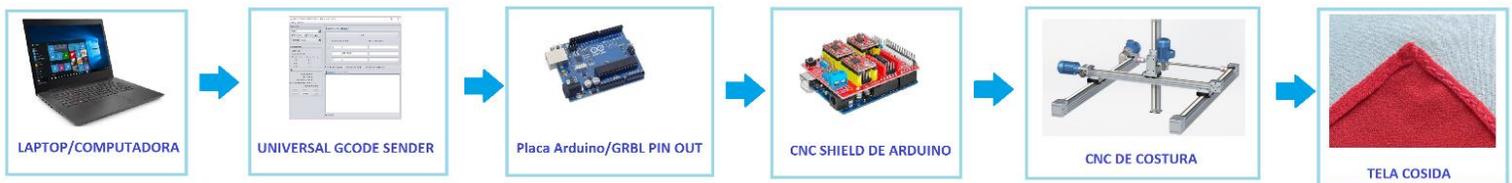


Figura 8. "Flujo del proceso de construcción de la máquina CNC de Costura". Fuente: (Elaboración propia).

Capítulo 5. Resultados

Partiendo de la secuencia lineal planteada en la metodología para efectuar el desarrollo del proyecto, es conveniente resaltar la importancia de primeramente conocer el diseño mecánico de una máquina de coser eléctrica SINGER modelo 1022 de 1992. El análisis de dicho modelo de máquina de coser permitió la comprensión del funcionamiento de cada una de sus partes y cómo el cabezote genera la puntada de costura. Después fueron obtenidos los siguientes resultados:

5.1 Paso 1: Propuesta de un nuevo diseño de cabezote de costura factible para generar puntadas.

Utilizando componentes electrónicos actuales como: microcontroladores y motores a paso, el diseño de un cabezote de costura electrónico fungió como actor principal en el diseño de la CNC de costura.

La propuesta de diseño del cabezote de costura lo conformó un motor unipolar paso a paso de 1.8 grados de movimiento, una placa reguladora de corriente ULN2003, un microcontrolador Arduino MEGA ADK y una aguja curva.

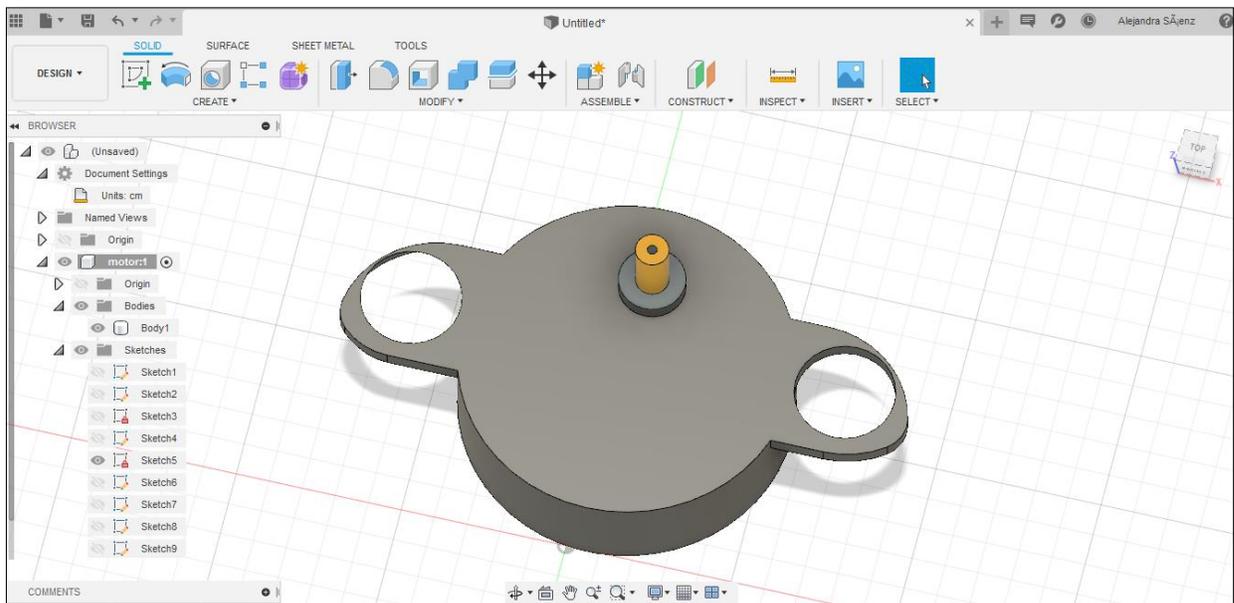


Figura 9. "Diseño de motor unipolar en programa Autodesk Fusion 360". Fuente: (Elaboración propia).

