



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



TEMA: AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA TEJEDORA POR TRAMA RECTILÍNEA DUBIED GALGA 12, E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE CONTROL DE CALIDAD POR VISIÓN ARTIFICIAL, PARA EL MEJORAMIENTO EN LA PRODUCCIÓN DE TEJIDO DE PUNTO

AUTOR:

TORRES GALLO, DAVID ALEXANDER

DIRECTOR:

ING. REA MINANGO, SYLVIA NATHALY



Objetivo General

Automatizar una máquina tejedora por trama rectilínea Dubied galga 12 e implementar un módulo de control de calidad por visión artificial para el mejoramiento en la producción del tejido de punto.

Objetivos Específicos

Investigar los mecanismos de transmisión de movimiento que se puedan implementar en el proyecto.

Establecer requerimientos y parámetros de diseño de la parte mecánica, entre los elementos que la conforman están: mecanismos para el movimiento en vaivén del carro, selección de guía hilo y parámetros de ajuste.

Diseñar y construir los elementos mecánicos y estructurales añadidos para la autonomía deseada.

Seleccionar un controlador robusto, sensores y actuadores en función de los requerimientos de diseño previamente establecidos.

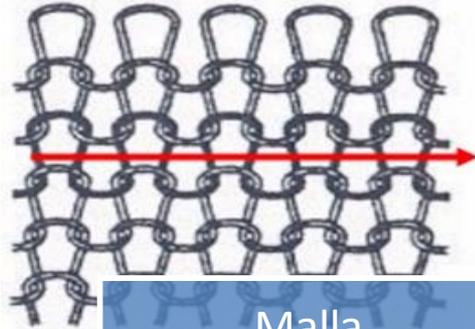
Diseñar un módulo de control de calidad mediante visión artificial, el cual permita detectar orificios en el tejido.

Desarrollar una interfaz Humano Máquina (HMI) para el control de parámetros de ajuste y monitoreo de funcionamiento de la máquina.

Realizar pruebas de velocidad de producción y calidad del tejido.



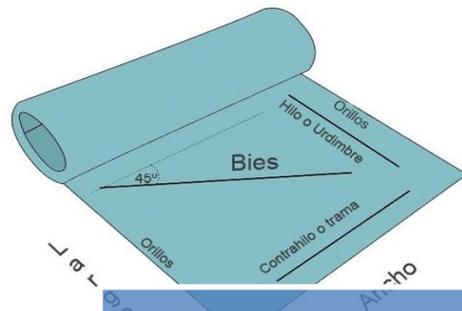
Introducción



Malla



Tejido de Punto



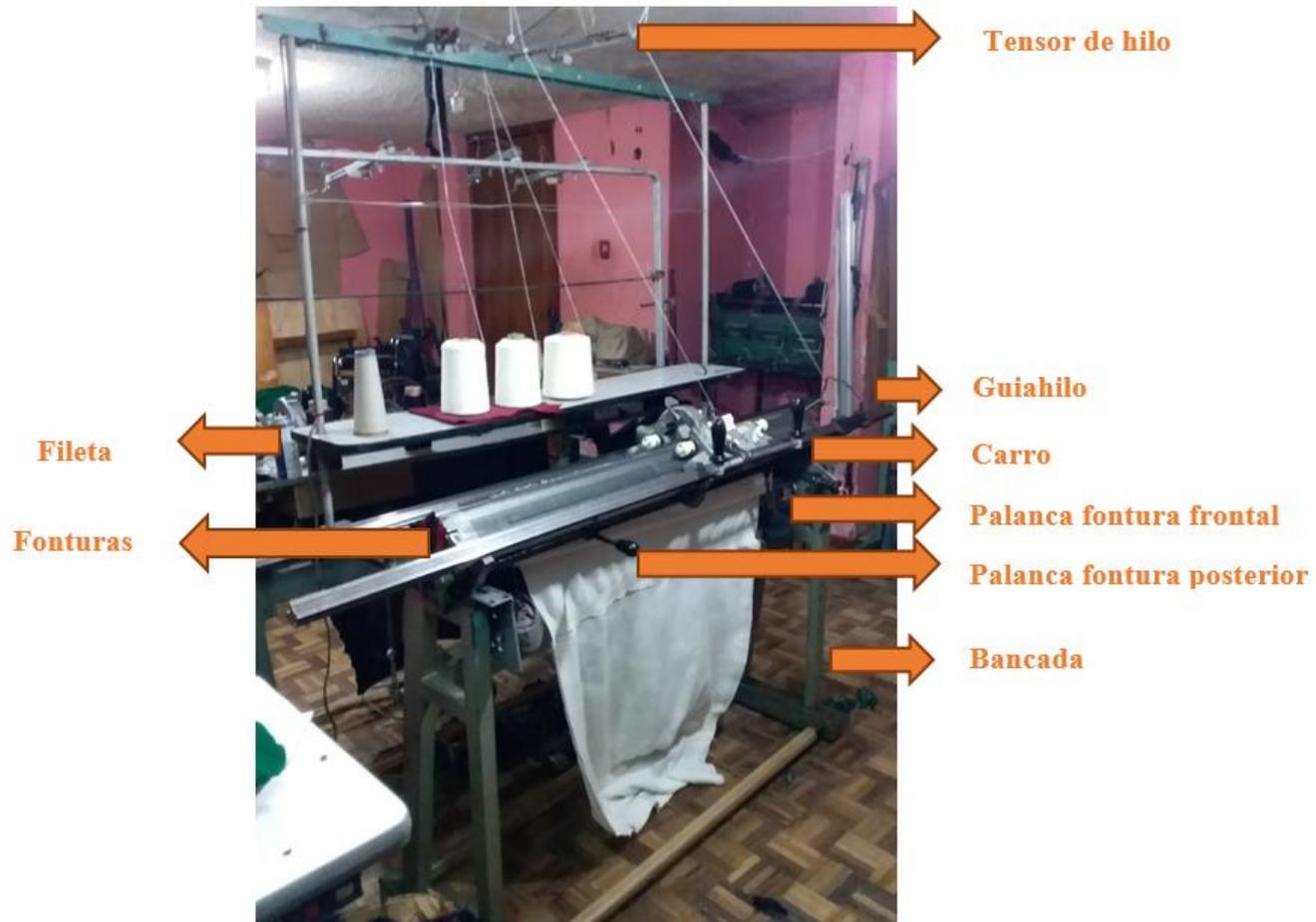
Elementos del tejido



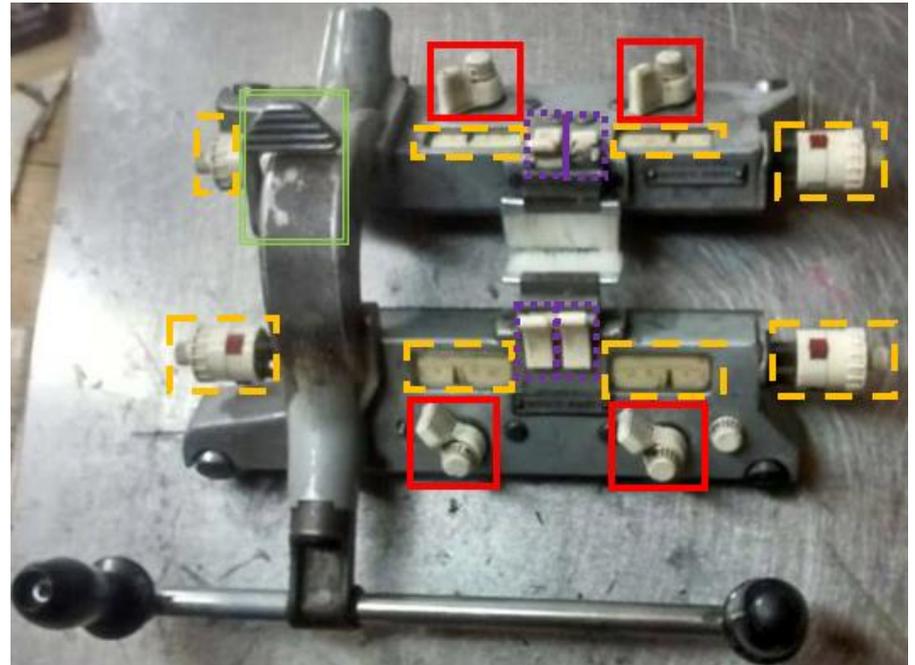
Alto



Estado Inicial de Máquina Dubied



Estado Inicial de Máquina Dubied



Determinación de Parámetros

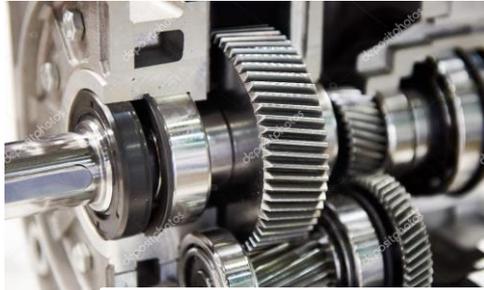


Ubicación	Accionamiento	Fuerza/Torque	Variación de desplazamiento
En el carro	Selección de aguja	0,7 Kgf*2cm= 1,4 Kgf.cm	70°
	Selección de puntada adicional	0,55 Kgf*2 cm = 1,1 Kgf.cm	70°
	Selección de nivel de apriete	0,5 Kgf*0,5 cm = 0,25 Kgf.cm	450° (Variar en 1 el nivel de apriete)
	Selector de guiahilo	0,7 Kgf*5 cm= 3,5 Kgf.cm	80°
Fuera del carro	Mecanismo de fontura posterior	6,95 Kgf* 10cm= 69,5 Kgf.cm	72°
	Mecanismo de fontura frontal	7,5 Kgf* 10 cm= 75 Kgf.cm	60°
	Mecanismo de accionamiento del rodillo	2,4 Kgf	3cm
	Transmisión para movimientos en vaivén del carro	12,65 Kgf	168,6cm



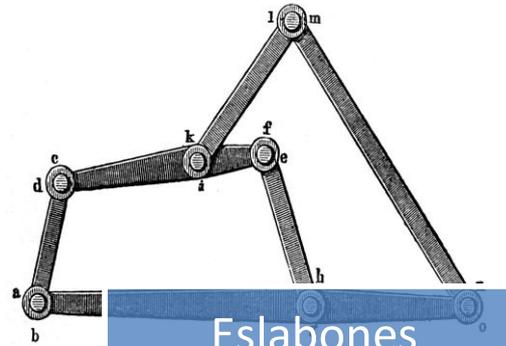
Selección de Conceptos

Sistema de Ajuste de Parámetros

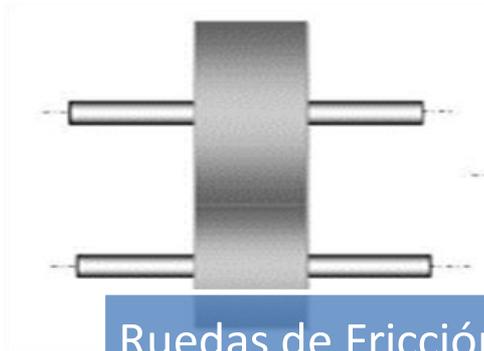


© depositphotos

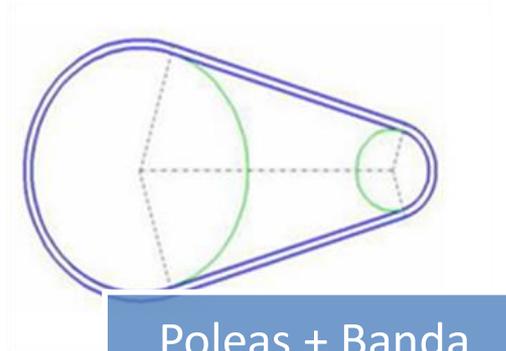
Caja de Engranés



Eslabones



Ruedas de Fricción

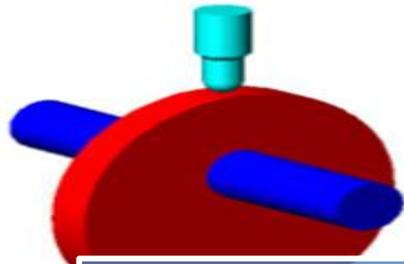


Poleas + Banda

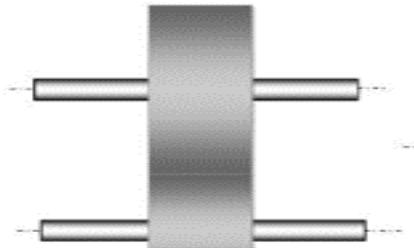


Selección de Conceptos

Sistema del Rodillo



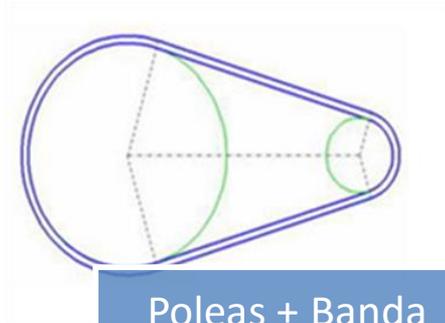
Leva



Ruedas de Fricción



Piñón + Cremallera



Poleas + Banda



Catarinas + Cadena

Selección de Conceptos

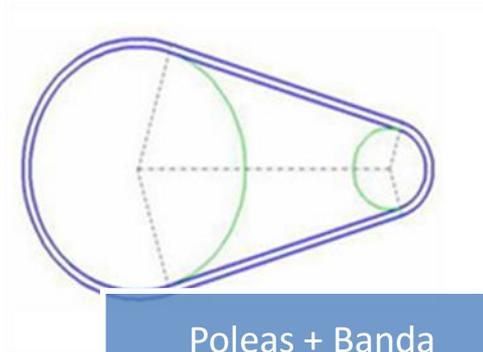
Sistema para La Velocidad del Carro



Piñón + Cremallera



Tornillo Sinfín + Collarín



Poleas + Banda



Catarinas + Cadena

Selección de Conceptos

Sistema de Control



PLC basado en Arduino



PLC Logo



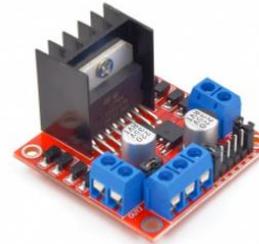
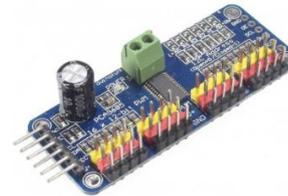
Raspberry Pi