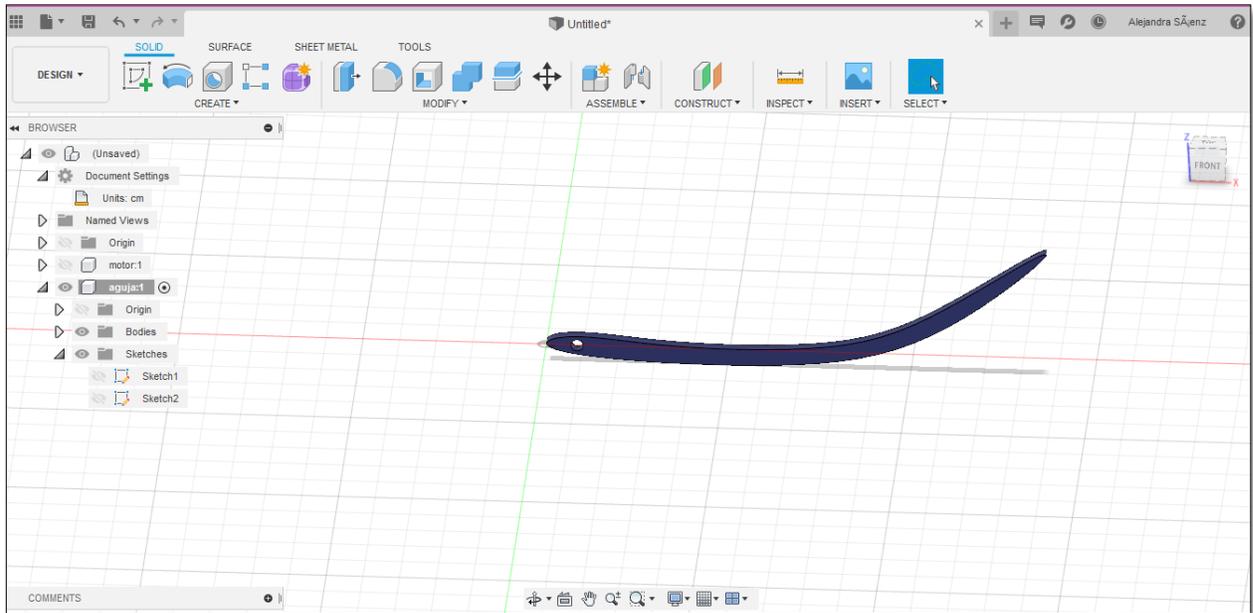


Figura 10. "Diseño de aguja curva en programa Autodesk Fusion 360". Fuente: (Elaboración propia).

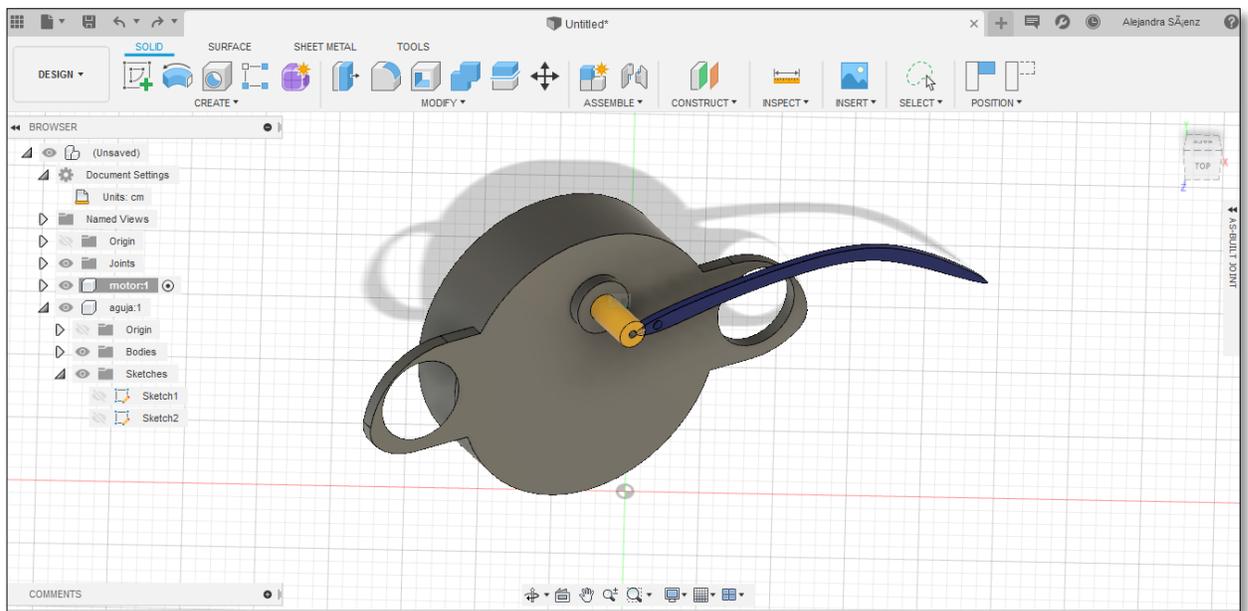


Figura 11. "Diseño de motor unipolar con aguja curva en programa Autodesk Fusion 360". Fuente: (Elaboración propia).

Trabajar con la propuesta de una aguja curva surgió a raíz del movimiento envolvente generado por el diseño de esta. El movimiento de giro 360 grados del motor unipolar aunado al diseño de una aguja curva en primera instancia resultaban factibles para la sustitución del funcionamiento de un cabezote convencional; movimiento de la aguja en el eje Y, movimiento de la tela en el eje X y movimiento de la bobina en el eje Z.