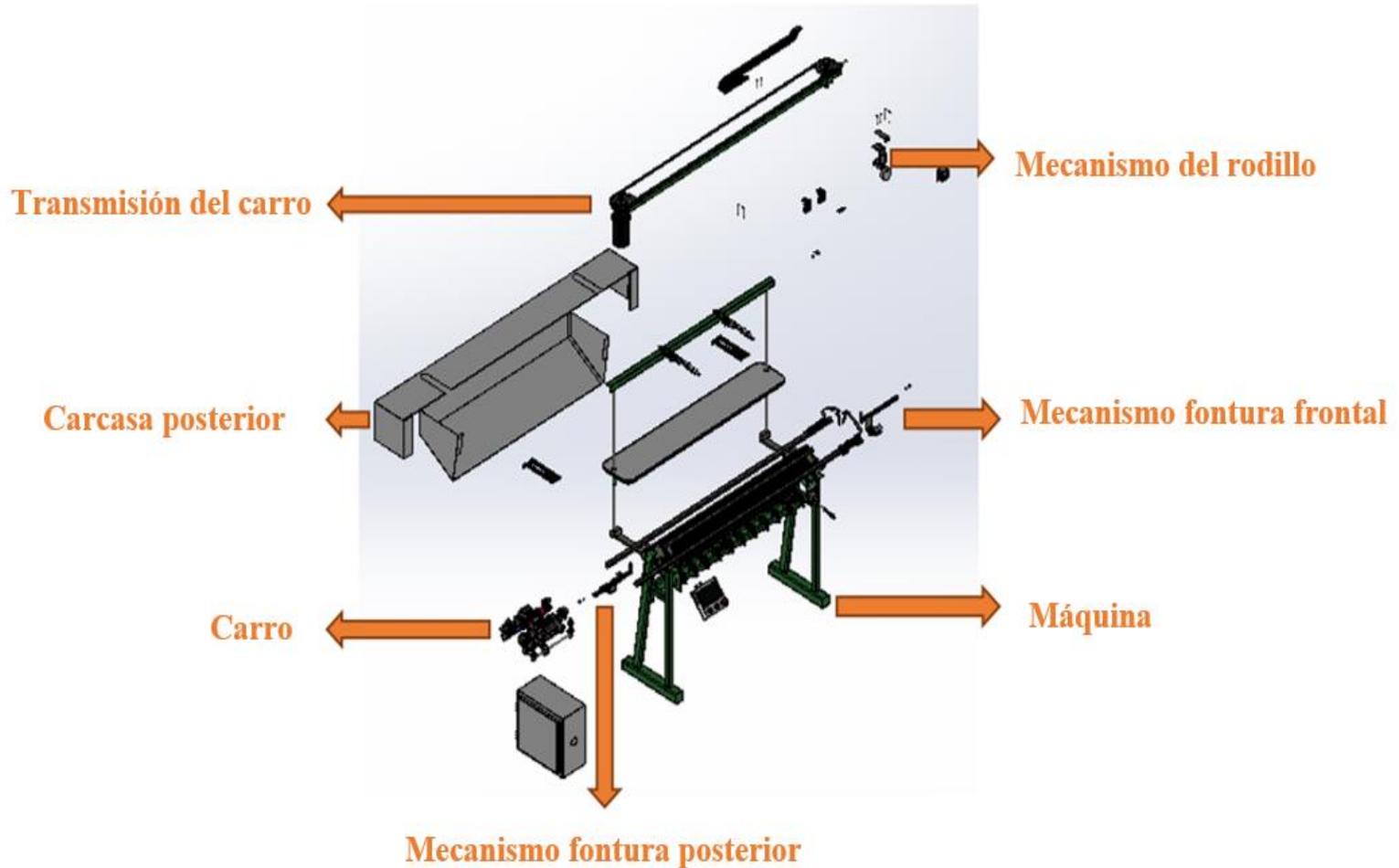
STM32



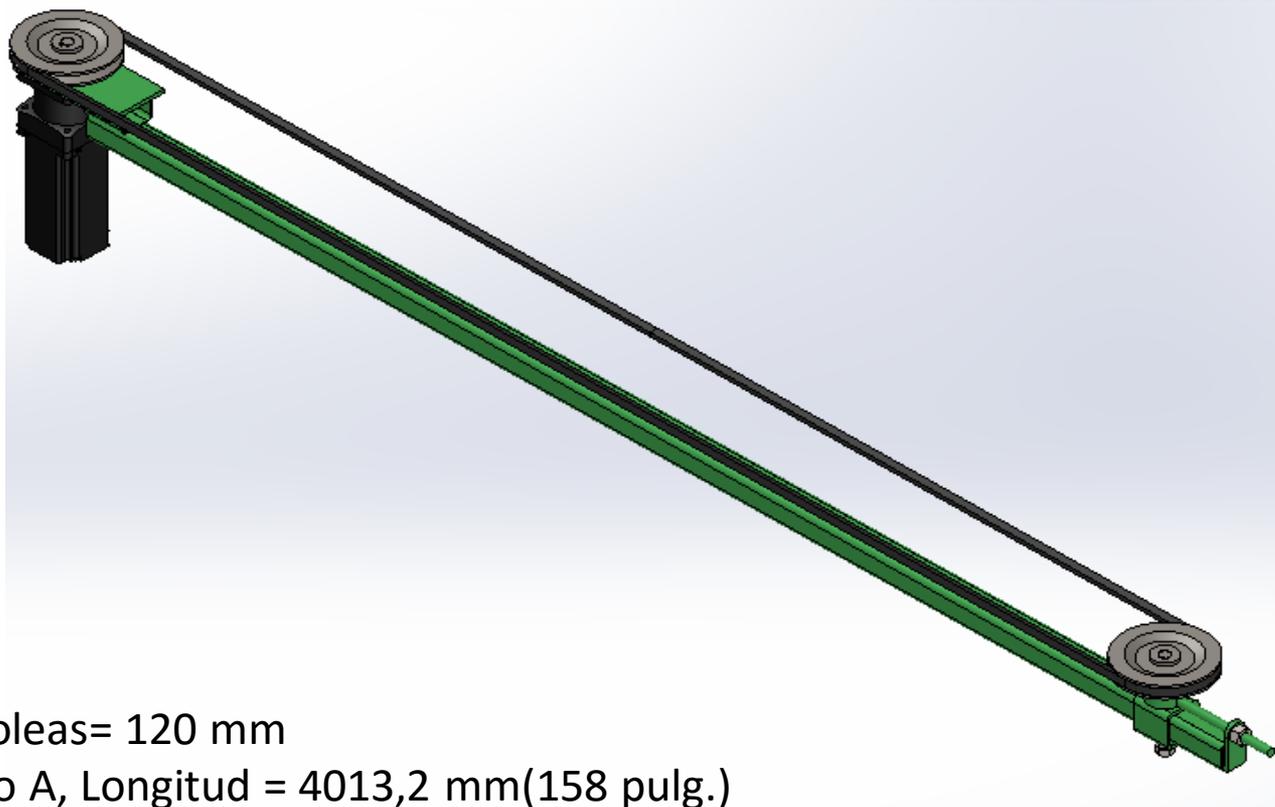
Selección de Componentes Eléctricos



Elementos mecánicos y estructurales implementados



Diseño Transmisión del Carro



Diámetro poleas= 120 mm

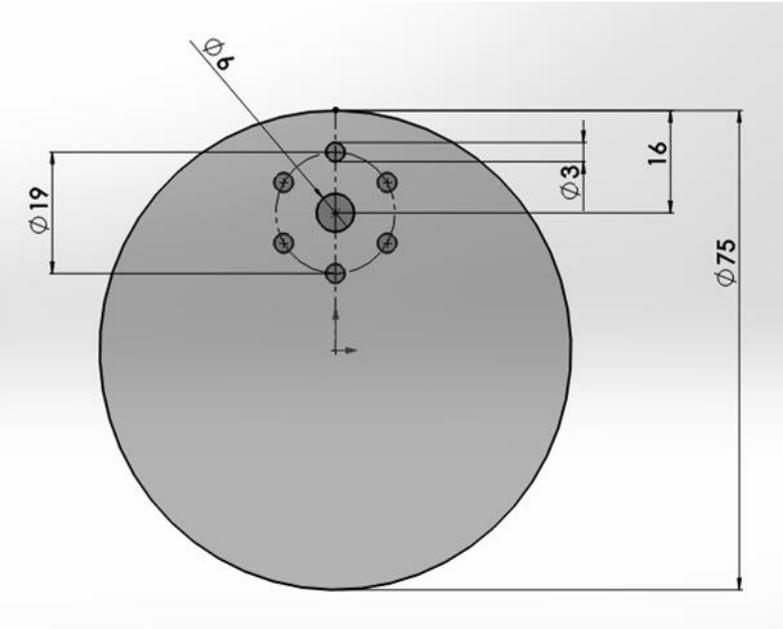
Banda V tipo A, Longitud = 4013,2 mm(158 pulg.)

Motor Nema 34 86HS120

Caja reductora 5:1

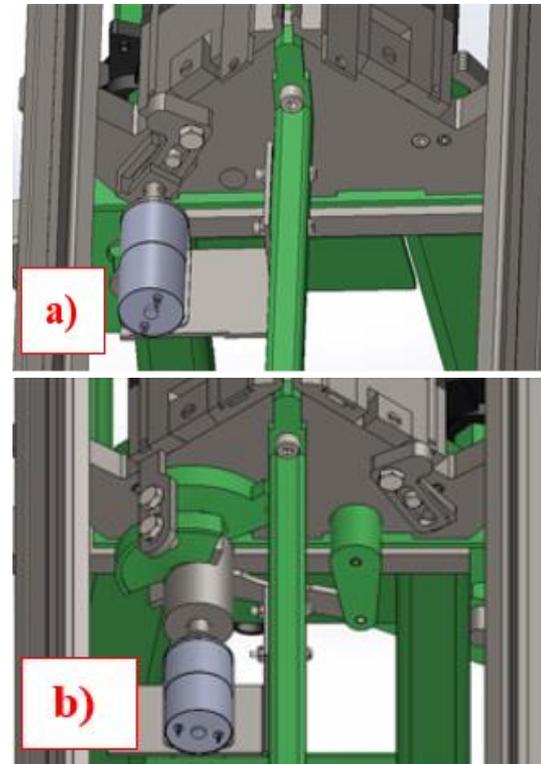
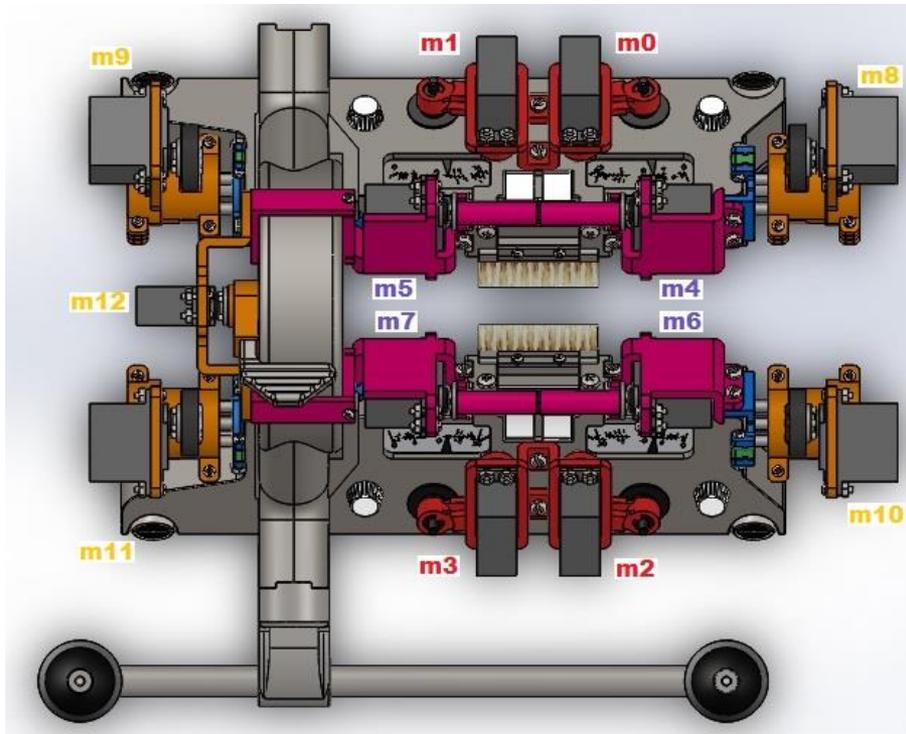


Diseño Leva para Mecanismo del Rodillo

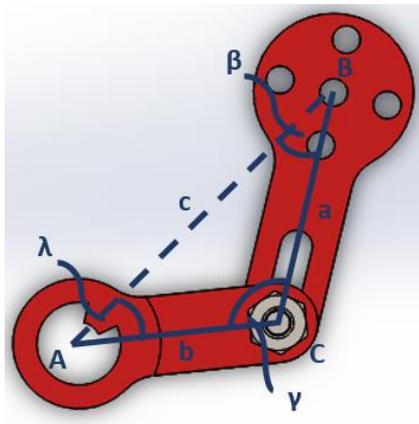
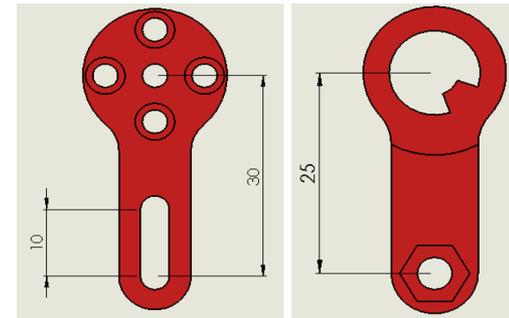