La propuesta de diseño fue dirigida a cambiar un control análogo-Digital (máquina de coser eléctrica) por un control completamente digital (Motores a paso y microcontrolador).

5.2 Paso 2: Construcción del nuevo cabezote de costura propuesto.

La construcción del cabezote electrónico para la máquina de coser CNC tuvo lugar con el uso de un motor unipolar paso a paso de 1.8 grados de movimiento, una placa reguladora de corriente ULN2003, un microcontrolador Arduino MEGA ADK y una aguja curva. La programación del motor unipolar fue realizada con el programa Arduino. La conexión entre el motor, la placa y el microcontrolador fue efectuada acorde a las hojas de datos de cada componente (Datasheet).

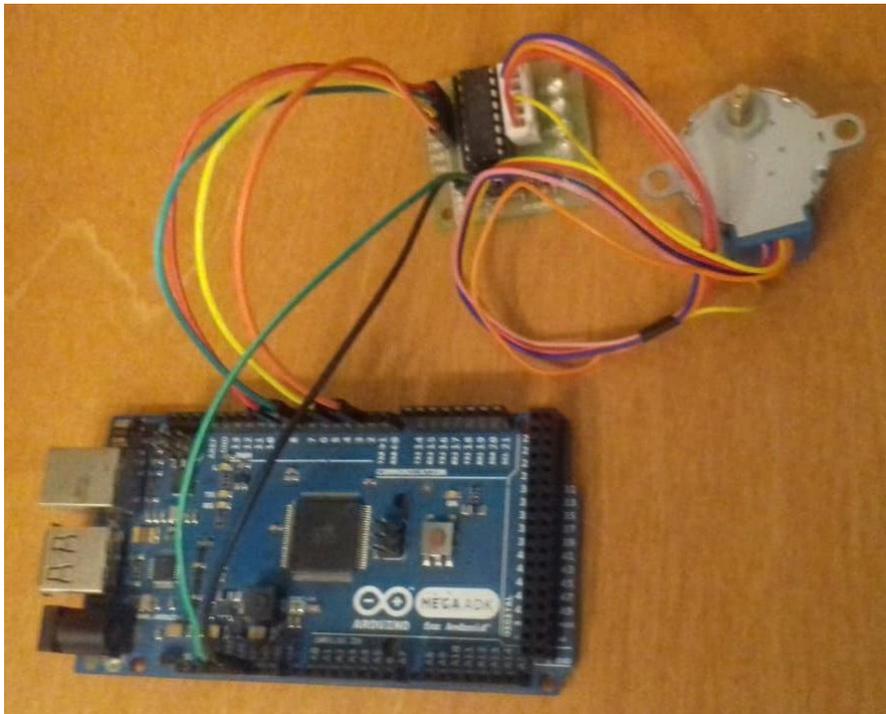


Figura 12. “Propuesta de cabezote electrónico de la máquina de coser CNC”. Fuente: (Elaboración propia).

El código utilizado para la programación del motor unipolar fue el siguiente:

Código de Motor Unipolar Paso a Paso	
<pre>int IN1= 8; int IN2= 7; int IN3= 4; int IN4= 2; int espera= 15; void setup() { pinMode(IN1,OUTPUT); pinMode(IN2,OUTPUT); pinMode(IN3,OUTPUT); pinMode(IN4,OUTPUT); }</pre>	<pre>void loop() { for(int i=0; i<512; i++) { digitalWrite(IN1, HIGH); digitalWrite(IN2, LOW); digitalWrite(IN3, LOW); digitalWrite(IN4, LOW); delay(espera); digitalWrite(IN1, LOW); digitalWrite(IN2, HIGH); digitalWrite(IN3, LOW); digitalWrite(IN4, LOW); delay(espera); digitalWrite(IN1, LOW); digitalWrite(IN2, LOW); digitalWrite(IN3, HIGH); digitalWrite(IN4, LOW); delay(espera); digitalWrite(IN1, LOW); digitalWrite(IN2, LOW); digitalWrite(IN3, LOW); digitalWrite(IN4, HIGH); delay(espera); } digitalWrite(IN1, LOW); digitalWrite(IN2, LOW); digitalWrite(IN3, LOW); digitalWrite(IN4, LOW); delay(3000); }</pre>

Tabla 1. "Código de Motor Unipolar Paso a Paso". Fuente: (Elaboración propia).