Tipo	Representación	
	Gráfica	Ecuación
Posición		$S = \frac{L}{2} \left(1 - \cos\left(\frac{\pi\theta}{\beta}\right) \right)$ $= 29,5(1 - \cos(\theta))$
Velocidad		$V = \frac{\pi L}{2\beta} \left(\sin\left(\frac{\pi\theta}{\beta}\right) \right)$ $= 29,5(\sin(\theta))$
Aceleración		$A = \frac{\pi^2 L}{2\beta^2} \left(\cos\left(\frac{\pi\theta}{\beta}\right) \right)$ $= 29,5(\cos(\theta))$

Mecanismos para Selección de Parámetros



Diseño Eslabones para Subsistema de Selección de Aguja



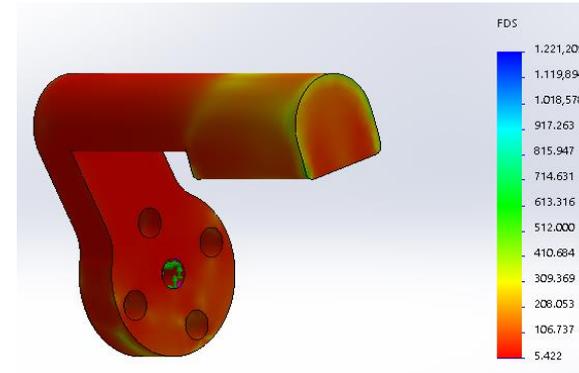
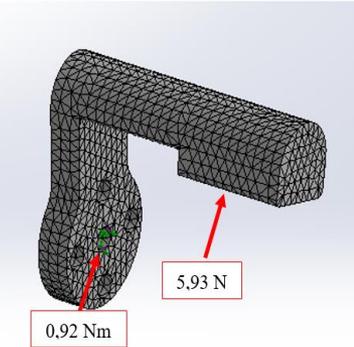
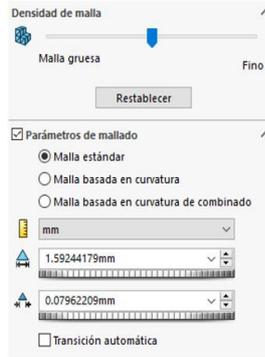
$$\lambda = 1,2 \sin(-0,55 + 6,16t)$$

$$\dot{\lambda} = 7,39 \cos(-0,55 + 6,16t)$$

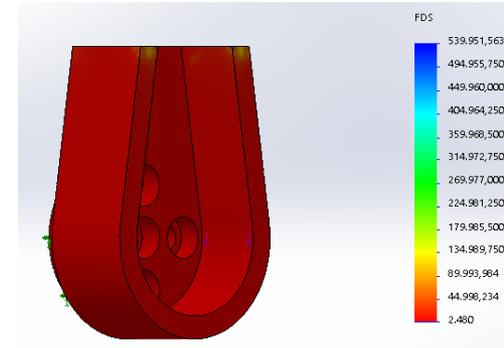
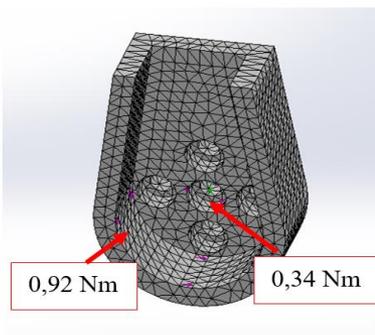
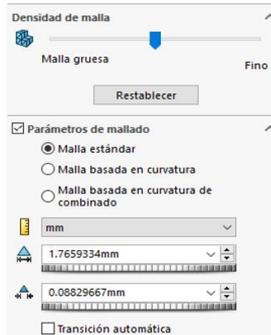
$$\ddot{\lambda} = -45,52 \sin(-0,55 + 6,16t)$$



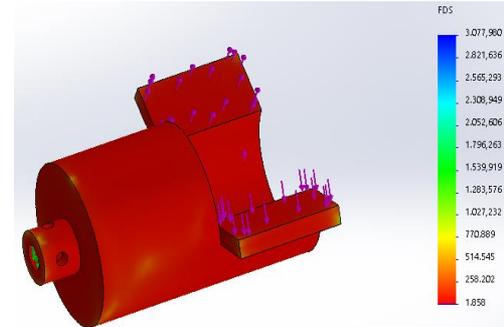
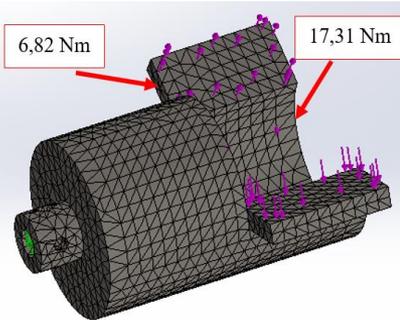
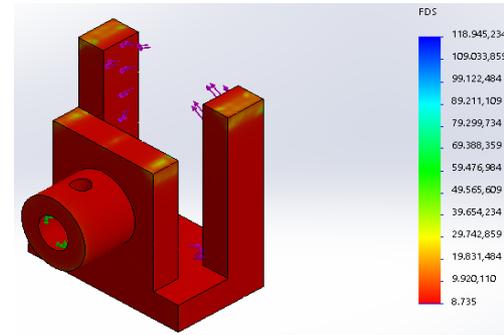
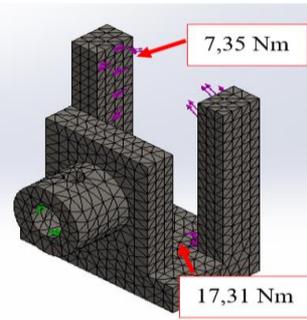
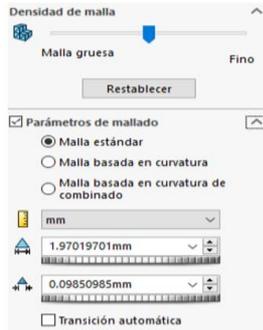
Diseño Acoples para Subsistema de Puntada Adicional



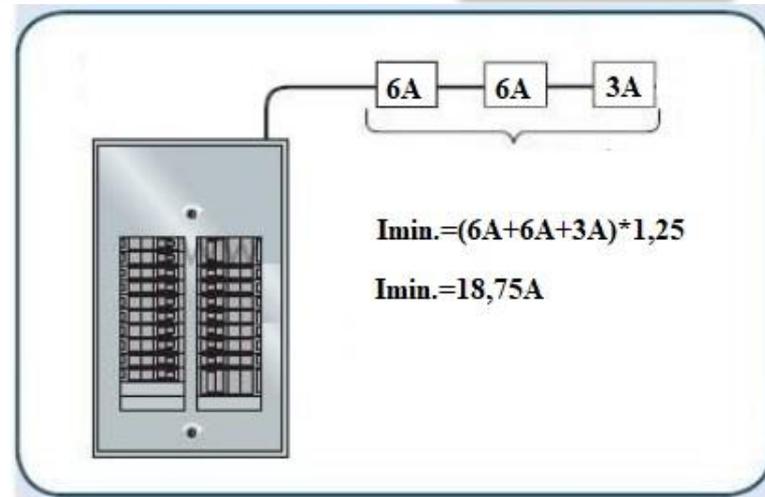
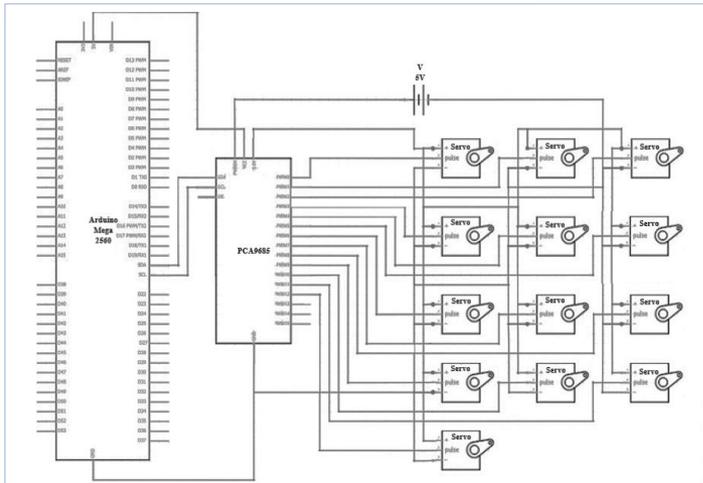
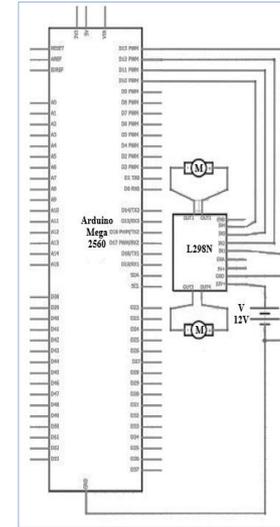
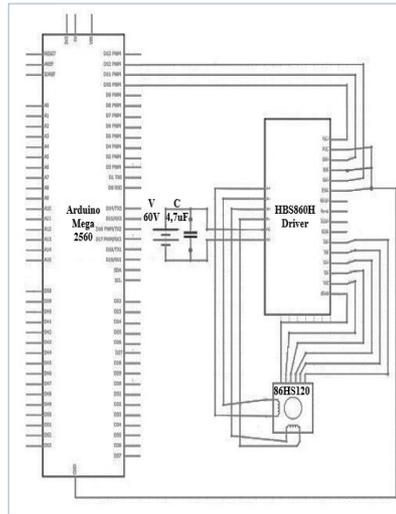
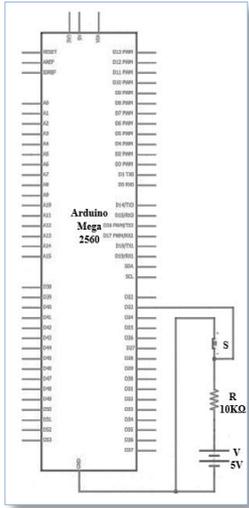
Diseño Acople para Subsistema de Selección de Guiahilo



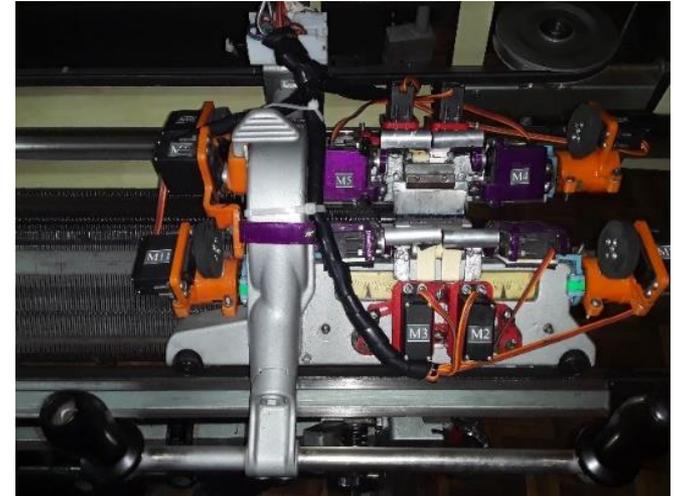
Diseño Acoples para Mecanismos de Cama Frontal y Posterior



Circuito Eléctrico



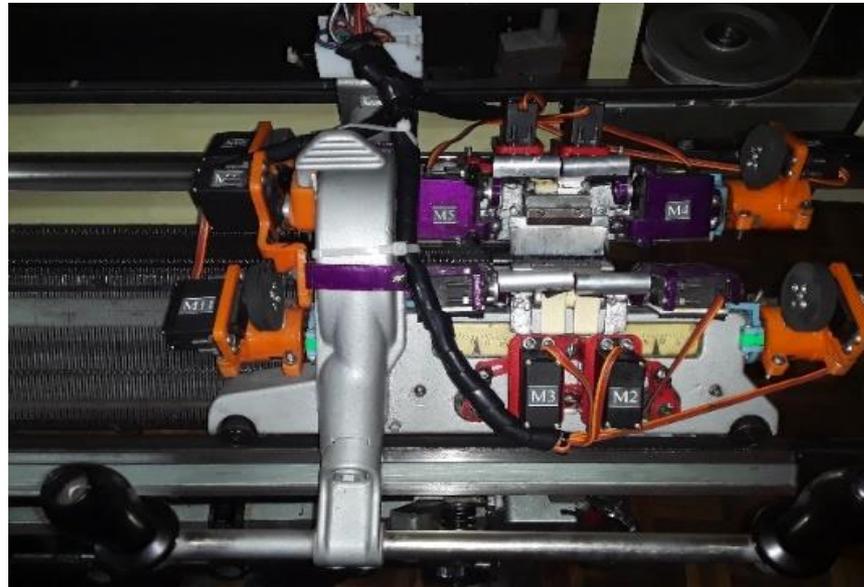
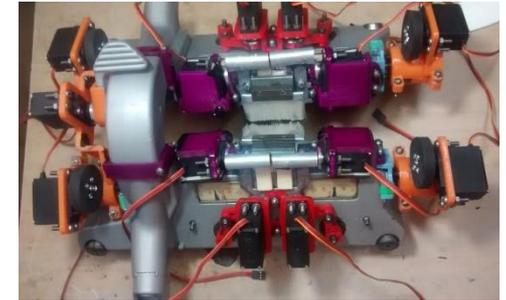
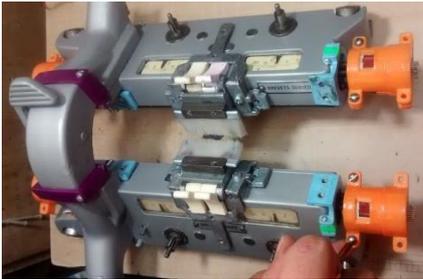
Circuito Eléctrico



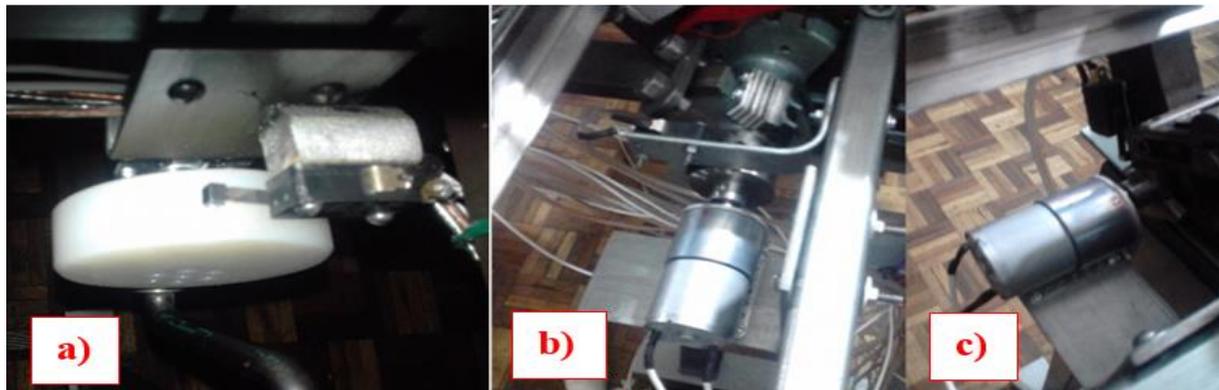
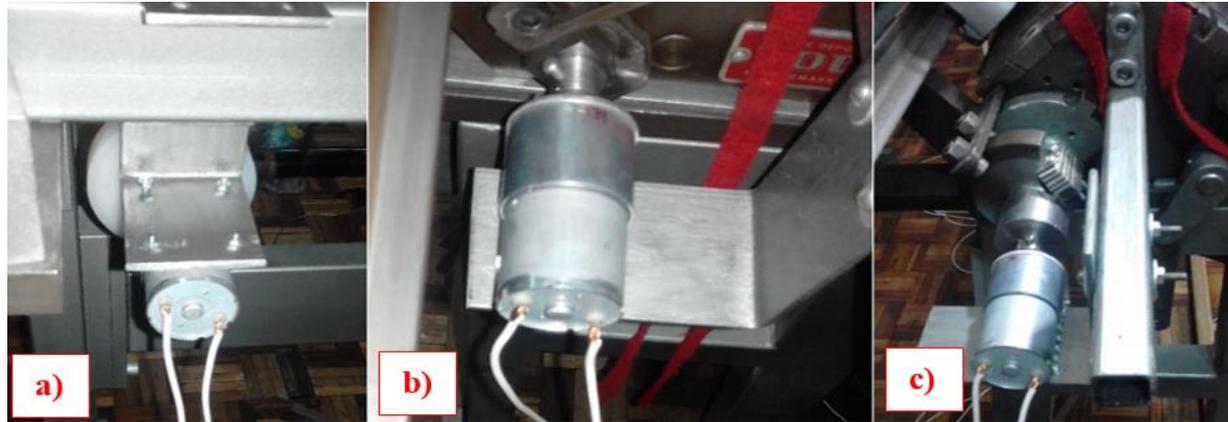
Construcción e Implementación



Construcción e Implementación



Construcción e Implementación



Construcción e Implementación



Construcción e Implementación



Construcción e Implementación





ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

HMI: Pantalla Principal

Título 1) ←

The screenshot shows the 'Menú Principal' interface with the following sections and data:

- Alarmas:** Fallo en hilo (0), Tensor N° (0), Fallo en tejido (0), Rango agujas (0:0), Cámara 1 (Cm1), and Cámara 2 (Cm2).
- Indicadores de producción:** Tejido seleccionado (home/pi/Documents/t_40_manga.cs), Cantidad (0 De 1), # Pasadas (0 De 310), and % Avance (0%).
- Entrada de comandos:** Cantidad (1), Control de calidad (On), and Modo (Auto).
- Sub-Menú 5):** Parámetros, Velocidad, and C. Calidad.
- Footer:** DUBIED, dom. oct. 20 2019, and 20 : 18 : 50.