5.3 Paso 3: Toma de Muestras (Bordados realizados).

El patrón de costura obtenido del prototipo de propuesta de cabezote electrónico fue el siguiente:

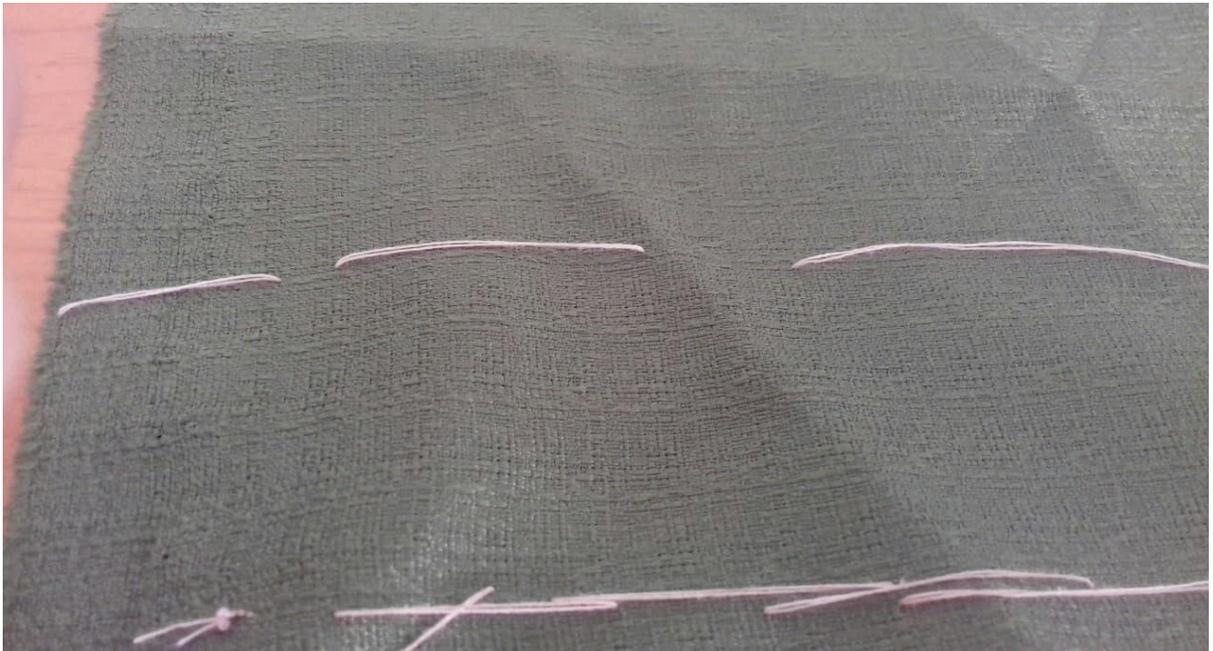


Figura 13. "Patrón de costura lineal generado por cabezote electrónico parte delantera". Fuente: (Elaboración propia).



Figura 14. "Patrón de costura lineal generado por cabezote electrónico parte posterior". Fuente: (Elaboración propia).

Como puede observarse en la Figura 13. “Patrón de costura lineal generado por cabezote electrónico parte delantera”, el patrón generado por el cabezote electrónico presenta una separación uniforme acorde al tamaño de la aguja curva. Así mismo como puede observarse en la Figura 14. “Patrón de costura lineal generado por cabezote electrónico parte posterior”, el patrón de costura no es completamente lineal. Esto es resultado a la falta de la pieza “prénsatelas” y una guía para la tela.

En comparación con un patrón de costura elaborado en una máquina de coser electrónica:



Figura 15. “Patrón de costra generado en una máquina de coser electrónica”. Fuente: (Elaboración propia).

Minutos	Cantidad de puntadas generadas	
	Máquina de coser eléctrica	Cabezote electrónico
1	900	1
2	1800	2
3	2700	3
4	3600	4
5	4500	5
6	5400	6
7	6300	7
8	7200	8

Tabla 2. “Comparación de cantidad de puntadas generadas”. Fuente: (Elaboración propia).

5.4 Paso 4: Diseño de prototipo de una máquina CNC de costura.

El diseño de prototipo propuesto para la máquina CNC de costura consta de una base rectangular de 20cm x 14cm x 4cm. Dentro del mismo están ubicados dos ejes acerados de 20cm y un riel de cuatro hilos; cada uno de estos está unido a una tuerca de camisa, a un rodamiento lineal CNC de 8mm y un acople flexible CNC. Estas piezas permiten el movimiento tanto de los ejes acerados como del riel y la adherencia hacia cualquier superficie, en este caso una superficie sólida como base superior de 16cm x 11cm.