→ 2) Alarmas

Indicadores de producción 3) ←

→ 4) Entrada de comandos y datos

Sub-Menú 5) ←

→ 6) Marca, fecha y hora



HMI: Pantalla de Parámetros de Ajuste

Título 1) ←

2) Sección de información

3) Tabla de secuencia

4) Barra de selección de opciones

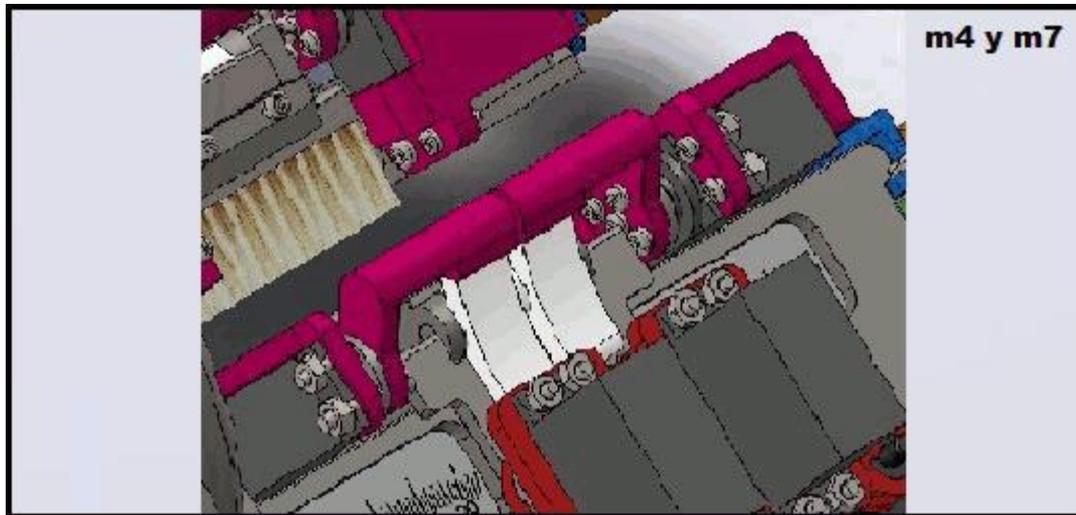
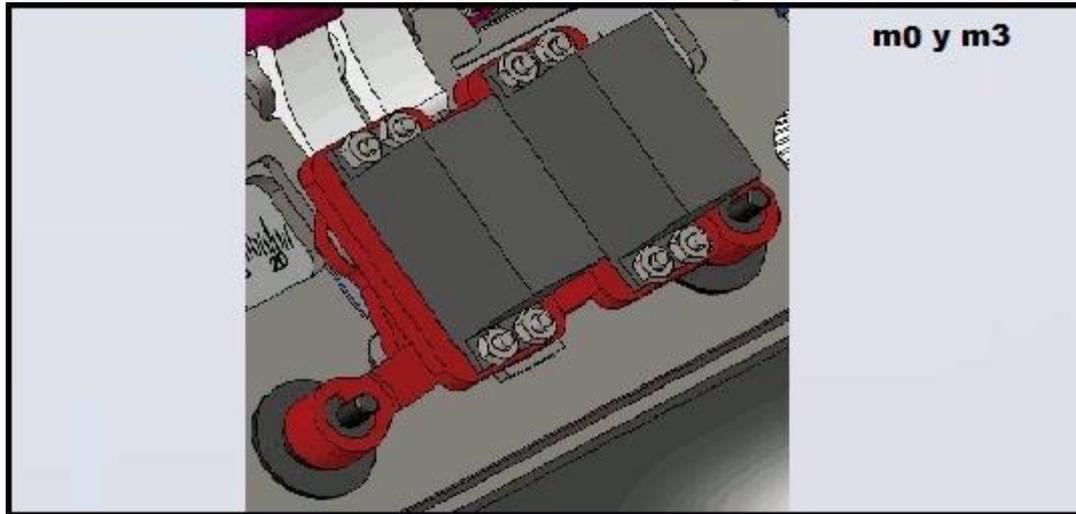
5) Comandos de edición de tabla

6) Comandos de edición de fila

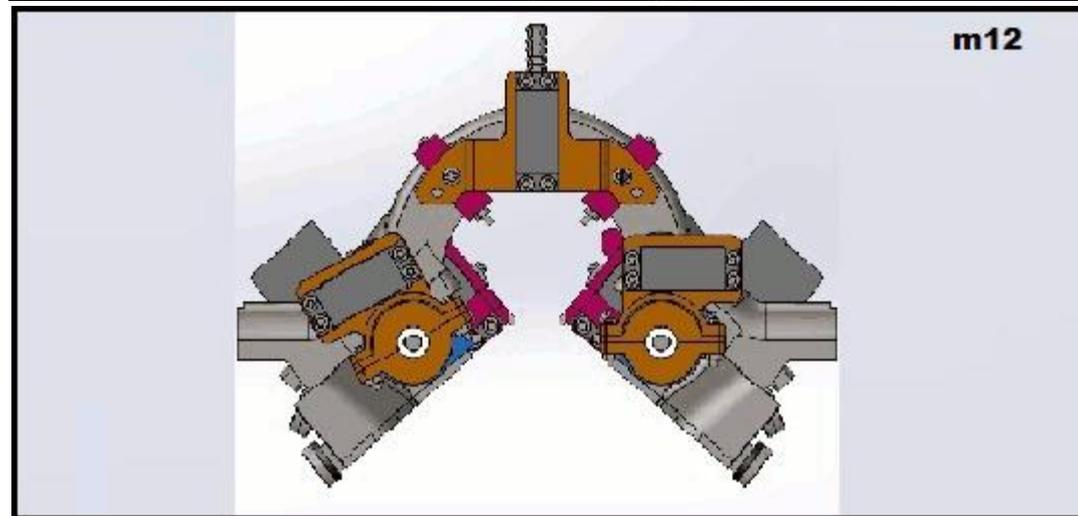
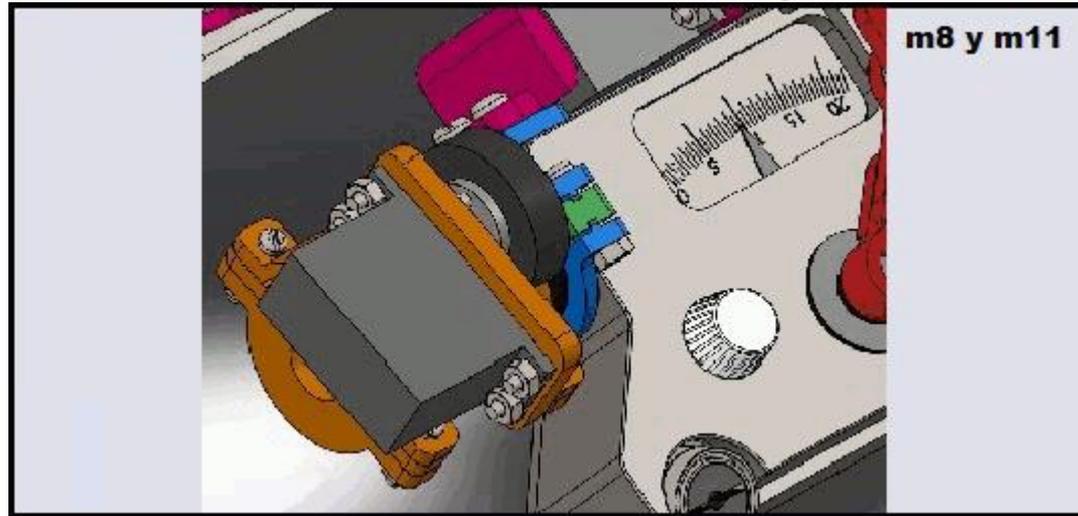
7) Botones de Aceptar y Regresar

	m0	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	m10	m11	m12	c2	vcr	p	#a
01	T	T	N	N	N	N	N	N	F	F	F	F	A	1	M	3	215
02	N	T	T	N	N	N	N	N	F	F	F	F	A	1	M	1	215
03	T	T	N	N	N	N	N	N	F	F	F	F	F	1	M	2	215
04	A	A	T	T	N	N	N	N	F	F	F	F	A	1	M	1	215
05	N	N	T	T	N	N	N	N	F	F	F	F	A	1	M	2	215

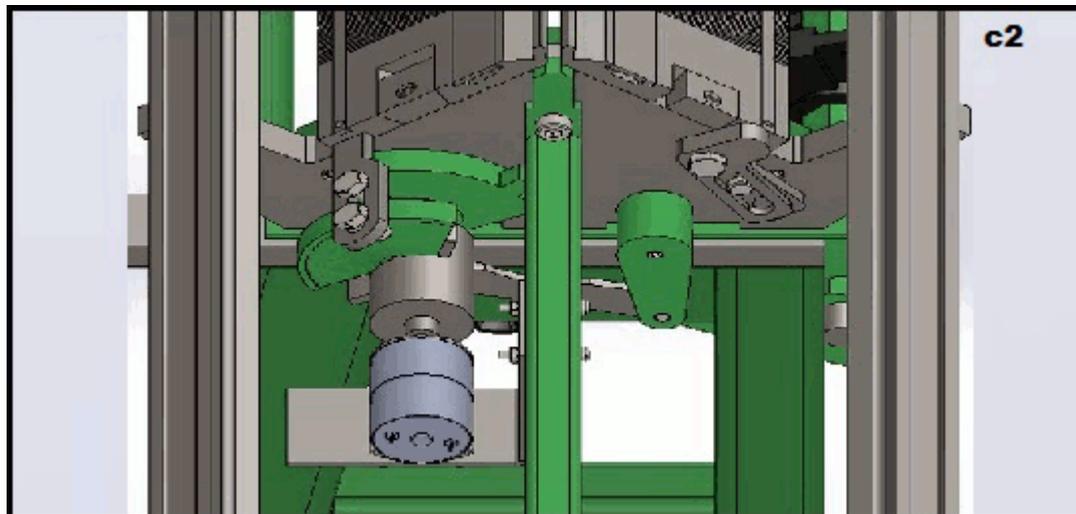
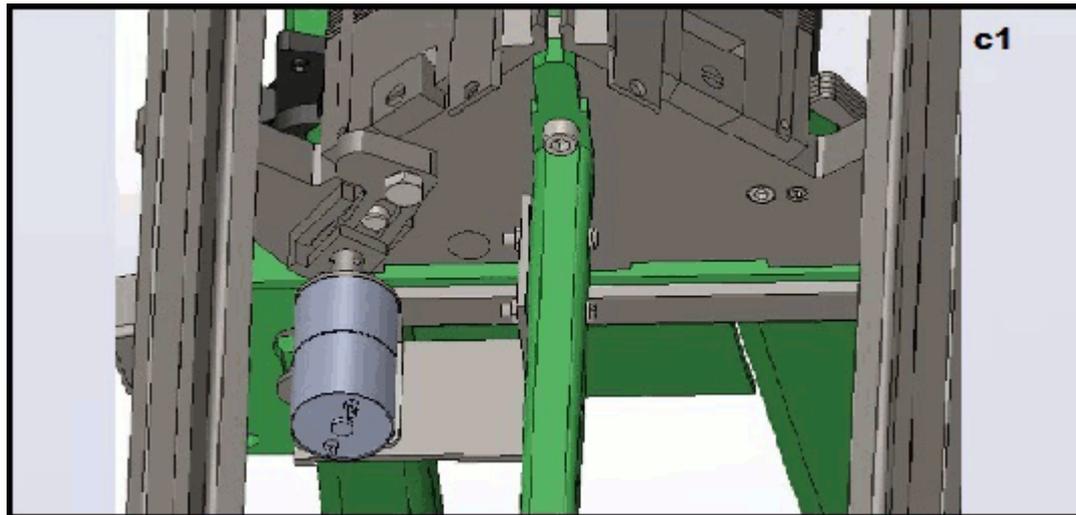
Animaciones de las Opciones