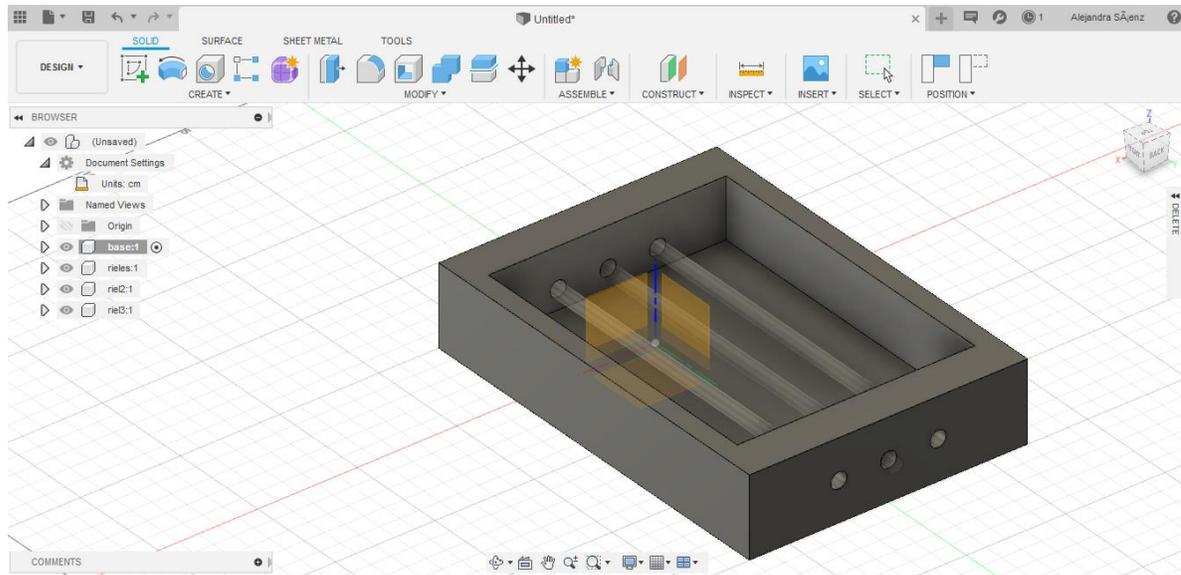


Figura 16. "Diseño de base con rieles en programa Autodesk Fusion 360". Fuente: (Elaboración propia).

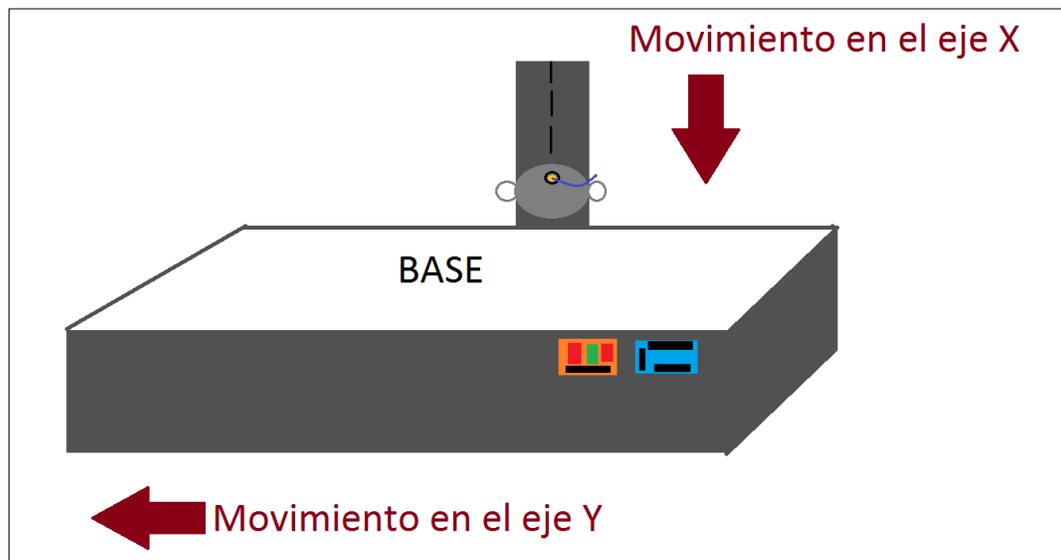


Figura 17. "Descripción de los movimientos del diseño de máquina CNC de costura". Fuente: (Elaboración propia).

Como puede observarse en la Figura 16. “Descripción de los movimientos del diseño de máquina CNC de costura”, la base del prototipo de diseño de la máquina CNC corresponde al eje Y. El riel de cuatro hilos está acoplado a un motor NEMA 17, este al mismo tiempo está conectado a una placa Arduino CNC y esta direccionada a una placa Arduino Uno. Adherida a uno de los lados de 20cm de la base está posicionado un riel de cuatro hilos con un soporte rígido de 10cm x 15cm, en donde está colocado el nuevo cabezote electrónico propuesto. De igual manera el riel de cuatro hilos está acoplado a un motor NEMA 17, este al mismo tiempo está conectado la placa Arduino CNC y esta direccionada a la placa Arduino Uno.

5.5 Paso 5: Construcción de máquina CNC de costura.

Los componentes necesarios para la construcción de la máquina CNC sin el cabezote de costura fueron los siguientes:

- Dos motores Bipolares Nema 17 de 0.4 A y de cuatro hilos
- Una placa Arduino Uno con cable USB
- Una placa Arduino CNC
- Un riel de cuatro hilos de 20cm
- Dos ejes acerados de 20cm
- Tres tuercas camisa
- Dos bloques SBR12UU
- Seis tornillos M3
- Dos acoples flexibles CNC de 5mm/8mm
- Tres rodamientos lineales CNC de 8mm