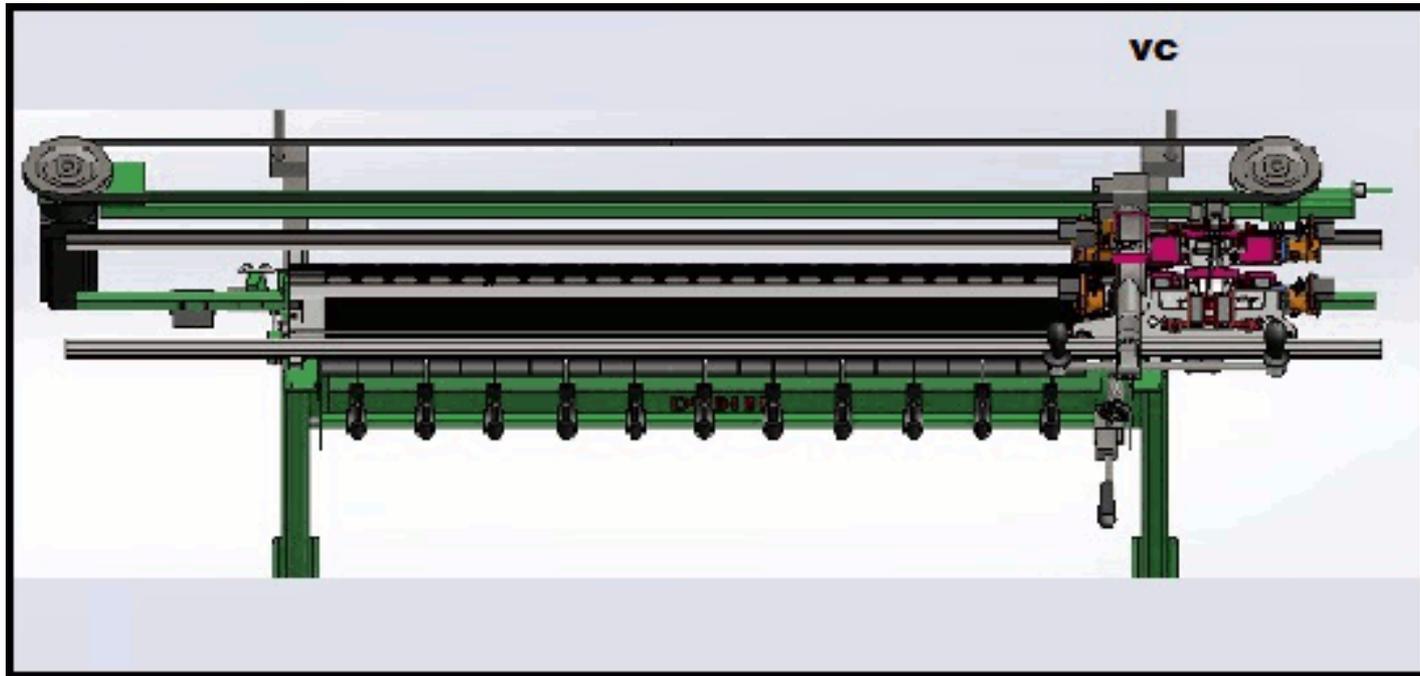
Animaciones de las Opciones



Animaciones de las Opciones



Animaciones de las Opciones



HMI: Pantalla de Establecimiento de Velocidad del Carro



HMI: Pantalla de Control de Calidad

The screenshot shows a software interface titled "CONTROL DE CALIDAD" with a blue header bar. The main area is divided into two camera viewports, "Cm1" and "Cm2", each with a coordinate grid. Below the viewports are two tables for defining homography and ROI points. On the right, there is a control panel with a "Mostrar" button, a "Tipo de imagen" dropdown set to "Original", a "Tipo de umbralización" slider, a "T. Invertido a Cero" checkbox, a "Valor de umbralización" slider set to 225, a "Valor de canny" slider set to 255, and "Regresar" and "Aceptar" buttons. Annotations with orange arrows point to these elements: "Título 1)" points to the title bar, "Cuadros de monitoreo 3)" points to the camera viewports, "2) Entrada de datos" points to the threshold slider, and "4) Botones de Aceptar y Regresar" points to the bottom control buttons.

Título 1)

Cuadros de monitoreo 3)

2) Entrada de datos

4) Botones de Aceptar y Regresar

Puntos Homografía									
Coor.	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Coor.	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
X:	0	640	640	0	X:	0	640	640	0
Y:	-310	-75	510	530	Y:	-9	-160	380	480

Puntos Región de Interés (ROI)							
Coor.	Punto I.	Punto F.		Coor.	Punto I.	Punto F.	
X:	320	630		X:	0	598	
Y:	110	150		Y:	110	150	



Valores De Corrección De Perspectiva Y ROI

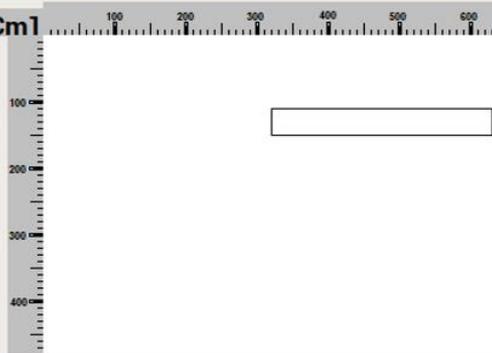


Cm1

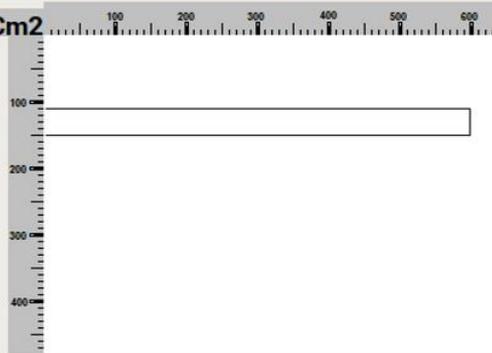


Cm2

Puntos Homografía									
Coor.	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Coor.	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
X:	0	640	640	0	X:	0	640	640	0
Y:	-310	-75	510	530	Y:	-9	-160	380	480



Cm1



Cm2

Puntos Región de Interés (ROI)					
Coor.	Punto I.	Punto F.	Coor.	Punto I.	Punto F.
X:	320	630	X:	0	598
Y:	110	150	Y:	110	150



Pruebas de Producción

$$\text{Índice de producción} = \frac{\text{Área del tejido (cm}^2\text{)}}{\text{Tiempo de elaboración (min)}}$$

En el muestreo se analizó 40 altos, de los cuales 20 son para mangas y 20 son para cuerpos talla 40. Inicialmente se tomaron los valores de tiempo tejidos a mano, posteriormente se adquirió los valores de tiempo tejidos con control autónomo

	Control Manual				Control Automático			
N°	Tiempo [min]		Índice [cm ² /min]		Tiempo [min]		Índice [cm ² /min]	
	Manga 40	Cuerpo 40	Manga 40	Cuerpo 40	Manga 40	Cuerpo 40	Manga 40	Cuerpo 40
Media	22,66	23,29	138,35	150,43	21,97	22,66	141,62	153,81



Pruebas de Producción

Altos de manga talla 40

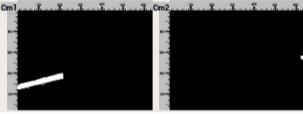
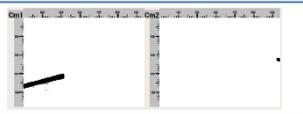
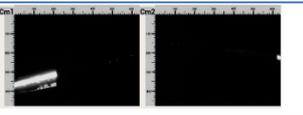
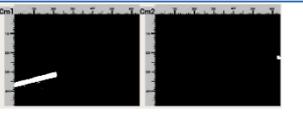
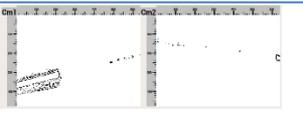
$$\% \text{ Aumento Productividad} = \frac{150,43 * 100}{138,35} - 100$$
$$\% \text{ Aumento Productividad} = 8,73\%$$