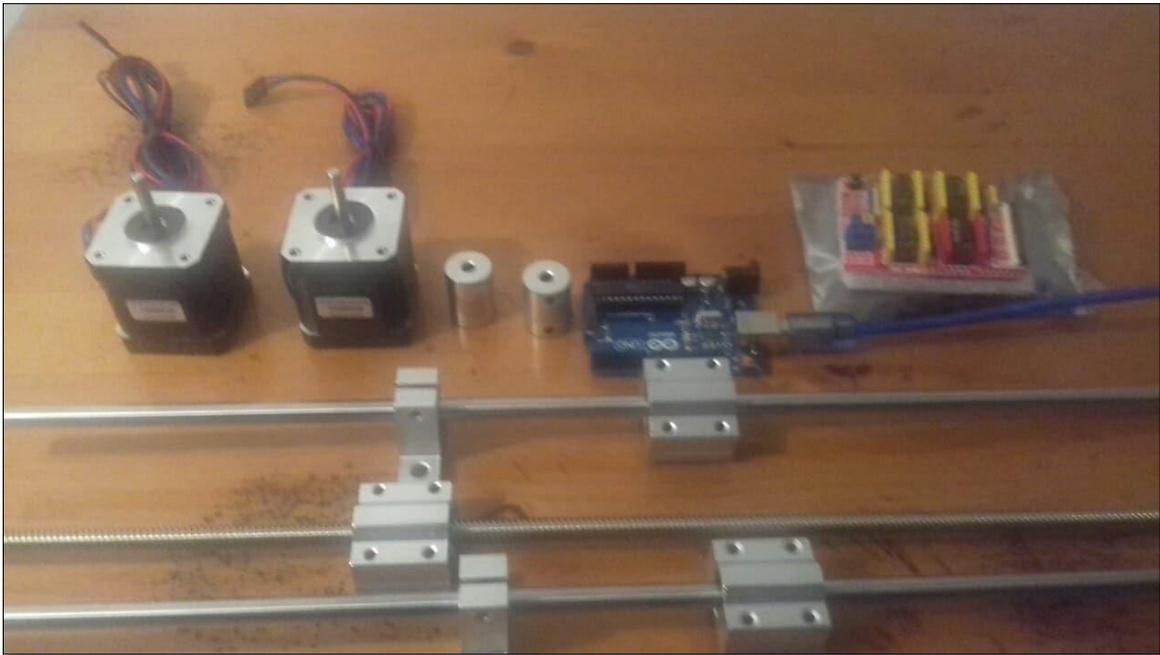


Figura 18. "Componentes para la construcción de la máquina CNC sin cabezote de Costura". Fuente: (Elaboración propia).

Para la programación de los motores fue necesario contar con una librería para código G compatible con Arduino.

Librería para código G

```
#include <grblmain.h>
void setup(){
    startGrbl();
}
void loop(){}
```

Tabla 3. "Librería para código G". Fuente: (Elaboración propia).

Esta librería es recomendada por el proveedor de la placa Arduino CNC para su correcto funcionamiento y compatibilidad con la placa Arduino Uno. Después de cargar la librería en la placa Arduino Uno, fue realizado el código G para el movimiento de los motores, utilizando el programa UNIVERSAL GCODE SENDER. El código G utilizado es universal y al igual que la librería, las líneas de código G, pueden encontrarse con el proveedor de la placa Arduino CNC. Es importante resaltar el contar con la última versión del programa JAV SCRIPT, de otra manera el programa UNIVERSAL GCODE SENDER no podrá ser utilizado.

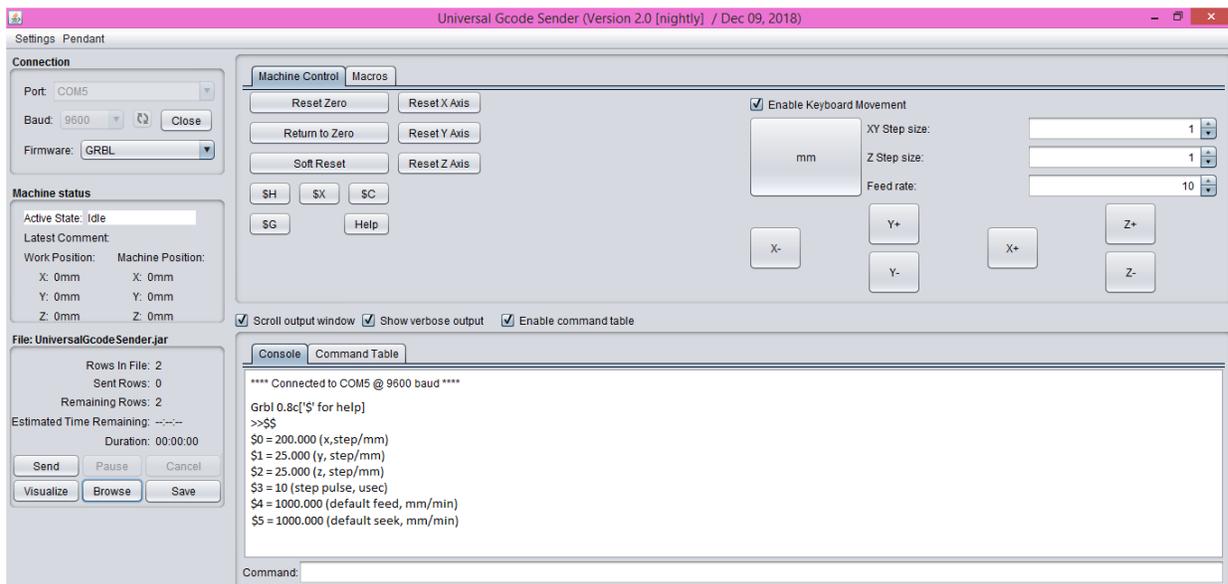


Figura 19. "UNIVERSAL GCODE SENDER utilizado para programar la placa Arduino CNC". Fuente: (Elaboración propia).

Capítulo 6. Conclusiones

Desarrollando la propuesta de diseño de una máquina CNC de costura y un nuevo cabezote electrónico puede afirmarse la hipótesis nula, “la creación de un diseño de CNC automatiza la costura lineal textil sin la bobina”. Debido a la programación de sus componentes, favoreciendo a la industria textil al no someter a un operador (costurero) a la actividad de confección tradicional. Sin embargo, existen dos vertientes. La primera vertiente, un diseño de CNC confirma la automatización del proceso de costura, independientemente del cabezote utilizado, puede ser el cabezote electrónico propuesto o un cabezote de máquina de coser eléctrica (convencional). Y la segunda vertiente, el tiempo de generación del patrón de costura. Para la industria textil el tiempo es un factor importante, en la elaboración de prendas. Un diseño de máquina CNC de costura ayuda a mitigar los problemas generados en el operador, enfermedades derivadas por la actividad de confección; garantiza la disminución de tiempo en sesiones de entrenamiento al operador, por la inexperiencia en la actividad; y eleva la calidad de las piezas elaboradas al reducir los defectos generados por el cansancio de los operadores o su inexperiencia en la actividad de confeccionar.

Incitar al cambio de diseño mecánico de la máquina de coser eléctrica es factible. Realizar un patrón de costura lineal utilizando componentes electrónicos como lo propone el diseño de cabezote electrónico es viable. Sin embargo, cabe resaltar la importancia de la presencia de las piezas: prénsatelas, guía de aguja y portahilos. Al igual considerar las diferencias entre un cabezote de máquina de coser eléctrica y el cabezote electrónico propuesto. El primero brinda un patrón de costura muchísimo más sólido y a una revolución de 900 puntadas por minuto. Esto debido al movimiento de la bobina, donde esta puede rotar 900 veces en un minuto. Mientras el segundo genera un patrón de costura lineal, a una revolución de una puntada por minuto. La velocidad en la generación del patrón de costura en el diseño de cabezote electrónico propuesto representa una oportunidad de mejora futura; porque es posible generar el patrón de costura lineal, aunque el cabezote de una máquina de coser eléctrica lo genera a menor tiempo y con mayor frecuencia.

Iniciar la construcción de la máquina CNC de costura como quinto paso en la metodología queda definida como un proyecto a futuro. El enfoque de esta tesis es dirigido al “diseño” de una máquina CNC de costura y el conocer tanto sus ventajas como

desventajas. Sin embargo, es anexado este paso como un parteaguas o ventana para dar inicio y conocer los pasos requeridos para su construcción.

Lista de referencias bibliográficas

- Gonzalo Reimunde. (2019). SINGER Y EL ORIGEN DE LAS MÁQUINAS DE COSER. 2019, de Brandstocker Sitio web: <https://galikus.com/brandstocker/podcast/singer-y-el-origen-de-las-maquinas-de-coser/>
- Sherburne C. Blodgett and John A. Lerow. (2019). Wanted: Blodgett & Lerow Sewing Machine. 2019, de The Antikey Chop: Sewing Machines Sitio web: <https://www.antikeychop.com/blodgettandlerowsewingmachine>
- Frister and Rossmann. (2019). The Home of Frister & Rossmann and other fine vintage sewing machines. 2019, de Fiddlebase Sitio web: <https://www.fiddlebase.com/biographical-sketches/lerow-john-a/>
- Didier Boremanse. (2018). Maquinas de coser y la espiritualidad maya q'eqchi. 2019, de Instituto de Investigaciones UVG Sitio web: http://biblio3.url.edu.gt/Libros/seg_cong/25.pdf
- JOSÉ LÓPEZ VÁZQUEZ. (2016). HISTORIA DE LA MÁQUINA DE COSER. FONDOS DEL MUVI. Amigos del MUSEO DE VILLAFRANCA: EL HINOJAL. Revista de estudios Del MUVI.
- Mary Alexandra Ramirez Gomez . (2012). Plan de Mercadeo 2012 Maquinas de Coser Singer. Universidad de La Sabana: Instituto de Post Grados.
- José Espiau y Muñoz. (1998). Almacén Singer. 2019, de Ayuntamiento de Sevilla Sitio web: http://sig.urbanismosevilla.org/Sevilla.art/SevLab/eI010mass3_files/eI010.pdf
- Eugenia Prado. (2018). Cuerpos recamados, cuerpos cosidos: Advertencia de uso para una máquina de coser de Eugenia Prado. 2019, de SCIELO Sitio web: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0716-58112018000100093&script=sci_arttext
- Patricia Arias . (2108). Maquila, pequeña industria y trabajo a domicilio en Los Altos de Jalisco. 2019, de El Colegio de Michoacán Sitio web: <https://www.colmich.edu.mx/relaciones25/files/revistas/028/PatriciaArias.pdf>
- Morales Angamarca, Wilmer Geovanny, Valladares Guerra y Homero Santiago. (2012). Diseño y construcción de una máquina semiautomática de prensado en caliente para cuellos de camisas con una capacidad y temperatura máxima de 2 toneladas y 200 °C. Formadora de cuellos de camisas. 2019, de Escuela Politecnica Nacional Sitio web: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5012>
- DAMIN. (2018). Como funciona una maquina de coser?. 2019, de COMOFUNCIONA Sitio web: <https://como-funciona.co/una-maquina-de-coser/>
- Ahuett-Garza, H., Avila M., S., & Chaides Z., O. (5 de Ago de 2016). Restauración de Torno de Control Numérico Empleando Software Libre. Obtenido de Conciencia Tecnológica: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94421442011>
- Gómez, R. M. (2013). Torno de ejes paralelos convencional: Conversión a torno de control digital numérico. Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Celaya 2013 (págs. 2167-2171). Celaya: ISSN 1946-5351.
- Gómez-Estern, F. (2 de Oct de 2016). Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla. Obtenido de Automatización de Sistemas de Producción: <http://www.esi2.us.es/~fabio/CN.pdf>
- González Pineda, M., Pacheco Díaz, G., & Bravo Mendoza, I. (26 de Sep de 2016). Polilibros. Obtenido de Control Numérico Computarizado: http://148.204.211.134/polilibros/Portal/Polilibros/P_externos/connucomI/paginas/UNIDAD%201/Antecedentes.htm
- Howe, H. E. (1955, Vol. 167, No. 2). Teaching Tools to Run Themselves. Popular Science, 222.
- León Simanca, P., Londoño Ospina, N., Álvarez Díaz, J., & Marín Zapata, E. (5 de Ago de 2016). Diseño Y Construcción De Un Torno De Control Numérico. Obtenido de Scientia Et Technica: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84911948013>
- Schvab, L. (27 de Sep de 2016). inet. Obtenido de Instituto Nacional de Educación Tecnológica: <http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/maquinas-y-herramientas.pdf>
- UNAD. (2 de Oct de 2016). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Obtenido de Control Numérico Computarizado: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208009/Contenido%20en%20linea/13_ventajas_del_cnc.html

- Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata. (26 de Sep de 2016). frpl.utn. Obtenido de El Control Numérico de máquinas herramientas:
<http://www.frpl.utn.edu.ar/mecanica/Materias/CNCMH/ClaseDemo.PDF>
- GERARDO RINCON-MALTOS. (2016). Rehabilitación y mejora de CNC Boxford DUET. Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila: Revista Iberoamericana de Produccion Academica y Gestion Educativa.
- Mikell P. Groover. (2007). Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. USA: Prentice Hall Press Upper Saddle River, NJ, USA.
- Guadalupe López Contreras, Carla Carmona Hernández, José Omar Hernández Monterrosas, Héctor Alonso Benítez García, Antonio Rafael Caudillo Pérez.. (SEPTIEMBRE 2016 – AGOSTO 2017). Análisis estático de una aguja para máquina de coser. Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica, No. 1., pág.: 1 a la 5.
- Jorge Avella. (2018). La Máquina de Coser . Colombia: SENA.

Videos

- UMH TV. (2015). Colección de máquinas de coser de Emilio Cano. 2019, de Universidad Miguel Hernández de Elche Sitio web: <https://www.youtube.com/watch?v=GY6pv7e64Pw>
- IMCA/GLOBAL. (2010). Antique sewing machine museum in Haarlem, the Netherlands. 2019, de Global Industrial Sewing Machines Sitio web: <https://www.youtube.com/watch?v=MPIyMUI77Wk>
- Museums Galleries Scotland. (2013). Sewing machine collection and Singer archive at Clydebank Museum. 2019, de Museums Galleries Scotland Sitio web: <https://www.youtube.com/watch?v=vXNTM7fCVcE>
- El profe Garcia. (2016). CNC Casera, Materiales y Recomendaciones #2. 2019, de El profe Garcia Sitio web: https://www.youtube.com/watch?v=h7aWmF0Z6dw&list=PLnwu2s7SIakR-0Gs5vAO_1sfWDOy9mBE0&index=2
- rod980. (2018). La Vida Secreta de las Máquinas - Episodio 2: La Máquina de Coser. 2019, de rod980 Sitio web: <https://www.youtube.com/watch?v=iZnZ3Vc1o9o>
- Profe Suescún. (2018). Todo sobre agujas para máquinas de coser | Profe Suescún | 4K. 2019, de Profe Suescún Sitio web: <https://www.youtube.com/watch?v=67kMAo83D0A>