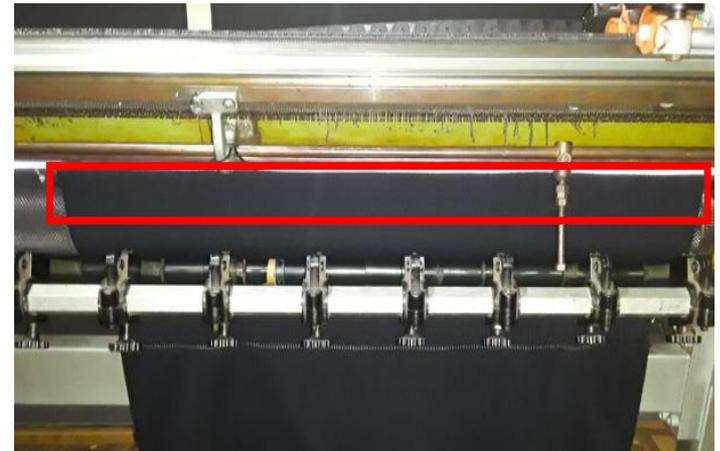
Altos de cuerpo talla 40

$$\% \text{ Aumento Productividad} = \frac{153,81 * 100}{141,62} - 100$$
$$\% \text{ Aumento Productividad} = 8,61\%$$

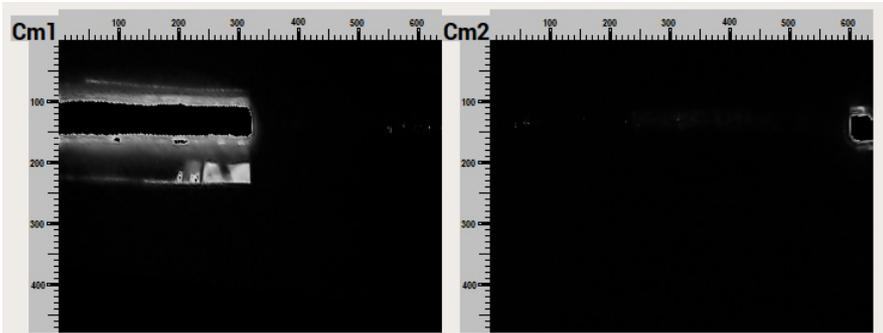


Pruebas del Módulo de Control de Calidad

Tipo de Umbralización	Imagen
Umbralización tipo binario	
Umbralización tipo binario invertido	
Umbralización tipo truncado	
Umbralización a cero	
Umbralización tipo invertido a cero	
Umbralización tipo OTSU	
Umbralización tipo adaptativo Gauss	
Umbralización tipo adaptativo promedio	

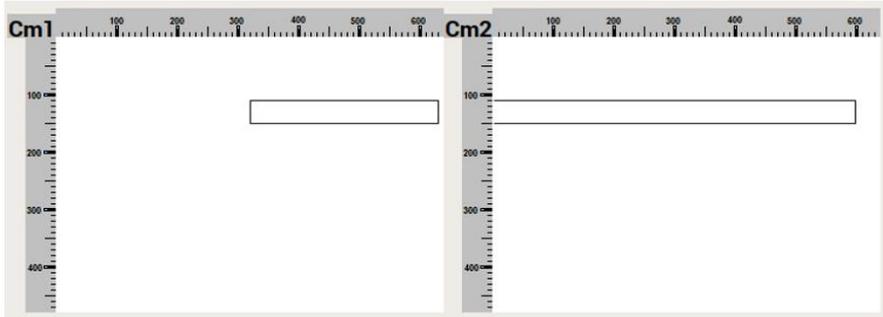


Pruebas del Módulo de Control de Calidad



Puntos Homografía

Coor.	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Coor.	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
X:	0	640	640	0	X:	0	640	640	0
Y:	-310	-75	510	530	Y:	-9	-160	380	480



Puntos Región de Interés (ROI)

Coor.	Punto I.	Punto F.	Coor.	Punto I.	Punto F.
X:	320	630	X:	0	598
Y:	110	150	Y:	110	150

Fallo en tejido	Rango agujas	Cámara 1 (Cm1)	Cámara 2 (Cm2)
	-145:-125	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	-52:-32	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	136:156	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	266:286	<input type="text"/>	<input type="text"/>



ESPE
 UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
 INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Pruebas del Módulo de Control de Calidad



Las 20 primeras pruebas fueron realizadas en altos de manga talla 40, mientras que las 20 segundas en altos de cuerpo talla 40. De las pruebas de detección de orificios se puede concluir que detectó erróneamente tres veces, en el borde derecho.

Por cada alto mal detectado la aceptabilidad del sistema disminuye un 2,5%, por lo que el sistema actualmente posee 92,5% de aceptabilidad.



Validación de la Hipótesis

¿La automatización de la máquina tejedora por trama rectilínea Dubied galga 12 e implementación de un módulo de control de calidad por visión artificial, permitirá mejorar la producción y la calidad del tejido de punto?



Validación de la Hipótesis

Condición	Decisión
$-t_c < t_{n-1} < t_c$	No se rechaza H_0
$t_{n-1} < -t_c$ ó $t_{n-1} > t_c$	Se rechaza H_0

- H_0 : El índice de producción de la máquina automatizada no aumenta comparado a la máquina manual.
- H_a : El índice de producción de la máquina automatizada aumenta comparado al de la máquina manual.

Para ambos casos cumple la segunda condición: $t_{n-1} > t_c$

$1,729 > -1,19$ (Altos de manga)

$1,729 > -1,09$ (Altos de cuerpo)

Por lo que se rechaza la hipótesis nula y se valida la hipótesis alternativa, con un nivel de significancia del 5%, el índice de producción de la máquina automatizada aumenta comparado al de la máquina manual.



Validación de la Hipótesis

Condición	Decisión
$t > -t_{\alpha}$	$\bar{X} > \mu_0$
$t < t_{\alpha}$	$\bar{X} < \mu_0$

- H_0 : El porcentaje de aceptabilidad del módulo de control de calidad en la detección de fallos en el tejido es igual al 90%. ($\mu_0 = 90\%$)
- H_a : El porcentaje de aceptabilidad del módulo de control de calidad en la detección de fallos en el tejido es mayor al 90%. ($\mu_0 > 90\%$)

Cumple con la primera condición: $t > -t_{\alpha}$

$$0,593 > -1,648$$

Por ende, se acepta la hipótesis alternativa donde se establece que el porcentaje de aceptabilidad del módulo de control de calidad en la detección de fallos en el tejido es mayor al 90%.



Conclusiones

- Mediante la investigación bibliográfica de las diferentes alternativas de mecanismos se estableció cuales pudieron ser utilizadas en el proyecto, dando como resultado la selección de los más relevantes para cada sistema y subsistema, en base a características como eficiencia, potencia, velocidad, costes, etc
- En el diseño de los elementos mecánicos se estableció el estado inicial de la máquina, también los requerimientos para la generación de movimientos como fuerzas, torques, variación de posición lineal, y, en algunos casos angular, permitiendo obtener de forma real estos datos con la utilización de instrumentos de medición.
- Los elementos mecánicos fueron diseñados y validados utilizando la nomenclatura y teoría de Nisbett (2012) y Mott (2006), así como también utilizando un software CAD - CAE para el dimensionamiento y análisis en ciertos casos.



Conclusiones

- Se seleccionó una Raspberry Pi como el controlador principal porque al ser una computadora embebida posee un gran procesamiento, compatibilidad con un entorno de programación que permite la creación de interfaces gráficas, conexión con periféricos externos como cámaras usb, así como el manejo de librerías para adquisición y tratamiento de imágenes, para una detección oportuna de fallos en el tejido.
- El módulo de control de calidad se diseñó utilizando el IDE de programación de Qt Creator con las librerías de OpenCV creadas específicamente para el análisis y procesamiento de imágenes.
- Al igual que el módulo de control de calidad para el diseño del HMI fue necesario la utilización del IDE de Qt Creator, permitiendo en esta el establecimiento de secuencias, variación de parámetros del tejido y del módulo de control de calidad; así como indicadores en tiempo real de secuencia, obtención de imagen y alarmas.



Conclusiones

- Se pudo validar la hipótesis del aumento en la producción de la máquina rectilínea debido a la automatización en el manejo y control de la misma, mediante el estadístico t-student para dos variables dependientes, dato respaldado mediante pruebas.
- Se determinó que el módulo de control de calidad por visión artificial para la detección de orificios obtuvo un nivel de aceptación mayor al 90%, tomando como referencia las 40 muestras de alto analizadas.
- Desde un punto de vista económico la automatización de la máquina rectilínea, es factible ya que los tiempos de producción para altos de manga talla 40 se redujeron de 22.66 a 21.97 minutos, al igual que para los altos de cuerpo talla 40 se redujeron de 23.29 a 22.66 minutos, es decir que para tejer un suéter completo se redujo de 38,4 a 37.31 minutos, representando esto en una ganancia de \$0.085 por cada suéter tejido. El módulo de control de calidad posee un 92,5% de confiabilidad en la detección oportuna de orificios a lo largo de la tela elaborada, lo cual le da mayor relevancia aun al sistema implementado, ya que se asegura un mayor margen de calidad del tejido elaborado por parte de la máquina.



¡Gracias!



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA