



Diseño, construcción e implementación de un sistema automático de conteo y sellado de cortes de tela mediante la integración de mecanismos (contadora de hojas y selladora) para la optimización de procesos en el área de corte en la empresa FAME S.A. en la Provincia de Pichincha cantón Rumiñahui

Chuque Peralta, Miguel Stalin y Ocaña Sánchez, Cinthya Mirella

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Mecatrónica

Trabajo de unidad de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica

Ing. Caizalítín Quinaluisa, Edwin Alejandro

02 de febrero de 2024

Latacunga

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos



Plagiarism and AI Content Detection Report

Tesis_Chunque_Ocaña 4.docx

Scan details

Scan time: February 28th, 2024 at 21:6 UTC
 Total Pages: 76
 Total Words: 18809

Plagiarism Detection

Types of plagiarism	Words
Identical	2.8% 536
Minor Changes	0.3% 61
Paraphrased	2.2% 422
Omitted Words	0% 0

5.4%

AI Content Detection

Text coverage	Words
AI text	0.9% 163
Human text	99.1% 18646

0.9%

Plagiarism Results: (61)

01CA2020-01.pdf **0.6%**

<https://www.uv.milinesca/files/2020/09/01ca2020-01.pdf>

Universidad

Análisis de tiempos y movimientos en el proceso de producción de vapor de una empresa generadora de energías limpias (Analysis of times a...

Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi: Estudio de tiempos ... **0.5%**

<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/1892>

Skip navigation ...

Ing. Caizalitín Quinaluisa, Edwin Alejandro M.Sc

Director



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Mecatrónica

Certificación

Certifico que el trabajo de unidad de integración curricular: **“Diseño, construcción e implementación de un sistema automático de conteo y sellado de cortes de tela mediante la integración de mecanismos (contadora de hojas y selladora) para la optimización de procesos en el área de corte en la empresa FAME S.A. en la Provincia de Pichincha cantón Rumiñahui”** fue realizado por los señores **Chuque Peralta, Miguel Stalin y Ocaña Sánchez, Cinthya Mirella**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 29 de febrero del 2024

Ing. Caizalín Quinaluisa, Edwin Alejandro M.Sc

C.C.: 0503351397



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Mecatrónica

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Chuque Peralta, Miguel Stalin**, con cédula de ciudadanía n° 1805342035 y **Ocaña Sánchez, Cinthya Mirella**, con cedula de ciudadanía n° 1850095124 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de unidad de integración curricular: **Diseño, construcción e implementación de un sistema automático de conteo y sellado de cortes de tela mediante la integración de mecanismos (contadora de hojas y selladora) para la optimización de procesos en el área de corte en la empresa FAME S.A. en la Provincia de Pichincha cantón Rumiñahui** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 29 de agosto del 2024

.....
Chuque Peralta, Miguel Stalin

C.C.: 1805342035

.....
Ocaña Sánchez, Cinthya Mirella

C.C.: 1850095124



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Mecatrónica

Autorización de Publicación

Nosotros **Chuque Peralta, Miguel Stalin**, con cedula de ciudadanía n° 1805342035 y **Ocaña Sánchez, Cinthya Mirella** con cedula de ciudadanía n° 1850095124 autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de unidad de integración curricular: **Diseño, construcción e implementación de un sistema automático de conteo y sellado de cortes de tela mediante la integración de mecanismos (contadora de hojas y selladora) para la optimización de procesos en el área de corte en la empresa FAME S.A. en la Provincia de Pichincha cantón Rumíñahui** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 29 de agosto del 2024

.....
Chuque Peralta, Miguel Stalin

C.C.: 1805342035

.....
Ocaña Sánchez, Cinthya Mirella

C.C.: 1850095124

Dedicatoria

Dedico este trabajo con profundo agradecimiento a mis queridos padres, Rosa Elvira Peralta y Miguel Ángel Chuque. Su inquebrantable apoyo ha sido mi faro a lo largo de este arduo camino, no solo durante la etapa universitaria, sino a lo largo de cada sendero de mi vida hasta el día de hoy. Han sido mis guías incansables, impartiendo valiosos valores que han moldeado mi carácter.

Cada esfuerzo y dedicación que he invertido en este proyecto está impregnado de la gratitud que siento hacia ellos. En días buenos y malos, jamás me hicieron faltar lo esencial, demostrando con amor y sacrificio que su respaldo es incondicional.

Siempre les estaré agradecido por su inmenso sacrificio y amor. Este logro lleva consigo el reflejo de la enseñanza y orientación que me han brindado, y les aseguro que cada paso que de en el futuro llevara la huella de sus valores. Sus enseñanzas y amor perduraran en mi corazón siempre.

Chuque Peralta, Miguel Stalin

Dedicatoria

A mi madre, quien en todo este camino ha sido mi motor y mi aliento para seguir, apoyándome en los momentos en los que estaba por rendirme. A través de su ejemplo de perseverancia y valentía me enseñó que no hay obstáculo ni problema que sea difícil de resolver.

Ocaña Sánchez, Cinthya Mirella

Agradecimiento

Agradezco a Dios por brindarme salud y guía en este camino. Expreso mi profundo agradecimiento a mis padres, hermanas y demás familiares por su incondicional apoyo, constante compañía y palabras de fortaleza que me impulsaron a culminar esta etapa tan importante en mi vida. Agradezco a los amigos que he conocido a lo largo de este trayecto, quienes han brindado su apoyo de diversas maneras, compartiendo tanto las alegrías como las tristezas, siendo su contribución esencial en mi éxito académico.

Extendiendo mi gratitud, también quiero reconocer a los docentes que se cruzaron en mi camino. Agradezco sinceramente su dedicación y ética moral, que han dejado una huella significativa en mi formación académica. Su orientación y enseñanzas han sido pilares fundamentales para mi crecimiento personal y profesional.

Chuque Peralta, Miguel Stalin

Agradecimiento

Agradezco a Dios por haberme permitido culminar esta etapa universitaria, ser mi fuerza para seguir luchando por mis sueños y permitirme comenzar mi vida profesional.

Agradezco a mis padres, quienes me han apoyado en todas las decisiones que he tomado, me han brindado su amor y comprensión. Además de que me han impulsado para lograr todos mis sueños.

A mi hermana quien a pesar de las adversidades ha sabido estar ahí, dándome alientos y apoyándome para no rendirme.

A mis amigos, quienes en todo este camino han estado ahí ayudándome, apoyando y sacándome sonrisas en los momentos más difíciles de mi vida.

Ocaña Sánchez, Cinthya Mirella

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	1
Reporte de Verificación de Contenidos.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Dedicatoria	7
Agradecimiento.....	8
Agradecimiento.....	9
Índice de Contenidos.....	10
Índice de Figuras	16
Índice de Tablas	19
Resumen.....	22
Abstract	23
Capítulo I: Generalidades	24
Introducción.....	24
Antecedentes	24

Planteamiento del problema	29
Descripción resumida del proyecto	30
Justificación e importancia	31
Objetivos	32
<i>Objetivo general</i>	32
<i>Objetivos específicos</i>	32
Metodología y técnicas de recopilación de información	33
<i>Investigación documental</i>	33
<i>Análisis comparativo</i>	33
<i>Selección de ideas</i>	33
<i>Elaboración de documentos informativos</i>	33
<i>Método experimental</i>	33
Hipótesis	34
Variables de investigación	34
<i>Variable Independiente</i>	34
<i>Variable Dependiente</i>	34
Capítulo II: Fundamentación Teórica.....	35

La industria de la confección	35
Automatización de procesos	37
Componentes básicos de un sistema de control	39
<i>Sistema mecánico</i>	39
<i>Sistema Eléctrico</i>	42
<i>Sistema Electrónico</i>	50
Mecanismos.....	53
<i>ADR 32 Counting Head</i>	53
<i>Contador de papel por fricción</i>	54
Optimización de procesos.....	55
<i>Estudio de Tiempos</i>	55
<i>Pasos para el estudio de tiempos</i>	56
<i>Estudio de tiempos con cronometro</i>	57
Capítulo III: Diseño y Construcción.....	58
Diseño del sistema	58
Planificación y factibilidad de diseño.....	58
<i>Matriz de calidad</i>	58

<i>Definición de las necesidades</i>	58
<i>Definición de especificaciones técnicas.....</i>	59
Diseño y selección de elementos mecánicos de la banda transportadora	60
<i>Selección de la banda transportadora</i>	60
Análisis de la estructura de la banda.....	61
Diseño y selección de elementos eléctricos de la banda transportadora	70
<i>Diseño del motor.....</i>	70
<i>Selección del Motor</i>	78
<i>Selección del Microcontrolador</i>	83
Diseño y selección de los elementos mecánicos del separador de cortes de telas.....	87
<i>Rodillos del separador</i>	87
Diseño y selección del motor del separador de cortes de telas	91
Diseño y selección del actuador lineal del sellador de cortes de tela	93
Diseño y selección del sensor para el conteo de cortes de tela.....	97
Diseño mecánico general de la estructura de conteo y sellado.....	99
<i>Diseño CAD de la estructura.....</i>	100

<i>Diseño de la base de la banda</i>	<i>101</i>
<i>Diseño de soporte para el pistón.....</i>	<i>101</i>
Diseño electrónico general del sistema de conteo y sellado	102
Construcción del sistema de conteo y sellado de cortes de tela	107
<i>Estructura mecánica del sistema.....</i>	<i>107</i>
<i>Construcción del sistema electrónico.....</i>	<i>112</i>
<i>Montaje del sistema de separado de cortes de tela</i>	<i>113</i>
Capítulo IV: Implementación, Pruebas y Resultados	116
Implementación	116
Pruebas de funcionamiento y resultados	117
<i>Prueba de conteo y sellado.....</i>	<i>117</i>
<i>Prueba de calidad del sellado.....</i>	<i>120</i>
<i>Prueba de exactitud en la posición del sellado</i>	<i>122</i>
<i>Prueba del tiempo de conteo y sellado del proceso</i>	<i>127</i>
Validación de la hipótesis.....	132
Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones.....	134
Conclusiones	134

Recomendaciones	135
Bibliografía	136
Anexos.....	142

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Proceso para realizar los cortes de tela de forma manual</i>	26
Figura 2 <i>Pirámide de la automatización</i>	38
Figura 3 <i>Banda transportadora horizontal</i>	40
Figura 4 <i>Banda transportadora inclinada</i>	41
Figura 5 <i>Banda transportadora curva</i>	41
Figura 6 <i>Motor de corriente continua</i>	42
Figura 7 <i>Servomotor</i>	43
Figura 8 <i>Motor paso a paso Nema 23</i>	44
Figura 9 <i>Diferentes tipos de sensores de proximidad</i>	45
Figura 10 <i>Sensor infrarrojo</i>	46
Figura 11 <i>Sensor capacitivo del tipo industrial</i>	47
Figura 12 <i>Sensor ultrasónico</i>	47
Figura 13 <i>Actuador neumático</i>	49
Figura 14 <i>Partes de un actuador hidráulico</i>	49
Figura 15 <i>Actuador eléctrico lineal</i>	50
Figura 16 <i>Tarjeta Arduino Mega</i>	51
Figura 17 <i>ESP32-WROOM-32</i>	52
Figura 18 <i>Controlador Lógico Programable marco LOGO</i>	53
Figura 19 <i>Diseño CAD banda</i>	61
Figura 20 <i>Eje y rodillo con cobertura de fibra de carbono</i>	62
Figura 21 <i>Motor NEMA 23 PH266-01GK</i>	81
Figura 22 <i>Driver TB6560 para motor paso a paso NEMA 23</i>	82
Figura 23 <i>Arduino UNO</i>	86
Figura 24 <i>Eje y rodillo del separador</i>	87
Figura 25 <i>Diagrama de cuerpo libre de las fuerzas del motor</i>	91

Figura 26 Motor reductor 25GA370	92
Figura 27 Actuador lineal mirco.....	96
Figura 28 Módulo puente H BTS-7960 para el actuador lineal	97
Figura 29 Sensor ultrasónico.....	98
Figura 30 Factores para el coeficiente de seguridad	99
Figura 31 Ensamble general	100
Figura 32 Análisis de estrés de la base de la banda	101
Figura 33 Análisis de estrés soporte del pistón	102
Figura 34 Diseño electrónico del sistema de conteo y sellado	103
Figura 35 Fuente de alimentación TPS-2408	106
Figura 36 Corte de las piezas de la estructura de la banda.....	107
Figura 37 Corte de las piezas del separador de cortes de tela en PLA+.....	108
Figura 38 Pintado de la estructura del sistema de conteo y sellado	108
Figura 39 Armado de la estructura del sistema de conteo y sellado.....	109
Figura 40 Armado del prototipo de la máquina.....	109
Figura 41 Armado del prototipo de la máquina.....	110
Figura 42 Colocación del actuador lineal.....	110
Figura 43 Sellador de los cortes de tela	111
Figura 44 Ubicación de la base y del sensor para el conteo de cortes	111
Figura 45 Construcción del separador de cortes de tela.....	112
Figura 46 Fuente de alimentación eléctrica	112
Figura 48 Panel frontal del prototipo.....	113
Figura 49 Panel posterior de la máquina.....	113
Figura 50 Ubicación del sistema de separado.....	114
Figura 51 Prototipo final de la máquina de conteo y sellado.....	115
Figura 52 Implementación de la máquina de conteo y sellado de cortes de tela	116

Figura 53 <i>Zona de referencia del sellado</i>	123
--	------------

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Necesidades del usuario</i>	58
Tabla 2 <i>Especificaciones técnicas del proyecto</i>	59
Tabla 3 <i>Características de las bandas</i>	60
Tabla 4 <i>Opciones de material</i>	63
Tabla 5 <i>Evaluación de criterios</i>	64
Tabla 6 <i>Evaluación del criterio bajo costo</i>	64
Tabla 7 <i>Evaluación del criterio elongación</i>	64
Tabla 8 <i>Evaluación del criterio disponibilidad</i>	65
Tabla 9 <i>Evaluación de la conclusión</i>	65
Tabla 10 <i>Características finales de la banda</i>	66
Tabla 11 <i>Alternativas de material</i>	66
Tabla 12 <i>Evaluación de criterios</i>	67
Tabla 13 <i>Evaluación del criterio bajo peso</i>	68
Tabla 14 <i>Evaluación del criterio durabilidad</i>	68
Tabla 15 <i>Evaluación del criterio bajo precio</i>	69
Tabla 16 <i>Evaluación de la conclusión</i>	69
Tabla 17 <i>Coefficiente de fricción de elementos giratorios</i>	72
Tabla 18 <i>Eficiencia mecánica de transmisión</i>	74
Tabla 19 <i>Alternativas de motor</i>	78
Tabla 20 <i>Evaluación de criterios</i>	79
Tabla 21 <i>Evaluación del criterio bajo costo</i>	79
Tabla 22 <i>Evaluación del criterio torque</i>	80
Tabla 23 <i>Evaluación del criterio complejidad de control</i>	80
Tabla 24 <i>Evaluación de la conclusión</i>	81

Tabla 25 <i>Características del motor paso a paso NEMA 23</i>	82
Tabla 26 <i>Alternativas de microcontroladores</i>	83
Tabla 27 <i>Evaluación de criterios</i>	84
Tabla 28 <i>Evaluación del criterio consumo de energía</i>	84
Tabla 29 <i>Evaluación del criterio facilidad de uso</i>	85
Tabla 30 <i>Evaluación del criterio costo</i>	85
Tabla 31 <i>Evaluación de la conclusión</i>	85
Tabla 32 <i>Características del Arduino UNO</i>	86
Tabla 33 <i>Opciones de material</i>	88
Tabla 34 <i>Evaluación de criterios</i>	89
Tabla 35 <i>Evaluación del criterio agarre y tracción</i>	89
Tabla 36 <i>Evaluación del criterio resistencia al desgaste</i>	89
Tabla 37 <i>Evaluación del criterio costo</i>	90
Tabla 38 <i>Evaluación de la conclusión</i>	90
Tabla 39 <i>Características finales de los rodillos del separador</i>	91
Tabla 40 <i>Características finales del motor reductor 25GA370</i>	93
Tabla 41 <i>Alternativas de actuadores lineales</i>	93
Tabla 42 <i>Evaluación de criterios</i>	94
Tabla 43 <i>Evaluación del criterio precisión</i>	94
Tabla 44 <i>Evaluación del criterio repetibilidad</i>	95
Tabla 45 <i>Evaluación del criterio costo</i>	95
Tabla 46 <i>Evaluación de la conclusión</i>	95
Tabla 47 <i>Características del actuador lineal</i>	96
Tabla 48 <i>Características BTS-7960</i>	97
Tabla 49 <i>Elementos electrónicos seleccionados para el conteo y sellado</i>	103
Tabla 50 <i>Parámetros para la selección de la fuente de alimentación</i>	106

Tabla 51 <i>Características de la fuente de alimentación</i>	106
Tabla 52 <i>Prueba de conteo y sellado (tela algodón licrado)</i>	118
Tabla 53 <i>Prueba de conteo y sellado (tela algodón rígido)</i>	118
Tabla 54 <i>Prueba de conteo y sellado (tela denim)</i>	119
Tabla 55 <i>Prueba de calidad del sellado</i>	120
Tabla 56 <i>Prueba de posición del sellado</i>	124
Tabla 57 <i>Desviación en X e Y</i>	126
Tabla 58 <i>Desviación total</i>	126
Tabla 59 <i>Prueba de tiempo de conteo y sellado del proceso (tela algodón licrado)</i>	128
Tabla 60 <i>Prueba de tiempo de conteo y sellado del proceso (tela algodón rígido)</i>	129
Tabla 61 <i>Prueba de tiempo de conteo y sellado del proceso (tela denim)</i>	130
Tabla 62 <i>Datos prueba t. student</i>	133

Resumen

En este proyecto de trabajo de unidad de integración curricular se desarrolla el diseño, construcción e implementación de un sistema automático de conteo y sellado de cortes de tela, el cual se debe dar de forma secuencial partiendo por el separado de los bloques de cortes de tela de manera individual, para posteriormente pasar a ser contados y sellados mejorando la producción. Inicialmente se realiza la investigación de diversos sistemas que contemplen acciones similares, llegando a recopilar información de sistemas de conteo de hojas y sellado, convergiendo en el desarrollo mecánico, electrónico y de software. En el diseño mecánico se obtiene las dimensiones adecuadas para contemplar los diferentes tipos de cortes de tela, el mismo que se dará mediante el uso de un software CAD, el cual permitirá visualizar el sistema de forma muy cercana a la real ayudándonos a identificar y corregir posibles errores antes de la implementación, además de brindar el análisis estático. En la siguiente etapa se realiza el diseño electrónico, en el cual se contemplarán cada uno de los componentes que se requieran conectar, así como sus respectivas protecciones. La estructura se realiza en acero al carbono elegido por su buena versatilidad, bajo costo y buena disponibilidad. Como parte final en la implementación se diseña la etapa de control en la cual se considerará que el proceso es secuencial y automático, sin olvidar los requerimientos y necesidades proporcionados por el coordinador del área de corte de la empresa. Como última etapa del proyecto se establecen exhaustivas pruebas y verificaciones de cada uno de los elementos, así como también la verificación de tiempos de producción en estos procesos.

Palabras Clave: máquina contadora, máquina selladora, proceso secuencial, proceso automático.

Abstract

In this curricular integration unit work project, the following is developed the design, construction, and implementation of an automatic counting and sealing system for fabric cuts, which must be done sequentially, starting with the separation of the blocks of fabric cuts individually, to later be counted and sealed to improve production. Initially, the research of different systems that contemplate similar actions is carried out, gathering information on sheet counting and sealing systems, converging in mechanical, electronic, and software development. In the mechanical design, we obtain the appropriate dimensions to contemplate the different types of fabric cuts, the same that will be given through the use of CAD software, which will allow us to visualize the system very close to the real one, helping us to identify and correct possible errors before the implementation, in addition to providing the static analysis. In the next stage, the electronic design is carried out, in which each of the components that need to be connected, as well as their respective protections, will be considered. The structure is made of carbon steel, chosen for its versatility, low cost, and good availability. As a final part of the implementation, the control stage is designed in which the process will be considered sequential and automatic, without forgetting the requirements and needs provided by the coordinator of the cutting area of the company. As a last stage of the project, exhaustive tests and verifications of each of the elements are established, as well as the verification of production times in these processes.

Keywords: counting machine, sealing machine, sequential process, automatic process.

Capítulo I

Generalidades

Introducción

Este primer capítulo detalla de forma concisa la situación en la que se encontraba el área de corte de la empresa FAME S.A., específicamente en la sección de conteo y sellado, estableciendo de esta manera el problema, su justificación y la importancia, para mediante un análisis profundo llegar a la solución, además se plantean los objetivos que se irán cumpliendo a lo largo del desarrollo del proyecto.

Antecedentes

En vista a los diversos contratiempos presentados por parte de la empresa FAME S.A. mismos que son puestos en conocimiento en el documento FAME-2023-OF-GG-0089, en el cual se indica que la Dirección de FAME S.A. no cuenta con la autorización para emitir presupuesto para continuar con el desarrollo de los proyectos en dicha empresa, por tal motivo se optó por realizar la construcción de la máquina con presupuesto de los presentes autores, esto con el fin de validar la hipótesis planteada. Considerando lo antes mencionado se realizó una búsqueda exhaustiva sobre las diversas empresas ecuatorianas que se dedican a la fabricación de prendas de vestir ya sea ropa normal o militar, en especial en el área de corte de las piezas.

Según el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la ONU (2009), el fabricar ropa para diferentes tipos de personas se encuentra compuesta por actividades de elaboración de todo tipo de materiales y colores. Esta subdivisión también abarca la industria de producción de prendas de vestir de pieles y según la Asociación de Industriales Textiles del Ecuador (2017), la industria textil tiene alrededor de 33 encadenamientos directos con distintas ramas productivas y de servicios en el país, representando el 37% de la industria textil ecuatoriana. (Amaluisa, 2008)

En el proceso de confección en la industria textil se da gracias al trabajo mutuo que se da entre diferentes áreas, las cuales permiten obtener el producto final, entre estas áreas se tiene el área de diseño, confección, producción, control de calidad entre otras, de las cuales el área de confección la cual es de nuestro interés consta de procesos como el corte de las telas para ser posteriormente confeccionadas, dichos cortes pasan en bloques que constan de grandes cantidades de cortes de tela, los mismos que se debe etiquetar o sellar.

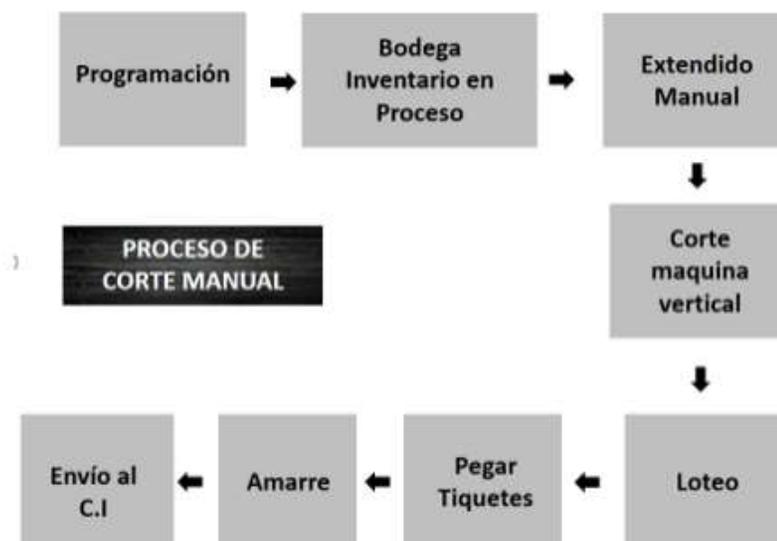
Según (Ibujés Villacís & Benavides Pazmiño, 2018) quienes desarrollaron un análisis en donde después de varias pruebas obtuvieron que hay puntos importantes dentro de la producción siendo estas la tecnología, el capital y los trabajadores. La variable tecnología es importante para la productividad en el proceso de producción, esto ya que en las pequeñas empresas del sector textil emplean un volumen alto de una gran variedad de maquinaria y de tecnología para poder fabricar productos con la mejor calidad y dentro de un gran estándar en el mercado global.

También se considera lo mencionado por (Santamaría Herrero, 1998) en donde un proyecto de automatización, debe de contemplar todos los aspectos, desde ergonomía hasta la recuperación de la inversión, de tal forma que el proyecto sea rentable tanto operativamente como económicamente.

Tradicionalmente se realiza el corte manual como muestra la Figura 1.

Figura 1

Proceso para realizar los cortes de tela de forma manual



La programación trata de realizar pruebas basándose en el color de fondo que llegan a presentar diversos cortes de tela ayudando así a llegar a diversas tallas para diferentes tipos de edades, también ayuda a verificar de que está compuesta la tela y el consumo dentro de la población. Dentro de la empresa ayuda a verificar la cantidad de materia prima que se tiene, así como su orden de producción. (Gómez Muñoz, 2019)

Terminada la etapa de programación se pasa al siguiente punto el cual trata acerca del trazado en donde el objetivo es llegar a obtener la mayor cantidad de tela utilizada. El trazado viene de la manipulación de los diferentes cortes de tela que forman parte de una prenda o producto, estas piezas están dadas a través del área en donde se encargan de darle algún tipo de forma a las mismas, durante este proceso son clasificadas por talla y diseño.

Una vez que son terminadas estas etapas son enviadas a otra área en donde para que puedan ser definidas las cantidades de telas que van a ser necesarias para utilizar en cada una de las prendas de vestir las mismas que van a estar detalladas en diversas formas y colores, aquí además se puede medir el largo de la tela esto a través del extendido de las telas hay que

tomar en cuenta que va a depender del tejido que tenga. El trazado manual ya no es utilizado en la actualidad por las empresas ya que esto presenta ciclos altos y los costos son muy elevados, lo más tedioso del proceso manual es que las piezas son hechas en cartón de todas las tallas, pero es complicado ya que al pasar a las telas pueden ocurrir errores y marcar más el contorno.

La materia prima para la realización de los procesos se tiene embodegada, en la misma que la cantidad va a depender de los requisitos necesarios de la empresa los mismos que deben estar dentro del plan de trabajo planteado. Para ampliar las telas se lo hace a través de mesas grandes en donde pueda entrar la tela completamente para ello es necesario medir la tela y construir una mesa con largo y ancho necesario esto con condiciones normales ya que el producto va a ser procesado ahí.

Para extender las telas se necesita de trabajadores capaces de poder realizar dichas tareas esto debido a que se incluyen variables como la tensión que se aplica a la tela, el observar las fallas que puede tener la tela, las condiciones a las que se debe extender siendo estas el largo y numero de capas.

La cantidad de capas ve al momento de desarrollar las telas sobre la mesa y la presentación del lado específico hasta que llegue al anterior. Al momento de termina de extender la tela y llega a su estado final es necesario cortarla del rollo en la que viene, esto se lo realiza con tijera manualmente, esta acción es desarrollada por el mismo operario que extiende las telas.

En la etapa de estirado de la tela la misma que trata de poner la tela sobre la mesa con las medidas adecuada, se lo realiza de una forma en la que no se tensa la tela es decir que la tela debe contemplar el largo y ancho adecuado, no solo un tipo de tela debe realizar esto si no

todas las deben contener le mismo ancho y largo este proceso se va realizando hasta contener un bloque alto capaz de llegar a las cuchillas y cortar completamente.

El corte se efectúa con máquinas cortadoras verticales manuales las mismas que son operadas por trabajadores que presentan conocimientos técnicos en el manejo, cuidado y realización de cortes en las mismas, además los trabajadores son personas con experiencia para poder tener la capacidad de cambiar la herramienta de corte y poder realizar mantenimiento necesario en el momento que se requiera. El corte es realizado sobre la tela extendida las misma que va a estar colocada por capas en las mesas y colocando la guía para realizar el corte.

Al realizar el corte de tela se generan bloque de diferentes tallas, las mismas que son formadas por cortes, las mismas que forman la prenda de vestir, la separación de los diferentes cortes se lo realiza, así como el sobrante del proceso. Para poder verificar que las piezas cortadas se necesita tener impresos en papel, estos moldes para identificar deben contener la misma forma de las piezas cortadas.

La capacidad del corte vertical es de 1.2 metro/minuto, esta capacidad es dado por las seguidas mediciones que realizan los trabajadores. Cuando ya son realizados los cortes de tela siguiendo los lineamientos antes mencionados se anotan en hojas de datos donde se detallen las cantidades que se vayan realizando. La separación óptima para realizar manualmente un corte y tener el control sobre ellas es de 4mm.

Los cortes que son hechos pasan por una revisión en ensayos para verificar su error, con estas revisiones se logra clasificar los cortes de tela en buena, regulares y malas ayudando a llegar a una cantidad de separados exactas.

Una vez que son fabricadas todos los cortes de tela con las medidas, colores y tallas adecuadas ya están listas para ser conformadas las prendas de vestir esto se lo realiza en la

etapa de armado y costura. Estos sellados tienen un lugar específico para colocarse en cada pieza esto con el fin de evitar que al momento de unir las piezas esta no se caiga, ya que si llegan a caerse no permitirá unir las correctamente.

Las marcas del sellado con unidas a los cortes con una máquina selladora las misma que es dada a cada trabajador. Mientras se va sellando los operarios tienen que fijarse si hay problemas de calidad, además de dejar en una hoja la evidencia del sellado de cada una de las piezas la misma que debe contener información básica adecuada para comprobar que las piezas están correctas. Se analiza además la eficiencia a través de un número de piezas selladas.

Planteamiento del problema

FAME S.A., es una empresa del Estado ecuatoriano, el cual pertenece al Instituto de Seguridad Social de las Fuerzas Armadas (ISSFA), la misma comprende una gran trayectoria en el diseño y la confección de vestuario, calzado y equipamiento para distintas instituciones, la misma que cuenta con el Sistema de Trazabilidad SITRA en el tema de la evolución tecnológica del mercado mundial.

Actualmente a nivel nacional la oferta de vestuario y equipamiento para los bloques de seguridad y defensa nacional es muy amplia, siendo la calidad un factor diferencial en el producto ofrecido donde el proceso de manufactura es fundamental. Debido a que el vestuario y equipamiento son productos de uso cotidiano, el proceso de producción se encuentra en un estado de mejora continua que permita el aumento de su resistencia y durabilidad.

Uno de los procesos esenciales en la manufactura de las prendas de vestir es el corte y marcado de cada uno de las piezas que posteriormente pasara al área de confección, uno de los principales problemas encontrados en este proceso dentro de las empresas es el tiempo y la cantidad de mano de obra necesarios para contar cada una de las piezas de tela e ir sellándolas

individualmente, este proceso se realiza en un tiempo de 6 minutos con 6 personas las cuales realizan el conteo y sellado de bloques de 20 cortes de una pieza, además se encontró que al ser procesos repetitivos resultan cansados para los trabajadores esto debido a que deben permanecer mucho tiempo de pie, teniendo descansos muy cortos no ayuda al rendimiento, esto provoca variedad de enfermedades en los trabajadores, entre estas están la circulación en menor cantidad de sangre, por ende también se reduce la oxigenación en los músculos provocando dolorosas contracturas y calambres adicional se vuelve frágiles las cápsulas articulares, el cansancio presentado en los trabajadores se tiene un margen de error del 25%, el cual se vuelve mayor con el pasar de las horas de trabajo continuo.

Por lo tanto, una solución eficaz ante el problema es la automatización de un sistema de conteo y sellado, el cual permitirá optimizar tiempos, reducir mano de obra, mejorar la calidad de vida de los trabajadores y por ende favorecer a la producción general de vestimenta y equipamiento en la empresa FAME S.A.

Descripción resumida del proyecto

Este proyecto tiene como objetivo el diseño, construcción e implementación de un sistema de conteo y sellado de cortes de tela, el cual se debe dar de forma secuencial partiendo del separado de manera individual de los bloques de tela, los cuales posteriormente deben ser contados y sellados, para de esta manera mejorar la producción.

Por ello se parte en la investigación de diversos sistemas que contemplen acciones similares, como lo son el sistema de conteo de hojas y sellado, basado en ello se pretende realizar la implementación de este sistema integrando los sistemas antes mencionados.

Como etapa inicial se contempla el diseño mecánico haciendo uso de materiales estandarizados, el cual se dará mediante el uso de un software CAD, en el cual podremos

visualizar de forma muy cercana a la real permitiéndonos identificar y corregir posibles errores antes del momento de la implementación.

Una vez implementado el diseño mecánico se procederá a realizar el diseño electrónico, en el cual se contemplarán cada uno de los componentes que se requieran conectar, así como sus respectivas protecciones, para finalmente ser implementadas.

Como parte final en la implementación se dará la etapa de control del proceso en la cual se considerará todo el proceso mencionado de manera secuencial y automática, sin olvidar la obtención de datos requeridos por la empresa.

Como última etapa del proyecto se pretende realizar pruebas y verificaciones de cada uno de los elementos, así como también la verificación de tiempos de producción en estos procesos.

Justificación e importancia

El tema propuesto se justifica debido al uso de una metodología deductiva que parte de la combinación de un proceso de conteo y una de sellado permitiendo así la automatización del sistema propuesto que busca optimizar costos y tiempos de producción en el área de corte, cumpliendo así las necesidades y requerimientos propuestos por la empresa FAME S.A., lo que afectará positivamente a la industria ecuatoriana de producción textil.

La tecnología ha ido evolucionando en procesos industriales con la finalidad de aumentar la producción, disminuir costos, optimizar tiempos y mejorar la calidad de los productos, dejando de lado procesos convencionales.

La importancia del proyecto propuesto radica en que representará una base para futuras implementaciones de esta tecnología en micro, pequeñas y medianas empresas que se dedican a elaborar prendas de vestir de manera artesanal, esto debido a los altos costos que conlleva la adquisición de una máquina industrial importada, que no solo es un costo de inversión de la

máquina si no en el manteniendo y soporte técnico debido a los escasos de especialistas en el país.

El alcance de la temática propuesta incluye el diseño, construcción e implementación de un sistema de conteo y sellado de cortes de tela, en el cual existirán dos procesos significativos los cuales en primera estancia se realizará la separación y el conteo de bloques de cortes de tela, para posteriormente ser sellados según corresponda la plantilla requerida por la empresa.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar, construir e implementar un sistema automático de conteo y sellado de cortes de tela mediante la combinación de mecanismos (contadora de hojas y selladora) para la optimización de procesos en el área de corte en la empresa Fame S.A. en la Provincia de Pichincha cantón Rumiñahui.

Objetivos específicos

- Analizar el estado del arte en relación con máquinas contadoras y selladoras para establecer la línea base del proyecto.
- Diseñar la estructura mecánica del sistema de conteo y sellado, sus dimensiones y disposición de los elementos para su protección.
- Diseñar el control eléctrico para el manejo automático de los componentes eléctricos y mecánicos del sistema de conteo y sellado.
- Construir la estructura mecánica del sistema de conteo y sellado según los datos obtenidos en la fase de diseño.
- Implementar un sistema de control mediante un PLC para automatizar el proceso.
- Validar la hipótesis a través de pruebas experimentales.

Metodología y técnicas de recopilación de información

Para el desarrollo del proyecto enfocado en el diseño, construcción e implementación de un sistema de conteo y sellado de cortes de tela se adoptará las siguientes metodologías y técnicas.

Investigación documental

Se recopilará información sobre trabajos relacionados y sistemas semejantes, para partir con un conocimiento básico sobre el proceso al cual se aplicará control.

Análisis comparativo

Recopilada la información se compara las especificaciones de procesos semejantes con el sistema de conteo y sellado para establecer ventajas y beneficios.

Selección de ideas

Mediante una selección de ideas por métodos estadísticos se establece los materiales, componentes y otros aspectos que se utilizaran en el desarrollo del proyecto.

Elaboración de documentos informativos

A través de la elaboración de manuales de operación, planes de mantenimiento y entrenamiento se asegura el correcto funcionamiento del sistema y amplía la vida útil del mismo.

Método experimental

Mediante el diseño e implementación se comprobará el correcto funcionamiento del sistema por medio de pruebas.

Hipótesis

¿El diseño, construcción e implementación de un sistema automático de conteo y sellado de cortes de tela mediante la combinación de mecanismos (contadora de hojas y selladora) permitirá la optimización de procesos en el área de corte en la empresa Fame S.A.?

Variables de investigación

Variable Independiente

Sistema automático de conteo y sellado de cortes de tela mediante la combinación de mecanismos (contadora de hojas y selladora).

Variable Dependiente

Optimización de procesos de conteo y sellado en el área de corte de la empresa FAME S.A.

Capítulo II

Fundamentación teórica

La industria de la confección

La industria textil se dedica a la transformación de tela en artículos de vestir principalmente, y las actividades manufactureras asociadas con este proceso incluyen principalmente el diseño de productos, la obtención de tejidos, el corte de materiales, la costura y la fase de acabado. (Rodríguez & Ramírez, 2017)

La Asociación de Industrias Textiles del Ecuador, señala que el origen de la industria textil en el país tiene sus raíces en la época colonial. La fabricación de textiles en Ecuador ha sido una de las actividades más antiguas, de gran relevancia en la cultura Inca. Con el transcurso del tiempo, las empresas dedicadas a la actividad textil se establecieron en diferentes ciudades del país, se puede afirmar que las provincias con la mayor cantidad de empresas en esta área son: Pichincha, Imbabura, Tungurahua, Azuay y Guayas. Este sector textil contribuye sustancialmente a la generación de empleo directo en el país, posicionándose como el segundo segmento manufacturero con mayor fuerza laboral, después del sector de alimentos, bebidas y tabacos. (Lanche, 2016)

El término "fibras textiles" hace referencia a aquellos materiales que pueden ser hilados o empleados en la elaboración de telas través de procesos como el tejido, trenzado o fieltrado. Estas fibras son la materia prima más importante para la industria textil, ya que son la base para crear muchos productos y pueden clasificarse en dos categorías principales: naturales, como algodón, lino, lana y seda; y sintéticas, como poliéster y acrílico, entre otras. (Rodríguez & Ramírez, 2017)

- **Algodón:** es una planta textil que produce fibras suaves, es una materia prima muy importante en la confección de tejidos y prendas de vestir. Este material

natural es muy relevante en la industria textil. Históricamente, el algodón ocupó un lugar destacado en la India, siendo el primer textil registrado en la región.

(Terán, 2017)

- **Lana:** es una fibra de origen natural que se obtiene de la piel de las ovejas, sus características varían dependiendo de la raza del animal. Esta fibra es suave y rizada. (Falconí, 2013)
- **Poliéster:** el elemento principal del poliéster es el tereftalato de polietileno, esta fibra es de origen sintético, derivado principalmente de cualquier polímero sintético de cadena larga. (Jiménez, 2018)
- **Acrílico:** se trata de una fibra sintética que guarda semejanza con la lana. La fibra acrílica la componen principalmente acrilonitrilo, junto con un comonomero. La adición del comonomero busca mejorar la capacidad de teñido y la procesabilidad textil. (Rodríguez & Ramírez, 2017)

Rayón: es una fibra sintética conocida como "seda artificial" debido a su similitud en propiedades con la seda natural. Su desarrollo y calidad son el resultado de la búsqueda de nuevos mercados en la industria textil. (Flores, 2018)

- **Nylon:** es una fibra sintética llamada fibra de poliamida, la cual fue la primera en desarrollarse a nivel mundial. Esta fibra se emplea en múltiples sectores industriales y destaca por su excelente rendimiento, aprovechando la disponibilidad de recursos materiales en abundancia. (TESTEX, 2022)
- **Denim:** es hecho a base de algodón con un tejido de sarga distintivo, presentando una trama de hilos blancos y azules. Su producción se inició en la ciudad francesa de Nimes cuya característica más notable es el tono azul índigo, originalmente obtenido de la India, utilizada comúnmente en la confección de prendas de jean. (Granja, 2017)

Automatización de procesos

El "automatismo" se define como el funcionamiento autónomo de un mecanismo, es decir sin una intervención externa. Además, "automática" se define cómo el estudio de diversos métodos con el propósito de disminuir la presencia de operadores humanos, los cuales son reemplazados con dispositivos mecánicos y/o electrónicos, que tienen la capacidad de realizar una tarea previamente programada. (Navarro, 2019)

La automatización de procesos industriales implica un conjunto de varios procedimientos y métodos que buscan eliminar la intervención humana en tareas físicas repetitivas. Con esta perspectiva lo que se busca es aumentar la velocidad y mejorar la confiabilidad en el cumplimiento de dichas tareas, permitiendo que los equipos trabajen de manera continua y sin interrupciones, satisfaciendo la demanda de los clientes. Los principales tipos de procesos de automatización son: discretos, continuos y de distribución. (Ortiz, 2018)

El concepto de automatización se relaciona con la reducción o eliminación de la intervención humana en diversos procesos productivos mediante la implementación de sistemas mecánicos, electrónicos y computarizados. El objetivo principal de la automatización es optimizar la eficiencia y la eficacia en la manufactura de productos. (G. Cruz, 2017)

La automatización es la sustitución de la acción humana mediante mecanismos independientes o interconectados, impulsados por una fuente de energía externa, capaces de realizar ciclos completos de operaciones que pueden repetirse indefinidamente. En todo sistema automático, es fundamental la presencia de una fuente de energía, un sistema de control encargado de ordenar la ejecución del ciclo de trabajo, y un sistema de fuerza encargado de llevar a cabo dicho ciclo. (Navarro, 2019)

Para llevar a cabo la automatización de un proceso con la tecnología mecatrónica, es esencial realizar un análisis. Este análisis debe abordar el equipo utilizado en el desarrollo del

producto, las condiciones de trabajo de las actividades y las condiciones ergonómicas y antropométricas de los trabajadores en su relación hombre-máquina, factores que determinan el nivel de automatización necesario para el proceso. (Navarro, 2019)

La introducción de la tecnología mecatrónica da lugar a lo que se conoce como la pirámide de automatización, la cual engloba los cinco niveles tecnológicos presentes en un entorno industrial. Esta pirámide representa todos los elementos involucrados en la automatización de un proceso industrial como se observa en la Figura 2. (Ortiz, 2018)

Figura 2

Pirámide de la automatización



El "nivel de campo", comprende todos los elementos físicos de la industria, como, por ejemplo: actuadores y sensores, siendo el nivel más bajo de la pirámide. El siguiente nivel, el "nivel de control", engloba dispositivos de control tales como tarjetas de control, PLC's, etc. En el tercer nivel, denominado "nivel de supervisión", se encuentran los sistemas SCADA, encargados de supervisar, controlar y adquirir datos. El cuarto nivel, denominado "nivel de

planificación", corresponde a los sistemas de ejecución de la producción (MES). En la cúspide de la pirámide, el "nivel de gestión", incluye sistemas ERP que abordan de manera integral los aspectos empresariales de la organización. (Navarro, 2019)

Componentes básicos de un sistema de control

La sección de control o mando representa el sistema encargado de dar instrucciones a los subsistemas para actuar para una operación estable y controlada de un proceso específico, según los conceptos iniciales del diseño. En la creación del sistema de control, es esencial identificar los subsistemas que integran el proceso y determinar la tecnología prevista para su funcionamiento. En general, los subsistemas en el sistema de control abarcan áreas como el sistema mecánico, neumático, eléctrico y electrónico. (Beltrán & Quintana, 2023)

Sistema mecánico

Comprende todos los componentes, dispositivos o elementos que tienen como objetivo transformar o transmitir el movimiento. (Ortiz, 2018)

Bandas transportadoras. Las bandas transportadoras son dispositivos auxiliares empleados en diversos sectores industriales para elevar, transportar o distribuir productos. Funcionan de manera independiente o pueden integrarse en líneas de producción, además no requieren la manipulación constante por parte de los operarios. (Salinero, 2013)

Una banda transportadora consiste en un sistema de transporte continuo compuesto por una banda que se desplaza entre dos tambores. Estos sistemas se utilizan cuando es necesario trasladar materiales en cantidades considerables entre ubicaciones específicas. Adicionalmente, las bandas transportadoras deben brindar apoyo directo al material que se va a transportar y llevarlo desde el lugar de carga hasta el punto de descarga. En la actualidad, se encuentran disponibles bandas capaces de transportar materiales incluso en ángulos de hasta

45 grados, aunque esto demanda características diferentes a las convencionales, lo que podría resultar en un aumento en los costos. (González & Lobos, 2018)

Según Aguilar & Cardenas, 2019) las bandas transportadoras deben adaptarse a las necesidades específicas de cada empresa de la manera más eficiente posible. En el sector industrial, se suelen utilizar tres tipos comunes de bandas transportadoras:

- Las bandas transportadoras horizontales (Figura 3) se emplean cuando se necesita trasladar un producto sin cambios significativos en su nivel, su principal característica es mantener el producto en a la misma altura durante su transporte.

Figura 3

Banda transportadora horizontal



Nota. Tomado de: (VENMIR, 2021).

- Las bandas transportadoras inclinadas (Figura 4) se usan para elevar un producto de una estación de trabajo a otra, equipadas con empujadores que sostienen el producto durante su ascenso, garantizando un transporte seguro y eficiente.

Figura 4*Banda transportadora inclinada*

Nota. Tomado de: (PTE, 2024).

- Bandas transportadoras curvas (Figura 5) son necesarias cuando el diseño del espacio no permite una circulación lineal del proceso. Estas bandas permiten dar continuidad al transporte mediante curvas en su trayectoria, adaptándose así a las limitaciones espaciales del entorno industrial.

Figura 5*Banda transportadora curva*

Nota. Tomado de: (PTE, 2024).

Sistema Eléctrico

El sistema eléctrico hace uso de componentes eléctricos como motores, interruptores, actuadores y sensores para llevar a cabo la ejecución de un proceso específico. (Ortiz, 2018)

Motor. Un motor convierte la energía eléctrica en energía mecánica, para generar un movimiento mediante la interacción de los campos magnéticos.

Motor DC. El funcionamiento de los motores de corriente continua consiste en suministrar corriente continua al estator y a través de los contactos del inducido (escobillas), con el objetivo de generar así el par de arranque necesario para iniciar el movimiento de la máquina eléctrica. Dichos motores permiten un control bastante preciso. (Cabay & Chadán, 2022)

El motor de corriente continua, representado en la Figura 6 es un componente muy utilizado en la industria, debido a sus propiedades como, por ejemplo: una baja inercia y una relación elevada entre par e inercia. Además, la facilidad para controlar la posición, el par y la velocidad lo convierte en la mejor opción para aplicaciones de control y automatización en diversos procesos industriales. (Dubois, 2011)

Figura 6

Motor de corriente continua



Nota. Tomado de: (CLR, s. f.).

Servomotor. Un servomotor (Figura 7) permite un control preciso de la posición del eje en un determinado instante de tiempo. Estos motores cuentan con un sistema de engranajes que permite ajustar su posición dentro de un rango de 180° o 360°, dependiendo del modelo, y luego mantenerse fijos en esa posición. La diferencia de estos motores en comparación con otros radica en su funcionamiento y estructura. Los servomotores constan de estatores segmentados, con un espacio de bobinado de cobre en el estator que es casi el doble que el de los motores tradicionales, lo que les permite generar más potencia en un volumen más reducido. (Guailacela & Pérez, 2021)

Figura 7

Servomotor



Nota. Tomado de: (CLR, s. f.).

Motor a pasos. El motor a pasos (Figura 8) es un dispositivo electromecánico que realiza movimientos angulares a través de impulsos eléctricos aplicados a sus bobinas. El ángulo de giro del motor está determinado por la magnitud o resolución que posea, lo que varía según las características de construcción, generalmente entre 1.5° y 15° , aunque puede ser mayor según el modelo seleccionado. Una característica del motor a pasos es su capacidad para girar de manera incremental. La secuencia de impulsos eléctricos aplicados a sus bobinas determina el sentido de giro del motor, permitiendo el control tanto en dirección adelante como hacia atrás, y un número específico de pasos por vuelta. (T. J. Cruz & Martínez, 2021)

Figura 8

Motor paso a paso Nema 23



Nota. Tomado de: (CLR, s. f.).

Sensores

Los sensores son dispositivos de entrada que generan una señal salida proporcional a una magnitud física específica. En los entornos industriales, estos dispositivos suelen medir variables como temperatura, posición, presión, caudal, entre otras. Los sensores detectan una muestra de energía o un indicador relacionado con la magnitud medida, convirtiendo esta

energía detectada en señales eléctricas que son recibidas por dispositivos de adquisición de datos. (Panchana & Villalonga, 2020)

Los avances en sensores electrónicos han permitido una mayor precisión en la medición de magnitudes, así como la capacidad de operar con estas mediciones. Los sensores requieren de un acondicionamiento de señal que permitan manejar la pequeña variación de señal, por lo que, es vital lograr un equilibrio entre las características del sensor y las del circuito que lo acompaña. (Reinoso, 2008)

En automatización, los sensores de proximidad, representado sen la Figura 9, se utilizan en diferentes tipos de aplicaciones industriales, pero de forma general estos sensores son empleados para la detección sin contacto de objetos, determinan la posición de piezas, realizan el conteo de piezas, detectan movimientos giratorios como el de un engranaje, y discriminan materiales para clasificar piezas, por lo que, a continuación, se describen dos tipos de sensores de proximidad. (Panchana & Villalonga, 2020)

Figura 9

Diferentes tipos de sensores de proximidad



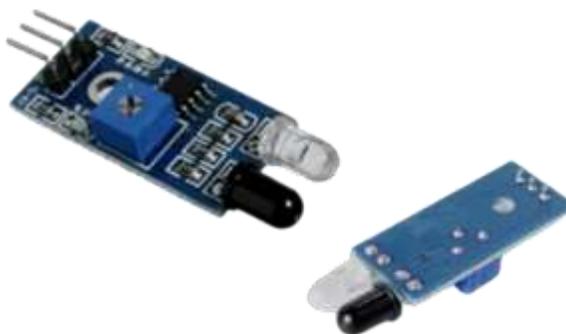
Nota. Tomado de: (GEYA, 2023).

Sensor infrarrojo

El sensor infrarrojo (Figura 10), es un dispositivo electrónico que puede detectar radiación electromagnética infrarroja, la cual es generada por partículas eléctricas o magnéticas en movimiento. El ojo humano no es capaz de percibir los rayos infrarrojos, ya que su longitud de onda está fuera del rango visible. El emisor y receptor son partes del sensor infrarrojo. El emisor emite rayos infrarrojos, mientras que el receptor o fotodetector los recibe. Los rayos infrarrojos detectados por el fotodetector generan una corriente mínima que activa el dispositivo. La señal obtenida por el fotodetector se amplifica y convierte en una señal eléctrica utilizable. (Bucheli & Velásquez, 2014)

Figura 10

Sensor infrarrojo



Nota. Tomado de: (Llamas, 2016).

Sensor Capacitivo:

Los sensores capacitivos (Figura 11), son muy utilizados en diversas industrias, ya que, estos dispositivos operan mediante la medición de cambios en la capacitancia, que es una propiedad eléctrica que surge cuando dos objetos conductores separados responden de manera diferente a la aplicación de un voltaje específico. Este voltaje genera un campo eléctrico que resulta en la acumulación de cargas positivas y negativas. (Panchana & Villalonga, 2020)

Figura 11

Sensor capacitivo del tipo industrial.



Nota. Tomado de: (GEYA, 2023).

Sensor Ultrasónico:

Los sensores ultrasónicos (Figura 12) funcionan midiendo el tiempo que tarda una onda de sonido en viajar hasta un objeto y rebotar de vuelta. La distancia medida se calcula en función del tiempo, ya que la velocidad del sonido es constante, estos sensores pueden emitir señales digitales o analógicas según la aplicación, y son muy útiles en entornos donde la humedad no afecta su funcionamiento. Sin embargo, su eficiencia puede variar dependiendo del material del objeto a medir; su utilidad depende en gran medida del entorno y las condiciones específicas de aplicación. (Bucheli & Velásquez, 2014)

Figura 12

Sensor ultrasónico



Nota. Tomado de: (T. J. Cruz & Martínez, 2021).

Actuador lineal

Un actuador es un componente determinante en sistemas automáticos, estos convierten tipos de energía para así activar un proceso en algún sistema en donde sea utilizado.

Los actuadores reciben instrucciones de un controlador los cuales en función de dichas ordenes activan el elemento de control final. Aunque el actuador más común es el humano, donde una persona mueve o acciona un dispositivo manualmente, con el tiempo se volvió conveniente automatizar este proceso, dando lugar a la aparición de diversos dispositivos automáticos. (Balbuena & Carrera, 2013)

Los actuadores lineales son dispositivos diseñados para generar un movimiento de desplazamiento lineal, los actuadores se pueden clasificar según la fuente de energía utilizada para crear el movimiento, entre las más comunes se encuentran: (Amaguaña, 2022)

- **Actuador neumático:** representado en la Figura 13, utiliza aire comprimido para generar movimiento y requieren un compresor como fuente de suministro. Para instalarlo se necesitan tuberías y sistemas de filtrado para el aire, para prevenir fugas. Sin embargo, presentan algunas desventajas como la pérdida de presión y la necesidad de mantener el compresor en funcionamiento, incluso cuando no hay movimiento. (García, 2019)

Figura 13

Actuador neumático

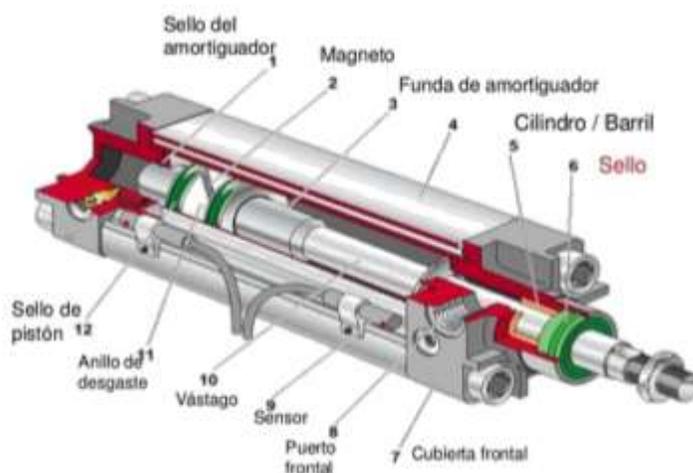


Nota. Tomado de: (Amaguaña, 2022).

- **Actuador hidráulico:** emplean líquidos, siendo el aceite el más común debido a su capacidad para producir movimientos oscilatorios, rotativos y lineales, las partes del actuador hidráulico se muestran en la Figura 14. Los actuadores hidráulicos son ideales para aplicaciones que requieren grandes fuerzas, en comparación con el aire, los líquidos no se pueden comprimir. (Amaguaña, 2022)

Figura 14

Partes de un actuador hidráulico



Nota. Tomado de: (García, 2019).

- **Actuador eléctrico:** en la Figura 15 se representa a un actuador eléctrico, estos dispositivos transforman el movimiento rotatorio en movimiento lineal utilizando un motor eléctrico. Son simples de programar para seguir un desplazamiento, velocidad o fuerza específica, además, necesitan un mantenimiento mínimo. (García, 2019)

Figura 15

Actuador eléctrico lineal



Nota. Tomado de: (Balbuena & Carrera, 2013).

Sistema Electrónico

El sistema electrónico es el que utiliza componentes digitales y/o analógicos dispuestos en placas de circuito impreso para cumplir con sus funciones específicas, según los requisitos de la aplicación, y luego se enlistan tres tarjetas utilizadas para recoger datos. (Ortiz, 2018)

Arduino

Arduino combina hardware y software libre, con la característica de ser una plataforma de código abierto, el software tiene la cualidad de ser flexible y fácil de usar. Con la programación de su hardware (Figura 16), los usuarios pueden realizar la creación de microcontroladores de una sola placa para diversas aplicaciones. Las especificaciones y los diagramas de Arduino son de acceso público, lo que significa que cualquiera puede replicarlos.

Esto implica que Arduino proporciona los fundamentos para que cada quién pueda crear su propia placa, pueden ser diferentes entre sí, pero igualmente funcionales. Arduino también ofrece el entorno de desarrollo integrado Arduino IDE, que permite a cualquier persona crear aplicaciones para las placas Arduino. (T. J. Cruz & Martínez, 2021)

Figura 16

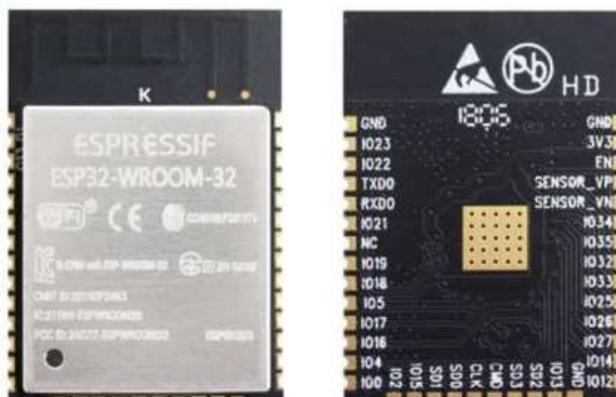
Tarjeta Arduino Mega



Nota. Tomado de: (T. J. Cruz & Martínez, 2021).

ESP32

El ESP32 (Figura 17) es un "System On Chip" creado por Espressif Systems y fabricado por TSMC. Similar al chip ESP8266, cuenta con varios modelos que ofrecen diferentes características. Espressif Systems describe esta serie como una solución para microcontroladores que carecen de conectividad, ya que pueden utilizar la ESP32 para acceder a redes o soluciones IoT. Además, la serie ESP32 puede ejecutar aplicaciones en tiempo real. Las tarjetas de desarrollo suelen incluir el módulo en un PCB que facilita la conexión serie/USB, la alimentación a través de USB, botones de arranque, reinicio y pines soldados a la placa. (Herranz, 2019)

Figura 17*ESP32-WROOM-32*

Nota. Tomado de: (Herranz, 2019).

PLC (Controlador Lógico Programable).

Un Controlador Lógico Programable (Figura 18) es un dispositivo electrónico de estado sólido diseñado para supervisar y controlar procesos industriales de manera secuencial y en tiempo real. Estos dispositivos actúan como una caja de control con dos secciones de terminales: entradas y salidas. El PLC regula las señales de salida en base a un programa de control almacenado previamente en su memoria, el cual se ejecuta en función del estado de las señales de entrada. La programación del PLC se realiza a través de una unidad de programación, que también proporciona funcionalidades adicionales como depuración, simulación, monitoreo y control del dispositivo. Este tipo de controladores son capaces de almacenar instrucciones de secuencia, conteo, temporización, operaciones aritméticas y protocolos de comunicación, todo ello destinado a la automatización y control de maquinaria y procesos industriales. (Navarro, 2019)

Figura 18

Controlador Lógico Programable marco LOGO.



Nota. Tomado de: (Moina, 2018).

Mecanismos.

Un mecanismo se compone de elementos interconectados entre sí, para transmitir movimiento entre ellos. Una cadena cinemática cerrada es un mecanismo donde al menos uno de los componentes permanece fijo para facilitar la transmisión de movimiento. Un ciclo cinemático ocurre cuando el mecanismo completa su movimiento desde su posición inicial hasta regresar a la misma posición, y el tiempo necesario para esto se conoce como período. (Barona & Palacios, 2023)

ADR 32 Counting Head

Es una tecnología utilizada en contadores de papel y otros dispositivos de conteo en la industria de impresión y embalaje. Esta tecnología se emplea para contar con precisión hojas de papel u otros materiales delgados a medida que pasan por una máquina de procesamiento. A continuación, se describen los principios básicos de funcionamiento de esta tecnología:

- **Sensores de Detección:** las máquinas con ADR 32 Counting Head utiliza una serie de sensores de detección para identificar la presencia de hojas de papel. Estos sensores pueden ser de diferentes tipos, como ópticos, capacitivos o

basados en ultrasonido, dependiendo de las necesidades específicas de la aplicación.

- **Procesamiento de Señales:** una vez que los sensores detectan la presencia de una hoja de papel, envían una señal al sistema de procesamiento de la máquina.
- **Algoritmos de Conteo:** está equipado con algoritmos de conteo avanzados, tienen en cuenta una gran variedad de factores, como la velocidad de la máquina, el grosor del papel y las condiciones ambientales, para calcular con precisión el número de hojas que han pasado por el dispositivo.
- **Interfaz de Usuario:** las máquinas que utilizan la tecnología ADR 32 Counting Head están equipados con una interfaz de usuario intuitiva que permite a los operadores monitorear el proceso de conteo y realizar ajustes según sea necesario.

Su diseño robusto y su capacidad para adaptarse a una variedad de condiciones de funcionamiento lo convierten en una opción popular para aplicaciones de conteo de alta precisión.

Contador de papel por fricción

Es un dispositivo utilizado en la industria de impresión, empaquetado y fabricación, para contar hojas de papel u otros materiales delgados a medida que pasan por una superficie con fricción controlada. El funcionamiento básico de un contador de papel de fricción implica los siguientes componentes y pasos:

- **Sensor de Detección:** el contador está equipado con un sensor que detecta la presencia de una hoja de papel cuando esta pasa sobre la superficie de fricción.
- **Superficie de Fricción:** la superficie de fricción es donde se coloca la pila de hojas de papel que se van a contar. Esta superficie está diseñada para

proporcionar una fricción controlada que permite que las hojas se desplacen una a la vez a medida que se extraen de la pila.

- **Mecanismo de Extracción:** un mecanismo dentro del contador aplica una fuerza controlada sobre la parte superior de la pila de papel, lo que permite que la hoja superior se deslice sobre la superficie de fricción.
- **Contador Electrónico:** a medida que las hojas de papel pasan sobre la superficie de fricción y son detectadas por el sensor, un contador electrónico registra cada detección como una unidad.
- **Salida de Datos:** algunas máquinas contadoras de papel de fricción pueden tener una pantalla digital que muestra el número total de hojas contadas.

Este dispositivo proporciona un método preciso y eficiente para contar hojas de papel en una variedad de aplicaciones industriales.

Optimización de procesos.

Estudio de Tiempos

Es el método empleado para calcular la cantidad de tiempo necesaria para que un operario calificado, trabajando a un nivel estándar, complete una tarea específica. Para aumentar la producción en menos tiempo y mejorar la eficacia en los lugares de trabajo. (Alomoto, 2014)

El estudio de tiempos es una herramienta que permite evaluar el tiempo requerido en la producción de un artículo. Su propósito consiste en establecer el tiempo estándar necesario para realizar una tarea en específico, es decir, el tiempo que un operario competente y completamente entrenado necesitaría para ejecutar dicha tarea a un ritmo de trabajo normal. (Jijón, 2013)

Esta técnica se usa para determinar un tiempo estándar adecuado para llevar a cabo una actividad específica, considerando holguras para fatigas o retrasos personales, lo que permite generar alternativas para resolver problemas relacionado con el proceso o la fabricación. Esto contribuye a mejorar la eficiencia y la productividad al optimizar los tiempos de trabajo y minimizar los desperdicios. (Alomoto, 2014)

Con el estudio de tiempos se puede realizar una estimación del tiempo que un trabajador, en condiciones normales y con los recursos adecuados, tardaría en completar una tarea específica. Es importante considerar que tipo de operario se selecciona para el estudio, así como el tipo de interacción y comunicación con él, de forma que se pueda garantizar la precisión y la relevancia de los resultados obtenidos. (Villacres, 2018)

- **Selección del operario:** se recomienda seleccionar un trabajador de nivel medio o ligeramente por encima del promedio para realizar el estudio, ya que puede obtener resultados más representativos y satisfactorios que los obtenidos con un operario novato o altamente experimentado. (Escalante, 2009)
- **Trato con el operario:** se necesita mantener una relación amigable con el trabajador y comunicarle de forma precisa que su tarea será objeto de estudio, además se le debe brindar la oportunidad de realizar todas las preguntas que tenga sobre la toma de tiempos y el estudio que se llevará a cabo. (Escalante, 2009)

Pasos para el estudio de tiempos.

Según Villacres, (2018): el estudio de tiempos tiene varias fases, por lo que se detallan las siguientes fases:

- **Preparación:** se debe comprender los procesos por los cuales atraviesa el producto sujeto al estudio. Además, seleccionar a un operario que cuente con las habilidades y el conocimiento necesario para realizar las operaciones.

- **Ejecución:** en este paso se debe realizar la elección del método a emplearse, por lo que es importante registrar todos los datos de la operación que será objeto de estudio, se debe descomponer la tarea en elementos individuales, donde cada uno será sometido a medición para determinar el tiempo requerido para su ejecución
- **Valoración:** se debe identificar problemas y explorar posibles soluciones con el objetivo de mejorar los niveles de producción.

Estudio de tiempos con cronómetro

El uso de un cronómetro para realizar un estudio de tiempos se justifica en diversas situaciones: al iniciar una nueva operación, actividad o tarea; ante quejas de empleados o sus representantes sobre la duración de una operación; cuando se detectan demoras causadas por una operación lenta que afecta otras tareas; al establecer tiempos estándar para un sistema de incentivos; y frente a bajos rendimientos o largos periodos de inactividad en máquinas o grupos de máquinas. Esta técnica permite determinar con precisión, a partir de un número limitado de observaciones, el tiempo requerido para llevar a cabo una tarea conforme a una norma de rendimiento previamente establecida. (Bello et al., 2020)

Capítulo III

Diseño y construcción

Diseño del sistema

En este capítulo se propone agrupar y determinar el proceso de diseño y construcción de la contadora y selladora de cortes de tela. Se dará inicio comprendiendo las principales necesidades y los requerimientos dando lugar a los sistema y subsistemas a desarrollar en el proyecto planteado.

Planificación y factibilidad de diseño

Matriz de calidad

En la matriz de calidad se especifica y se analizan requerimientos y necesidades para definir las especificaciones técnicas de los sistemas que integran el sistema de conteo y sellado de cortes de tela, tomando en cuenta la importancia de los mismos.

Definición de las necesidades

Las necesidades son requerimientos del usuario, el cual, de acuerdo con la orientación del proyecto son dueños de pequeñas, medianas y grandes empresas que se dedican a la fabricación de ropa militar o similares, por lo cual se procede a establecer las especificaciones funcionales y conceptos que se requieren para el diseño final. En la tabla 1 se detallan las necesidades del presente proyecto.

Tabla 1

Necesidades del usuario

No.	Necesidad
1	Trabajo continuo de la banda
2	Trabajo continuo del sellado (Pistón)

No.	Necesidad
3	Económico
4	Fácil mantenimiento
5	Dimensión apta para cada corte
6	Repuestos accesibles dentro del país
7	Fácil control por el operador

Definición de especificaciones técnicas

En este punto es indispensable tomar en cuenta los requerimientos de las personas que realizan el conteo y sellado de los cortes de tela, con esto se define las especificaciones técnicas correspondientes. Como se presenta en la tabla 2, en donde se identifican las especificaciones expresadas de manera técnica.

Tabla 2

Especificaciones técnicas del proyecto

No.	Necesidad
1	Velocidad constante de la banda
2	Materiales de calidad
3	Funcionamiento continuo
4	Mantenimiento factible y rápido
5	Cumplimiento de la Normativa para el diseño
6	Componentes estandarizados
7	Manual de operación

Diseño y selección de elementos mecánicos de la banda transportadora

Los elementos y máquinas en un proceso de conteo y sellado de cortes de tela son de vital importancia debido a que los procesos se irán complementando con la parte de control, en esta sección se realizara el diseño y selección de los principales componentes.

Selección de la banda transportadora

Para el diseño de la banda transportadora, la misma que será la encargada de transportar los cortes de tela, se toma en cuenta el tipo de banda y el material.

Los tipos de bandas se refiere a la arquitectura y accionamientos de la misma, de acuerdo a lo mencionado se toma en cuenta dos tipos principales basados en el uso y en los requerimientos de longitud y peso.

Tabla 3

Características de las bandas

Tipo	Características	Imagen
Banda y mesa	Uso en productos empacados Transporte material liviano Menor peso de estructura Velocidad controlada Control de posición	
Rodillos	Uso para objetos grandes Transporte pesado Mayor volumen y peso de estructura Velocidad no controlada Mayor costo	

En consideración de las características de los dos tipos de bandas indicadas en la Tabla 3, no es necesario analizar la selección de criterios, esto debido a que hay solo dos opciones y

las características para el proyecto son claras, se necesita que la banda tenga una buena velocidad y posición controlada, por lo tanto, se escoge el tipo banda y mesa.

La banda seleccionada está compuesta por cuatro elementos principales, la estructura, la mesa, la carcasa (banda sin fin) y los tensores. Para cada uno de estos elementos se realiza un análisis de selección de materiales para determinar el más óptimo en función a las necesidades.

Análisis de la estructura de la banda

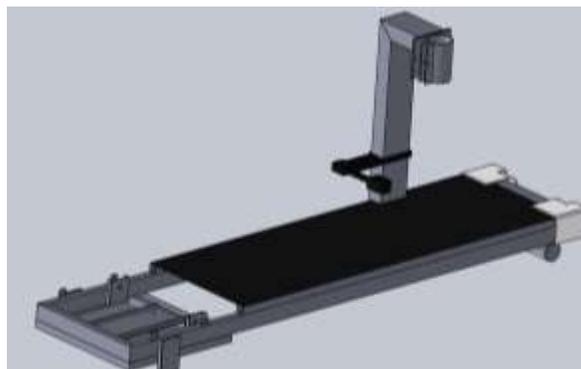
De acuerdo con los requerimientos necesarios para el transporte de cortes de tela y tomando en cuenta que son cortes pequeños, las dimensiones de la banda son:

- Longitud útil 117cm
- Ancho útil 17cm
- Longitud total 144cm
- Ancho total 30cm

En la figura 18, se evidencia el diseño CAD de la banda, la misma que consta de dos rieles paralelos que forman la estructura y dos rodillos que generan el movimiento a la banda sin fin.

Figura 19

Diseño CAD banda



Los rieles laterales están constituidos por dos perfiles tipo rectangular 4x2mm de acero al carbono ASTM A36, el cual se priorizó según se indica en la tabla 16, los rieles presentan una dimensión de 144cm de longitud, 4mm de alto y 2mm de ancho.

Rodillos

Los rodillos que son los que brinda el movimiento, guían y permiten cambios de dirección de la banda, están compuestos por un eje de acero y un rodillo con una cobertura de fibra de carbono, son de este material por su ligereza y resistencia, además de que brinda un menor desgaste en la banda, los rodillos se muestran en la figura 19.

El eje posee unas medidas de 12mm de diámetro y 260mm de longitud, por otro lado, el rodillo tiene las medidas de 40mm de diámetro y 200mm de longitud.

Figura 20

Eje y rodillo con cobertura de fibra de carbono



Banda sin fin

La banda es una capa que posee varios tejidos de fibras de poliéster y de resina sintética, estos tejidos son los que generan el movimiento además de que propagan la fuerza de tensión de los rodillos.

Selección del material de recubrimiento de la banda sin fin

Para la selección del material adecuado para el recubrimiento de la banda, se toma en cuenta aspectos importantes como:

- Bajo costo
- Elongación
- Disponibilidad

Tabla 4

Opciones de material

Opción	Característica
Caucho	Bajo costo
	Resistencia al desgaste
	Alta elongación
	Buena disponibilidad
Nylon	Medio costo
	Alta resistencia
	Elongación media
	Buena disponibilidad
Poliuretano	Alto costo
	Alta resistencia al desgaste
	Baja elongación
	Media disponibilidad

Para seleccionar el material adecuado para el recubrimiento de la banda, se inicia con la evaluación del peso específico de cada criterio propuesto.

Tabla 5*Evaluación de criterios*

Criterio	Bajo costo	Elongación	Disponibilidad	$\Sigma + 1$	Peso ponderado
Bajo costo		1	0	2	0.333
Elongación	1		0.5	2.5	0.416
Disponibilidad	0	0.5		1.5	0.25
TOTAL				6	1

Tabla 6*Evaluación del criterio bajo costo*

Bajo costo	Caucho	Nylon	Poliuretano	$\Sigma + 1$	Peso ponderado
Caucho		1	1	3	0.5
Nylon	0		1	2	0.33
Poliuretano	0	0		1	0.17
TOTAL				6	1

Tabla 7*Evaluación del criterio elongación*

Elongación	Caucho	Nylon	Poliuretano	$\Sigma + 1$	Peso ponderado
Caucho		1	1	3	0.5
Nylon	0		1	2	0.33
Poliuretano	0	0		1	0.17
TOTAL				6	1

Tabla 8*Evaluación del criterio disponibilidad*

Disponibilidad	Caucho	Nylon	Poliuretano	$\Sigma + 1$	Peso ponderado
Caucho		0.5	1	2.5	0.42
Nylon	0.5		1	2.5	0.42
Poliuretano	0	0		1	0.17
TOTAL				6	1

Terminada la evaluación de los criterios, se realiza la evaluación de la conclusión para seleccionar el mejor material para la banda.

Tabla 9*Evaluación de la conclusión*

Conclusión	Bajo costo	Elongación	Disponibilidad	Σ	Prioridad
Caucho	0.50x0.333	0.50x0.416	0.42x0.25	0.479	1
Nylon	0.33x0.333	0.33x0.416	0.42x0.25	0.352	2
Poliuretano	0.17x0.333	0.17x0.416	0.17x0.25	0.169	3

Con el análisis final, la mejor opción para el material de recubrimiento de la banda es el caucho ya que al tener un diseño antiadherente evita que los cortes de tela se peguen a la banda facilitando su transporte y liberación. En la tabla 10 se detalla las características finales de la banda.

Tabla 10*Características finales de la banda*

Característica	Descripción
Material	Caucho
Color	Negro
Acabado	Texturizada
Espesor	2mm
Peso	1kg

Selección del material para la mesa de la banda

La selección del material es de suma importancia ya que tiene que cumplir con los requerimientos necesarios, la alternativa más adecuada en base a los criterios de:

- Bajo peso
- Mayor durabilidad
- Bajo precio

Las alternativas y sus características que van hacer analizadas se encuentran en la siguiente tabla

Tabla 11*Alternativas de material*

Alternativa	Características
	Peso medio
Acero al carbono	Alta durabilidad
	Costo bajo

Alternativa	Características
	Peso bajo
Aluminio	Media durabilidad
	Costo medio
Polímeros	Liviano
reforzados con	Alta durabilidad
fibra de vidrio	Costo alto

Se inicia con la obtención del peso específico de cada criterio propuesto anteriormente, como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12

Evaluación de criterios

Criterio	Peso	Durabilidad	Precio	$\Sigma + 1$	Peso ponderado
Peso		0.5	0	1.5	0.25
Durabilidad	0.5		0.5	2	0.333
Precio	1	0.5		2.5	0.416
TOTAL				6	1

Con la evaluación de criterios, se procede con el cálculo de la ponderación específica de cada alternativa.

Tabla 13*Evaluación del criterio bajo peso*

Peso	Acero al carbono	Aluminio	Polímeros reforzados con fibras de vidrio	$\Sigma + 1$	Peso ponderado
Acero al carbono		0	0	1	0.16
Aluminio	1		0.5	2.5	0.41
Polímeros reforzados con fibras de vidrio	1	0.5		2.5	0.41
TOTAL				6	1

Tabla 14*Evaluación del criterio durabilidad*

Durabilidad	Acero al carbono	Aluminio	Polímeros reforzados con fibras de vidrio	$\Sigma + 1$	Peso ponderado
Acero al carbono		1	0.5	2.5	0.41
Aluminio	0		0	1	0.16
Polímeros reforzados con fibras de vidrio	0.5	1		2.5	0.41
TOTAL				6	1

Tabla 15*Evaluación del criterio bajo precio*

Precio	Polímeros			$\Sigma + 1$	Peso ponderado
	Acero al carbono	Aluminio	reforzados con fibras de vidrio		
Acero al carbono		1	1	3	0.5
Aluminio	0		0.5	1.5	0.25
Polímeros reforzados con fibras de vidrio	0	0.5		1.5	0.25
TOTAL				6	1

En la tabla 16 se representa el análisis final para la selección del material adecuado para la banda.

Tabla 16*Evaluación de la conclusión*

Conclusión	Peso	Durabilidad	Precio	Σ	Prioridad
Acero al carbono	0.16x0.25	0.41x0.333	0.50x0.416	0.384	1
Aluminio	0.41x0.25	0.16x0.333	0.25x0.416	0.259	3
Polímeros reforzados con fibras de vidrio	0.41x0.25	0.41x0.333	0.25x0.416	0.343	2

Con el análisis final, el material adecuado para la mesa de la banda es el acero al carbono ya que tiene propiedades mecánicas, resistencia y disponibilidad y se adapta con las necesidades requeridas.

Diseño y selección de elementos eléctricos de la banda transportadora

Diseño del motor

Para seleccionar correctamente el motor es necesario tomar en cuenta las características técnicas de la banda, siendo estas la capacidad de transporte, la tensión y la fuerza que ejerce en los rodillos.

Capacidad de transporte

La capacidad de transporte según (Ortiz Armendariz & Paredes Bravo, 2021) se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$Q_t = 3600 \times v \times A \times p \times k$$

En donde:

v = Velocidad de la banda $0.2m/s$

A = Área transversal del material $2 \times 10^{-5}m^2$

p = Densidad del material $1.54 TON/m^3$

k = Coeficiente de inclinación 1

Reemplazando los datos se obtiene que:

$$Q_t = 3600 \times 0.2 \times 2 \times 10^{-5} \times 1.54 \times 1 = 0.022ton$$

$$Q_t = 0.022TON/h$$

El resultado de $0.022TON/h$ es la capacidad máxima a la cual la banda puede funcionar, esta carga puede mantenerse o ser menor al valor obtenido.

Fuerzas en la banda

Para el análisis de la fuerza en la banda, se toma en cuenta tres aspectos en los cuales la banda va a transportar un objeto de un lado a otro, siendo estas:

- Banda sin carga
- Banda con carga
- Elevación de carga

Primero se calcula la fuerza de la banda sin carga mediante la siguiente ecuación. (Ortiz Armendariz & Paredes Bravo, 2021)

$$F_1 = C \times f \times L \times G \times g$$

En donde:

F_1 = Fuerza de la banda sin carga

C = Factor de fricción de la longitud de la banda

f = Factor de fricción de los elementos

G = Peso de los componentes móviles

g = Aceleración de la gravedad

El factor de fricción de la longitud de la banda según (ingemecánica, 2012), se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$C = 15.9 \times L^{-0.61} + 0.77$$

En donde:

$L =$ Longitud útil de la banda $1.17m$

$$C = 15.9 \times 1.17^{-0.61} + 0.77 = 15.21$$

Para determinar el coeficiente de fricción de los elementos se usa la tabla 17, la cual muestra los valores de fricción para elementos giratorios dependiendo de su funcionamiento.

Tabla 17

Coeficiente de fricción de elementos giratorios

Características	Coeficiente f
Rodillos de marcha suave y pequeña de fricción interna del material	0.017
Bandas transportadoras con ambiente normal de trabajo	0.020
Condiciones de marcha en mala condición, polvo, sobrecarga	0.023 – 0.030
Transporte descendente que requiere frenado del motor	0.012

Como la banda va a estar en un ambiente normal y con base en los datos determinados se escoge el coeficiente de $f = 0.020$.

El valor del peso de las partes móviles G toma en cuenta todos los elementos que la banda mueve a través de la siguiente ecuación. (Ortiz Armendariz & Paredes Bravo, 2021)

$$G = 2G_b + \frac{G_{ro}}{S_1}$$

En donde:

$G =$ Peso de las partes móviles

$G_b =$ Peso de la banda

$G_{ro} =$ Peso de los rodillos

S_1 = Espacio entre los rodillos

$$G = 2(1) + \frac{1.5}{1.17}$$

$$G = 2.98 \frac{kg}{m}$$

Se reemplaza los datos en la ecuación de la fuerza de la banda sin carga

$$F_1 = 15.21 \times 0.020 \times 1.17m \times 2.98 \frac{kg}{m} \times 9.81 \frac{m}{s^2} = 10.40N$$

Luego se calcula la fuerza necesaria para mover una carga y romper la inercia de los elementos de la banda.

$$F_2 = \left(\frac{C \times f \times L \times Q_t}{3.6 \times v} \right) \times g$$

$$F_2 = \left(\frac{15.21 \times 0.020 \times 1.17m \times 0.022TON/h}{3.6 \times 0.2m/s} \right) \times 9.81 \frac{m}{s^2} = 0.10N$$

Torque para mover la banda

$$\tau = F_t \times d$$

$$\tau = 10.5N \times 0.04m = 0.42Nm$$

Potencia de la banda

$$P = \frac{F_1 + F_2}{1000} \times v + P_s$$

El valor de P_s se calcula a partir de la velocidad y longitud de la banda

$$P_s = 0.08 \times 0.2 \frac{m}{s} \times 1.17m = 0.018kW$$

Reemplazando en la ecuación de la potencia de la banda se obtiene:

$$P = \frac{10.40 + 0.10}{1000} \times 0.2 + 0.018 = 0.020kW = 20W$$

Esta potencia de 20W es la requerida para poder mover los elementos que están encima de la banda y las fuerzas adicionales de los mecanismos de la banda.

Con la potencia de la banda se calcula la potencia necesaria para el motor la cual está dada por la siguiente ecuación

$$P_T = \frac{P}{n \times e}$$

En donde:

n = Eficiencia eléctrica del motor

e = Eficiencia de la transmisión

Se considera la eficiencia de 0.85 ya que la eficiencia de un motor eléctrico se considera entre el 80% y el 90%.

Para la eficiencia de la transmisión se toma en cuenta diferentes tipos de configuraciones de movimiento como se muestra en la tabla 18.

Tabla 18

Eficiencia mecánica de transmisión

Tipo	Eficiencia
Polea V	94%
Catalina y cadena	93%
Engrane helicoidales	95%
Tornillo sin fin	90%
Engranés rectos	90%

En base a nuestra aplicación se selecciona la transmisión por polea en V, ya que debido al uso de correas son menos susceptibles a daños por impacto y se puede variar su velocidad cambiando el diámetro de las poleas. La polea en V tiene una eficiencia del 94%, es decir $e = 0.94$

Al reemplazar los datos en la ecuación de la potencia necesaria para el motor, se obtiene que:

$$P_T = \frac{20W}{0.85 \times 0.94} = 25.03W$$

Tensión de trabajo de la banda

- Estado estacionario

En estado estacionario hay que tener en cuenta la fuerza tangencial la cual es la que genera el movimiento en el tambor motriz a la banda misma que se calcula mediante la siguiente ecuación. (ingemecánica, 2012)

$$F_t = \frac{1000 \times P_T}{v}$$

Con los datos obtenidos anteriormente se tiene que:

$$P_T = 0.0253kW$$

$$v = 0.2 \frac{m}{s}$$

Colocando los datos calculados se obtiene la fuerza tangencial,

$$F_t = \frac{1000 \times 0.02503kW}{0.2 \frac{m}{s}} = 125.15N$$

Con la fuerza tangencial se calcula las tensiones en cada ramal de la banda, es decir a los dos lados del tambor motriz.

La ecuación de Euler-Eytelwein formula que la relación entre las dos tensiones de cada ramal de la banda. (ingemecánica, 2012)

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\mu \cdot \alpha}$$

En donde,

T_1 = Tensión del lado más tenso de la banda

T_2 = Tensión del lado menos tenso de la banda

μ = Coeficiente de fricción entre la banda y la superficie del tambor $\mu = 0.35$

α = Ángulo de contacto entre la banda y el tambor motriz π *radianes*

También se considera la fuerza tangencial como la diferencia entre las tensiones tanto del lado flojo y del lado tenso de la banda, entonces:

$$T_1 = F_t + T_2$$

Con estas dos ecuaciones se arma un sistema de ecuaciones como se observa a continuación,

$$\begin{cases} T_1 = 125.15 + T_2 & (1) \\ T_1 = T_2 \cdot e^{0.35 \cdot \pi} & (2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_1 = 125.15 + T_2 & (1) \\ T_1 = 3.002T_2 & (2) \end{cases}$$

Reemplazando la ecuación 2 en la ecuación 1, se tiene que:

$$3.002T_2 = 125.15 + T_2$$

$$3.002T_2 - T_2 = 125.15$$

$$(3.002 - 1)T_2 = 125.15$$

$$T_2 = \frac{125.15}{3.002 - 1}$$

$$T_2 = 62.51N$$

T2 es la tensión del lado menso tenso de la banda y ese resultado se reemplaza en la ecuación 1 y se obtiene la tensión del lado más tenso de la banda T1

$$T_1 = 125.15 + 62.51$$

$$T_1 = 187.66N$$

- Estado no estacionario

A medida que se va ejecutando el arranque este crea picos de tensiones que necesitan ser calculados para lograr a comprobar la resistencia de la banda. (ingemecánica, 2012)

Para calcular la fuerza tangencial en el arranque se lo realiza mediante la siguiente ecuación:

$$F_{tA} = 1.6 \cdot F_t$$

$$F_{tA} = 1.6 \cdot 125.15N = 200.24N$$

Es necesario también tomar en cuenta el coeficiente de fricción que ocurre durante los primeros momentos de arranque del motor y se calcula mediante:

$$\mu_A = \mu + 0.05$$

$$\mu_A = 0.35 + 0.05 = 0.4$$

Una vez obtenido el coeficiente de fricción, se ose reemplaza y se obtiene las tensiones en los ramales de la banda en el tiempo de arranque del motor.

$$T_{1A} = \frac{F_{tA} \cdot e^{\mu \cdot \alpha}}{e^{\mu \cdot \alpha} - 1}$$

$$T_{2A} = \frac{F_{tA}}{e^{\mu \cdot \alpha} - 1}$$

Reemplazando los valores obtenidos en las ecuaciones anteriores, se obtienen las tensiones durante el arranque en cada ramal de la banda.

$$T_{1A} = \frac{200.24 \cdot 3.002}{3.002 - 1} = 300.26N$$

$$T_{2A} = \frac{200.24}{3.002 - 1} = 100.02N$$

Selección del Motor

Se selecciona la alternativa más adecuada en base a los criterios de:

- Bajo costo
- Torque
- Complejidad de control

Las alternativas de motores que van hacer analizadas se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 19

Alternativas de motor

Alternativa	Características
Motor paso a paso	Bajo costo
	Par motor bajo
	Fáciles de controlar
Motor DC	Costo medio
	Par motor alto
	Control depende de su diseño

Alternativa	Características
Servomotor	Alto costo
	Par motor alto
	Requieren configuración avanzada para controlar

Tabla 20*Evaluación de criterios*

Criterio	Costo	Torque	Complejidad de control	$\Sigma + 1$	Peso ponderado
Costo		0.5	0.5	2	0.333
Torque	0.5		0	1.5	0.25
Complejidad de control	0.5	1		2.5	0.416
TOTAL				6	1

Tabla 21*Evaluación del criterio bajo costo*

Bajo costo	Paso a paso	Motor DC	Servomotor	$\Sigma + 1$	Peso ponderado
Motor paso a paso		1	1	3	0.5
Motor DC	0		1	2	0.33
Servomotor	0	0		1	0.16
TOTAL				6	1

Tabla 22*Evaluación del criterio torque*

Torque	Paso a paso	Motor DC	Servomotor	$\Sigma + 1$	Peso ponderado
Motor paso a paso		0	0	1	0.16
Motor DC	1		0.5	2.5	0.41
Servomotor	1	0.5		2.5	0.41
TOTAL				6	1

Tabla 23*Evaluación del criterio complejidad de control*

Complejidad de control	Paso a paso	Motor DC	Servomotor	$\Sigma + 1$	Peso ponderado
Motor paso a paso		1	1	3	0.5
Motor DC	0		0.5	1.5	0.25
Servomotor	0	0.5		1.5	0.25
TOTAL				6	1

Una vez que se termina de realizar la evaluación de los diferentes criterios, en la tabla 24 se representa el análisis final en donde se evidencia el material adecuado para la banda.

Tabla 24*Evaluación de la conclusión*

Conclusión	Costo	Torque	Complejidad de control	Σ	Prioridad
Motor paso a paso	0.5x0.333	0.16x0.25	0.50x0.416	0.414	1
Motor DC	0.33x0.25	0.41x0.333	0.25x0.416	0.323	2
Servomotor	0.16x0.25	0.41x0.333	0.25x0.416	0.280	3

Con el análisis final se obtiene que el motor que mejor se acomoda a las necesidades es un motor paso a paso, el mismo que de acuerdo a las características de la banda calculados se selecciona un NEMA 23 con caja reductora.

Figura 21*Motor NEMA 23 PH266-01GK*

Nota. Tomado de (Mouser Electronics, 2023)

Figura 22

Driver TB6560 para motor paso a paso NEMA 23



Nota. Tomado de (UNIT Electronics, 2024)

Tabla 25

Características del motor paso a paso NEMA 23

Característica	Descripción
Modelo	PH266-01GK
Corriente/fase	1.2A
Voltaje	6V
Voltaje driver	12V/24V
Ángulo de paso	1.8°
Torque	0.588Nm – 6kg.cm
Velocidad	3000rpm

El torque calculado para mover la banda es de 0.42Nm, entonces el motor puede tener más o igual torque. El torque del motor es de 0.588Nm entonces se ajusta a la necesidad para mover la banda.

Selección del Microcontrolador

Este es el encargado de controlar el sistema de conteo y sellado de los cortes de tela por ello se selecciona la alternativa más adecuada en base a los criterios de:

- Consumo de energía
- Facilidad de uso
- Costo

Tabla 26

Alternativas de microcontroladores

Alternativa	Características
Arduino	Consumo de energía bajo Programación sencilla Económico Número limitado de E/S
ESP32	Consumo de energía moderado Programación media compleja Costo bajo Gran cantidad de pines de E/S
PLC	Consumo de energía eficiente Programación compleja Costo alto Variedad de modelos

Con las alternativas seleccionadas se procede a realizar la evaluación de criterios para luego proceder a realizar la evaluación de cada uno de los criterios con cada uno de las alternativas escogidas.

Tabla 27

Evaluación de criterios

Criterio	Consumo de energía	Facilidad de uso	Costo	$\Sigma + 1$	Peso ponderado
Consumo de energía		0.5	1	2.5	0.416
Facilidad de uso	0.5		1	2.5	0.416
Costo	0	0		1	0.166
TOTAL				6	1

Tabla 28

Evaluación del criterio consumo de energía

Consumo de energía	Arduino	ESP32	PLC	$\Sigma + 1$	Peso ponderado
Arduino		1	1	3	0.50
ESP32	0		1	2	0.33
PLC	0	0		1	0.16
TOTAL				6	1

Tabla 29*Evaluación del criterio facilidad de uso*

Facilidad de uso	Arduino	ESP32	PLC	$\Sigma + 1$	Peso ponderado
Arduino		1	1	3	0.50
ESP32	0		0.5	1.5	0.25
PLC	0	0.5		1.5	0.25
TOTAL				6	1

Tabla 30*Evaluación del criterio costo*

Costo	Arduino	ESP32	PLC	$\Sigma + 1$	Peso ponderado
Arduino		0.5	1	2.5	0.41
ESP32	0.5		1	2.5	0.41
PLC	0	0		1	0.16
TOTAL				6	1

Tabla 31*Evaluación de la conclusión*

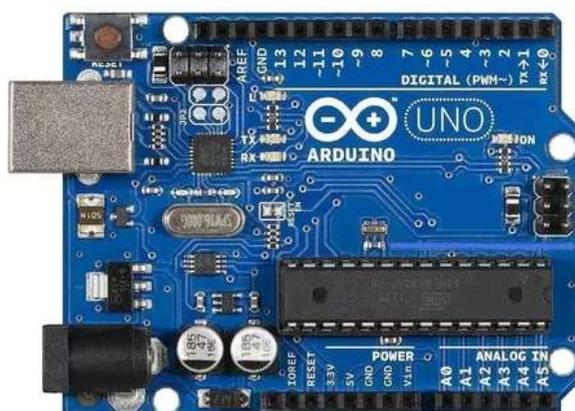
Conclusión	Consumo de energía	Facilidad de uso	Costo	Σ	Prioridad
Arduino	0.50x0.416	0.50x0.416	0.41x0.166	0.484	1
ESP32	0.33x0.416	0.25x0.416	0.41x0.166	0.309	2
PLC	0.16x0.416	0.25x0.416	0.16x0.166	0.197	3

Con la tabla de conclusiones final se obtiene que el microcontrolador que más cumple con los requerimientos para controlar el sistema completo es el Arduino UNO, esto debido a que permite realizar ajustes rápidos con respecto a la lógica de control, además de probar ajustes sin la exigencia de estar en un entorno industrial específico.

En diferencia con un PLC, el Arduino tiene la capacidad de desarrollar y experimentar de manera pronta el rendimiento del sistema, haciendo más fácil la adaptación a posibles cambios según los requerimientos necesarios.

Figura 23

Arduino UNO



Nota. Tomado de (Arduino, 2023)

Tabla 32

Características del Arduino UNO

Característica	Descripción
Microcontrolador	ATMega328P
Velocidad reloj	16MHz
Voltaje	5V

Característica	Descripción
Voltaje de entrada	7.5 a 12V
Pinout	14 pines digitales y 6 analógicos
Memoria	32KB

Diseño y selección de los elementos mecánicos del separador de cortes de telas

Para el separador se utiliza dos rodillos los cuales al generar el movimiento separan los bloques de cortes de tela uno a uno enviándolos a la banda transportadora para ser sellados.

Los rodillos del separador están compuestos por un eje y un rodillo impresos en material PLA, como se observa en la figura 24. El eje posee unas medidas de 13mm de diámetro y 253.5mm de longitud, por otro lado, el rodillo tiene las medidas de 26mm de diámetro y 16mm de longitud.

Figura 24

Eje y rodillo del separador



Rodillos del separador

Este elemento se constituye dentro del separador como el encargado de enviar uno a uno los cortes de tela a la banda, por ello el material de recubrimiento de los rodillos es importante para que puedan realizar este trabajo.

Selección del material de recubrimiento de los rodillos del separador

Para la selección del material de recubrimiento de los rodillos se toma en cuenta factores importantes como:

- Agarre y tracción
- Resistencia al desgaste
- Costo

Tabla 33

Opciones de material

Opción	Característica
Caucho	Agarre y tracción eficaz
	Bajo costo
	Buena resistencia al desgaste
	Buena resistencia a temperaturas
Metal	Agarra y tracción menor
	Alto costo
	Buena resistencia al desgaste
	Alta resistencia a la temperatura
Poliuretano	Agarre y tracción eficaz
	Medio costo
	Buena resistencia al desgaste
	Buena resistencia a la temperatura

Para seleccionar el material adecuado para el recubrimiento del rodillo, se inicia con la evaluación del peso específico de cada criterio propuesto.

Tabla 34*Evaluación de criterios*

Criterio	Agarre y tracción	Resistencia al desgaste	Costo	$\Sigma + 1$	Peso ponderado
Agarre y tracción		1	1	3	0.5
Resistencia al desgaste	0		0.5	1.5	0.25
Costo	0	0.5		1.5	0.25
TOTAL				6	1

Tabla 35*Evaluación del criterio agarre y tracción*

Agarre y tracción	Caucho	Metal	Poliuretano	$\Sigma + 1$	Peso ponderado
Caucho		1	0.5	2.5	0.41
Metal	0		0	1	0.16
Poliuretano	0.5	1		2.5	0.41
TOTAL				6	1

Tabla 36*Evaluación del criterio resistencia al desgaste*

Resistencia al desgaste	Caucho	Metal	Poliuretano	$\Sigma + 1$	Peso ponderado
Caucho		0.5	0.5	2	0.33
Metal	0.5		0	1.5	0.25
Poliuretano	0.5	1		2.5	0.41
TOTAL				6	1

Tabla 37*Evaluación del criterio costo*

Costo	Caucho	Metal	Poliuretano	$\Sigma + 1$	Peso ponderado
Caucho		1	1	3	0.5
Metal	0		0	1	0.16
Poliuretano	0	1		2	0.33
TOTAL				6	1

En la tabla 38 se representa el análisis final para la selección del recubrimiento del rodillo.

Tabla 38*Evaluación de la conclusión*

Conclusión	Agarre y tracción	Resistencia al desgaste	Costo	Σ	Prioridad
Caucho	0.41x0.50	0.33x0.25	0.50x0.25	0.412	1
Metal	0.16x0.50	0.25x0.25	0.16x0.25	0.182	3
Poliuretano	0.41x0.50	0.41x0.25	0.33x0.25	0.390	2

Con el análisis final, el material para el recubrimiento de los rodillos es de caucho siendo este la mejor opción para la necesidad requerida la cual es separar los bloques de corte de tela de uno en uno. En la tabla 39 se detalla las características finales de los dos rodillos del separado.

Tabla 39

Características finales de los rodillos del separador

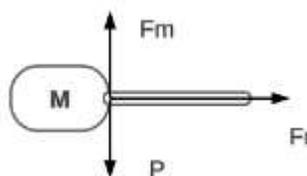
Característica	Descripción
Material	Caucho
Color	Gris
Acabado	Texturizada
Espesor	2.5mm
Peso	1.5kg

Diseño y selección del motor del separador de cortes de telas

Para el diseño del motor se calcula la fuerza, la misma que representa la capacidad del motor para aplicar una carga o mover un objeto. Se calcula la fuerza del motor, para ello se analiza el diagrama de la figura

Figura 25

Diagrama de cuerpo libre de las fuerzas del motor



$$\sum F_x = 0$$

La sumatoria de fuerzas en x es igual a cero ya que la única fuerza que actúa es la de fricción y se hace cero.

$$\sum F_y = 0$$

$$Fm - P = 0$$

$$Fm = m \times g$$

$$Fm = 0.032kg \times 9.81 \frac{m}{s^2} = 0.31N$$

Obtenida la fuerza necesaria, se calcula el torque con la siguiente ecuación,

$$\tau = Fm \times d$$

$$\tau = 0.31N \times 0.039m = 0.012Nm$$

El torque de 0.012Nm obtenido es el que se debe sobrepasar para que se pueda generar movimiento.

En base a los datos calculados el motor que cumple con características necesarias para mover el rodillo del separador de cortes de tela es un motor reductor 25GA370, en la tabla se observa las características del mismo.

Figura 26

Motor reductor 25GA370



Nota: Tomado de (Megatronica, 2023)

Tabla 40*Características finales del motor reductor 25GA370*

Característica	Descripción
Torque	0.22kgf.cm
Velocidad	620rpm
Voltaje	12V
Corriente	0.45A
Peso	83.9g

Diseño y selección del actuador lineal del sellador de cortes de tela

Se selecciona la alternativa más adecuada para el sellado de los cortes de tela en base a los criterios de:

- Precisión
- Repetibilidad
- Costo

Las alternativas de actuadores lineales que van hacer analizadas se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 41*Alternativas de actuadores lineales*

Alternativa	Características
	Precisión moderada
Neumáticos	Repetibilidad variable
	Bajo costo

Alternativa	Características
Hidráulicos	Precisión alta
	Buena repetibilidad
	Costo alto
Eléctricos	Precisión alta
	Buena repetibilidad
	Costo medio

Tabla 42*Evaluación de criterios*

Criterio	Precisión	Repetibilidad	Costo	$\Sigma + 1$	Peso ponderado
Precisión		0.5	1	2.5	0.416
Repetibilidad	0.5		1	2.5	0.416
Costo	0	0		1	0.166
TOTAL				6	1

Tabla 43*Evaluación del criterio precisión*

Precisión	Neumático	Hidráulico	Eléctrico	$\Sigma + 1$	Peso ponderado
Neumático		0	0	1	0.16
Hidráulico	1		0.5	2.5	0.41
Eléctrico	1	0.5		2.5	0.41
TOTAL				6	1

Tabla 44*Evaluación del criterio repetibilidad*

Repetibilidad	Neumático	Hidráulico	Eléctrico	$\Sigma + 1$	Peso ponderado
Neumático		0	0	1	0.16
Hidráulico	1		0.5	2.5	0.41
Eléctrico	1	0.5		2.5	0.41
TOTAL				6	1

Tabla 45*Evaluación del criterio costo*

Costo	Neumático	Hidráulico	Eléctrico	$\Sigma + 1$	Peso ponderado
Neumático		1	1	3	0.5
Hidráulico	0		0	1	0.16
Eléctrico	0	1		2	0.33
TOTAL				6	1

En la tabla 46 se representa el análisis final para la selección del actuador lineal que mejor se ajusta a la necesidad requerida.

Tabla 46*Evaluación de la conclusión*

Conclusión	Precisión	Repetibilidad	Costo	Σ	Prioridad
Neumático	0.16x0.416	0.16x0.416	0.50x0.166	0.216	3
Hidráulico	0.41x0.416	0.41x0.416	0.16x0.166	0.367	2
Eléctrico	0.41x0.416	0.41x0.416	0.33x0.166	0.390	1

Con el análisis final se obtiene que el actuador que más cumple con los requerimientos para la etapa del sellado de los cortes de tela es el eléctrico ya que son de gran precisión y capaces de realizar movimientos controlados y repetitivos. Bajo este análisis se selecciona un actuador lineal Mirco como se observa en la figura 27.

Figura 27

Actuador lineal Mirco



Nota. Tomado de (EBay, 2022)

Tabla 47

Características del actuador lineal

Característica	Descripción
Modelo	Mirco
Protección	IP54
Corriente/fase	3.5A
Voltaje	24Vdc
Velocidad	230mm/s
Capacidad de carga	50N
Ciclo de trabajo	25%

Figura 28

Módulo puente H BTS-7960 para el actuador lineal



Nota. Tomado de (Megatronica, 2023)

Tabla 48

Características BTS-7960

Característica	Descripción
Modelo	BTS7960
Protección	Sobre corriente
Corriente máxima	43A
Voltaje	5.5 – 27 V
Señal PWM	Dos canales
Frecuencia de reloj	25KHz

Diseño y selección del sensor para el conteo de cortes de tela

Se calcula el espesor de tela teniendo en cuenta las siguientes características:

- Medidas del corte: 10x10cm
- Superficie: 0.01 m²

- Peso por unidad de superficie: $10 \frac{oz}{yd^2}$

$$Peso = \left(\frac{\text{Peso po unidad de superficie}}{\text{Superficie por unidad}} \right) \times \text{Superficie del corte}$$

$$Peso = \left(\frac{10 \frac{oz}{yd^2}}{\frac{10 \times 10 \text{ cm}^2}{10000}} \right) \times 0.01 \text{ m}^2 = 283.5g$$

Para las medidas de los cortes de tela se usa la Norma ISO 3932-1976(E) Textiles, tejidos y medidas de ancho de piezas, en la cual detalla que los bolsillos de la chaqueta, ternos, camisas, camisetas y ropa militar deben tener las medidas de 10x10cm tomando en cuenta los pecheros con tapa.

Para seleccionar el sensor se toma en cuenta que los cortes de tela son pequeños los mismo que tienen un espesor de 0.2 g, también se considera que el sensor no tiene que entrar en contacto directo con los cortes de tela para detectarlos y que la detección de los cortes debe ser rápida. En base a los datos y características mencionadas, el sensor que mejor cumple con las necesidades propuestas es el sensor ultrasónico ya que puede detectar variedad de materiales incluyendo telas sin importar el color o la transparencia del material, además de que este tipo de sensor tiene un amplio rango de operación por lo que permite adaptarse a diferentes tamaños y grosores de tela.

Figura 29

Sensor ultrasónico



Nota. Tomado de (Megatronica, 2023)

Diseño mecánico general de la estructura de conteo y sellado

Para el desarrollo del diseño mecánico de la estructura se ha usado el software SolidWorks, esto debido a que es un programa que permite crear y ensamblar diversas piezas, además de generar el análisis de esfuerzos de los componentes, ingresando el material y características mecánicas correspondientes.

Para garantizar el funcionamiento de la estructura es necesario constituir un factor de seguridad acorde. Para determinar ese factor se utiliza la siguiente tabla,

Figura 30

Factores para el coeficiente de seguridad

Tabla A-3 Factores para determinar el coeficiente de seguridad en materiales dúctiles		
Información	Calidad de la información	Factor
		<u>F1</u>
	Se utilizó material real para la prueba	1.3
Datos de las propiedades del material obtenidos con pruebas	Están disponibles los datos de prueba del material representativo	2
	Están disponibles los datos de prueba del material aceptablemente representativo	3
	Están disponibles los datos de prueba del material poco representativo	5+
		<u>F2</u>
Condiciones ambientales donde se utilizará	Son idénticas a las condiciones de las pruebas del material	1.3
	Condiciones de temperatura ambiente	2
	Ambiente moderadamente exigente	3
	Ambiente extremadamente exigente	5+
		<u>F3</u>
Modelos analíticos de carga y esfuerzo	Los modelos se han probado con experimentos	1.3
	Los modelos representan exactamente el sistema	2
	Los modelos representan aproximadamente el sistema	3
	Los modelos son aproximaciones burdas del sistema	5+

Para seleccionar el factor de seguridad se toma en cuenta la calidad de información, en base a esto se selecciona el mayor resultante de los tres tipos de factores.

Según (Norton, 2019) en situaciones de cargas estáticas, los materiales frágiles se diseñan con relación a la resistencia máxima, en base a ello el factor de seguridad dado a los

materiales quebradizos será el doble del que te daría a un material dúctil sometido a la misma carga.

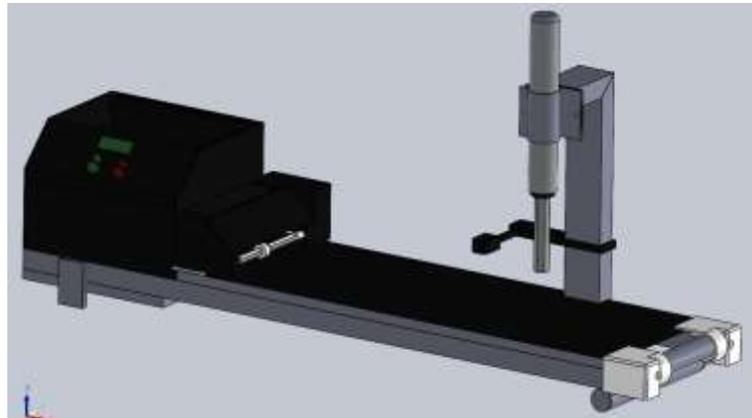
$$N_{frábil} = 2 * Max(F_1, F_2, F_3)$$

Diseño CAD de la estructura

Se observa en la figura 31 el diseño CAD general del sistema de conteo y sellado, teniendo cada una de las etapas, partiendo desde la parte izquierda en donde se tiene el panel de control, dentro de la misma los componentes electrónicos, así mismo en su parte inferior se encuentra la transmisión de la banda a través de una polea la cual se mueve gracias un motor a pasos, seguido del panel se tiene la etapa de separado de los cortes de tela, en donde su parte principal es el rodillo que posee internamente y finalmente como se observa se tiene el sensor y el pistón que se encarga del sellado.

Figura 31

Ensamble general



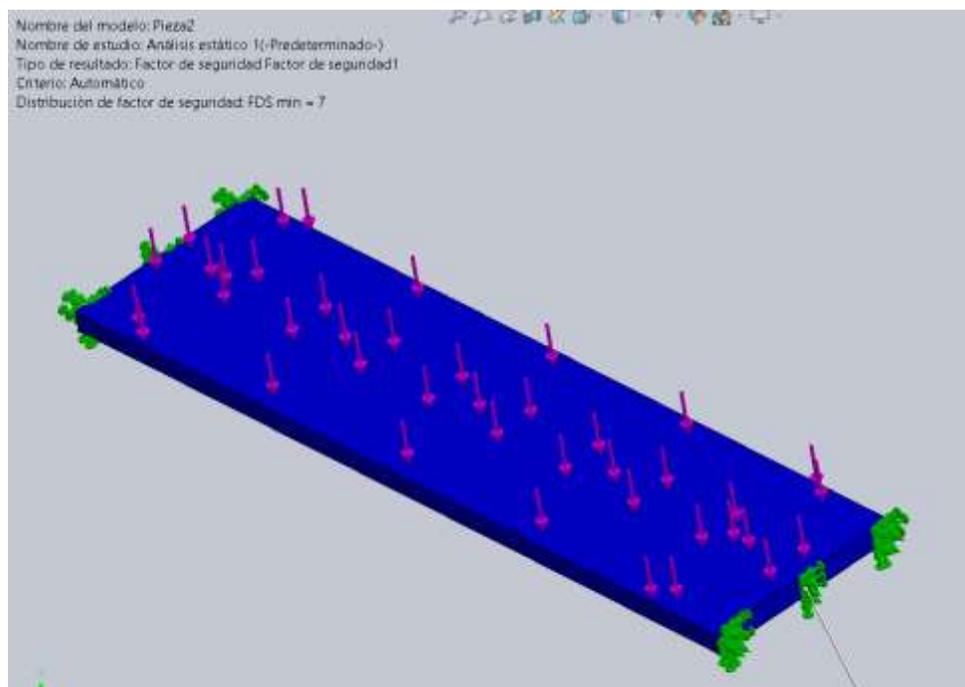
Seguidamente se realizará el análisis estático de dos componentes que son posiblemente los más relevantes en cuanto a soportar cargas o ser sometidos a estrés, aunque el sistema en si no contempla grandes esfuerzos, debido a que el material a transportar es muy liviano pues son bloques de 10 cortes de tela.

Diseño de la base de la banda

Si bien la base de la banda nos sirve de cama para la misma es muy importante denotar que, aunque esta no será expuesta a gran cantidad de esfuerzo es importante denotar que puede ser objeto de algún tipo de presión ejercida por el operador, por ello se considera una fuerza ejercida promedio de 34.3 N.

Figura 32

Análisis de estrés de la base de la banda



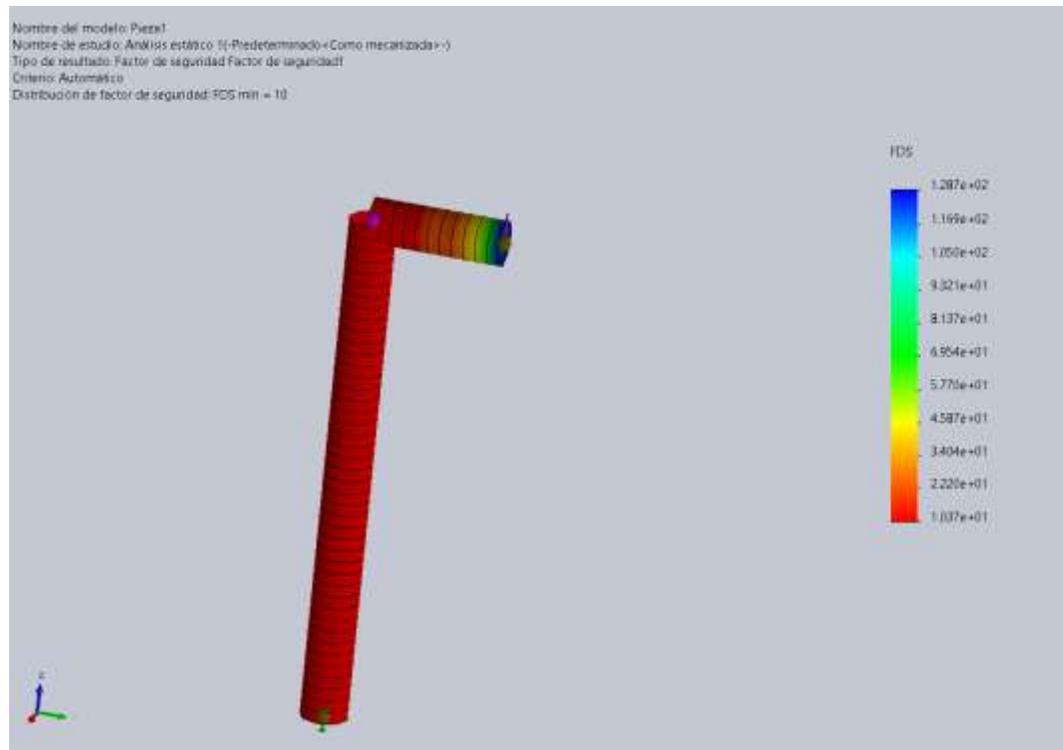
Se puede observar que el factor de seguridad es 7 por lo cual se determina que la base no fallara.

Diseño de soporte para el pistón

Debido a que el pistón necesitar estar colocado se manera estable, ya que el mismo se encargara del sellado de las telas, y este tiene un peso considerable, se calcula que el soporte deberá soportar al menos 12.3N que corresponden a la fuerza ejercida por el peso.

Figura 33

Análisis de estrés soporte del pistón



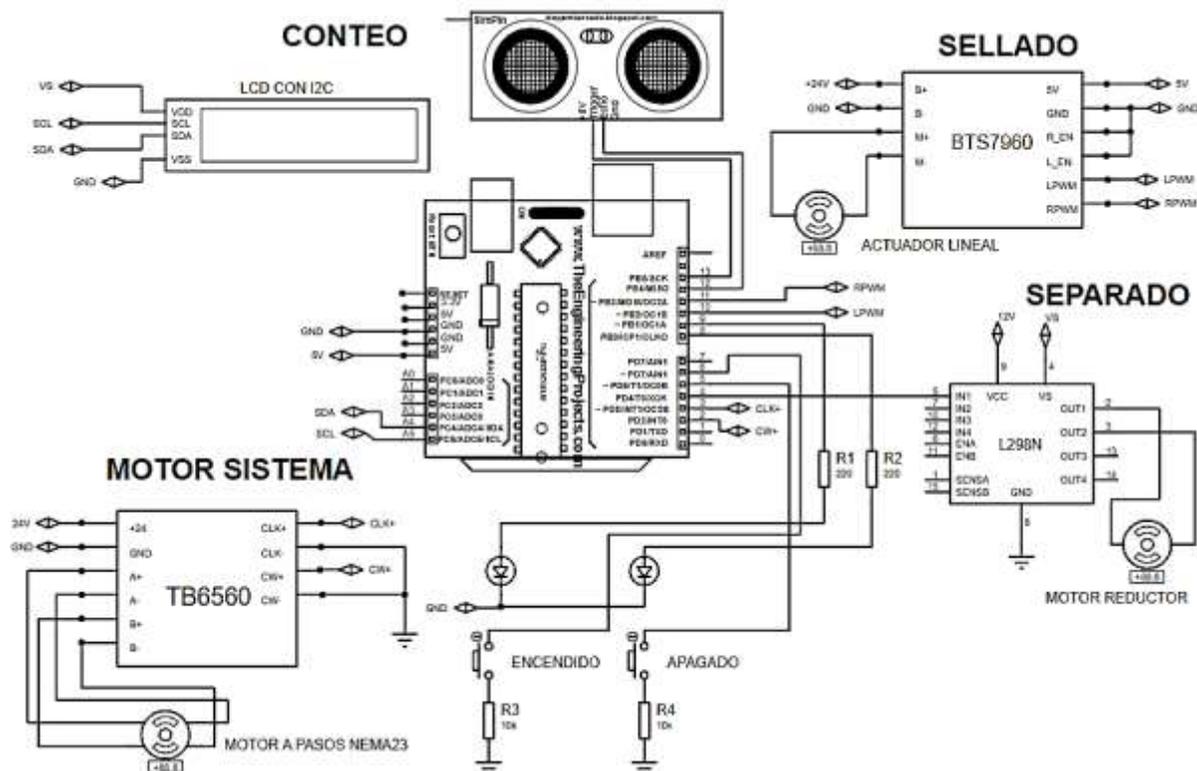
Se observa que el factor de seguridad nos da el valor de 10 el cual permitirá la correcta sujeción del pistón, dicho factor es algo elevado, pero para nuestro caso resulta así debido a la disponibilidad que se tenía del perfil, además la versatilidad del mismo para poder realizar las diferentes tareas de soldado.

Diseño electrónico general del sistema de conteo y sellado

Para el funcionamiento del sistema de conteo y sellado de cortes de tela se presenta un diseño electrónico como se observa en la figura 30, el mismo que integra varias tecnologías que ya fueron previamente seleccionadas como el Arduino, una pantalla LCD, motores y un actuador lineal.

Figura 34

Diseño electrónico del sistema de conteo y sellado



Previamente se definieron y analizaron conceptos de actuadores y sensores del sistema, en base a ello se definió los elementos electrónicos a utilizar. En la tabla 49 se evidencia los elementos electrónicos seleccionados.

Tabla 49

Elementos electrónicos seleccionados para el conteo y sellado

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VOLTAJE	CORRIENTE
Arduino UNO	Microcontrolador	1	5V	500mA
Módulo TB6560	Controlador de motor paso a paso	1	24V	600mA
Módulo L298N	Controlador motor reductor	1	5V	36mA

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VOLTAJE	CORRIENTE
Módulo BTS-7960	Controlador de motor DC	1	5V	3mA
Sensor ultrasónico	Usado conteo de telas	1	5V	15mA
Motor Nema 23	Motor paso a paso	1	24V	1200mA
Motor reductor	Motor eléctrico	1	12V	450mA
Actuador lineal	Usado para el sellado	1	24V	3500mA
LCD	Pantalla de visualización	1	5V	2mA

Tomando en cuenta estos elementos, se establecen las características técnicas que debe cumplir la fuente de alimentación del sistema. Primero se toma en cuenta que el Arduino, el motor reductor y el módulo L298N se conectan a fuentes externas, entonces con los elementos sobrantes se calcula el voltaje que debe suministrar la fuente, basándose en la tabla 49 se tiene voltajes de 5, 12 y 24V y como están conectadas en paralelo el voltaje de salida es el mismo que el voltaje del elemento con máximo valor, entonces se tiene que:

$$V_{total} = \text{Máximo}(V_1, V_2, V_3)$$

$$V_{total} = \text{Máximo}(5V, 12V, 24V)$$

$$V_{total} = 24V$$

La fuente de alimentación debe tener un voltaje de 24V.

Definido el voltaje se procede a obtener la corriente de salida mínima que debe tener la fuente. Como se tiene varios elementos que se conectan a la fuente se procede a sumar todas las corrientes de funcionamiento, entonces se obtiene que:

$$I_{total} = \sum I_n$$

$$I_{total} = (600 + 3 + 15 + 1200 + 3500 + 2)mA$$

$$I_{total} = 5320 mA$$

La corriente mínima de salida que debe tener la fuente es de 5.32 A, pero el criterio de diseño estipula que la fuente debe poseer un 30% de suministro de corriente del total consumido, entonces:

$$I_N = \left(I_{total} + \frac{30}{100} * I_{total} \right) mA$$

$$I_N = \left(5320 + \frac{30}{100} * 5320 \right) mA$$

$$I_N = 6916 mA$$

La corriente mínima necesaria que necesita suministrar la fuente de alimentación es de 6.9 A

Con los valores de voltaje y corriente necesarios obtenidos, se calcula la potencia mediante la siguiente formula,

$$P = V * I$$

$$P = 24 V * 6.9 A$$

$$I_N = 165.6 W$$

La potencia mínima necesaria es de 165.6 W. En la tabla 50 se evidencia las características necesarias que debe cumplir la fuente de alimentación para que funcione correctamente el sistema de conteo y sellado.

Tabla 50

Parámetros para la selección de la fuente de alimentación

Parámetro	Cantidad	Unidad
Potencia	165.6	W
Voltaje	24	V
Corriente	6.9	A

Con base en los datos detallados en la tabla 50 se selecciona la fuente de alimentación TPS-2408 que se observa en la figura

Figura 35

Fuente de alimentación TPS-2408



Nota. Tomado de (TESLA, 2015)

Tabla 51

Características de la fuente de alimentación

Característica	Descripción
Voltaje	24 Vdc
Corriente	8 A
Potencia	190 W

Construcción del sistema de conteo y sellado de cortes de tela

Estructura mecánica del sistema

Se inicia con los cortes de las partes para la estructura, las mismas que fueron previamente diseñadas en el software SolidWorks y elegidas según catálogos de fabricantes o distribuidores a nivel nacional. La estructura está compuesta por perfiles de acero al carbono y planchas de tol, seguido de aquello se procede a soldar cada una de estas partes para finalmente pasar por un proceso de lijado y pintado, mientras que las piezas del separador son fabricadas en impresión 3D con material PLA+, debido a que esta tecnología nos brinda gran versatilidad a la hora de fabricar componentes con un costo relativamente bajo.

Figura 36

Corte de las piezas de la estructura de la banda.



Figura 37

Corte de las piezas del separador de cortes de tela en PLA+.



Una vez que se tenga todas las piezas cortadas, se procede a pintar cada una de las partes impresas en 3D, para finalmente ensamblarlas con ayuda de pernos.

Figura 38

Pintado de la estructura del sistema de conteo y sellado

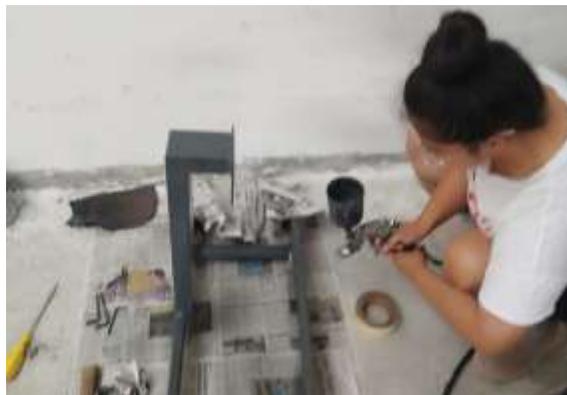


Figura 39

Armado de la estructura del sistema de conteo y sellado



Posterior a la construcción de la estructura de la máquina, se realiza la colocación de los rodillos, el motor y la banda transportadora, como se observa en la figura 40.

Figura 40

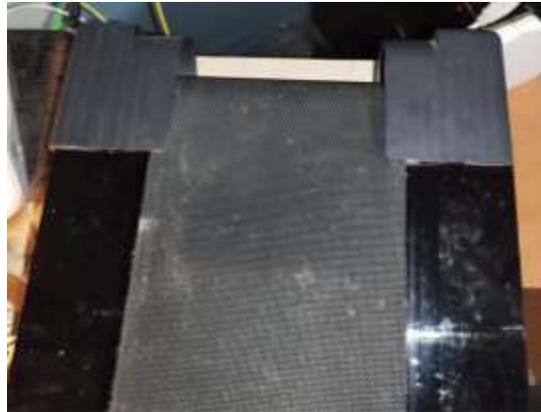
Armado del prototipo de la máquina



Para tensionar la banda se usa el método de tensión con pernos roscados y se cubre con una carcasa como se muestra en la figura 41, la tensión en la banda se logra girando el perno que se encuentra en el extremo del transportador. Esta acción empuja el bloque de cojinetes hacia el extremo del transportador, y así se agrega tensión a la banda. Existe otro perno roscado idéntico en el lado opuesto del rodillo. (Dorner Conveyors, 2021)

Figura 41

Armado del prototipo de la máquina



Para la etapa de sellado se utiliza un actuador lineal el mismo que se coloca a través de unas placas y tornillos como se ve en la figura 42, esto con el fin de tener una mejor fijación y evitar la vibración del mismo.

Figura 42

Colocación del actuador lineal



En la parte inferior del actuador se coloca un sello el mismo que cumple la función de indicar el número de pieza, el sellador se muestra en la figura 43.

Figura 43

Sellador de los cortes de tela



Para la etapa de conteo, en el brazo que sujeta el actuador lineal se coloca una base para el sensor mismo que este hecho de PLA+ y se ajusta con un perno para evitar que se resbale y caiga. La ubicación del sensor es importante ya que es el que se encarga de detectar los cortes de tela contarlos y enseguida accionar el actuador lineal para que los selle, por tal motivo debe ubicarse en un lugar estratégico como se observa en la figura 44.

Figura 44

Ubicación de la base y del sensor para el conteo de cortes



Finalmente se une las piezas del separador de cortes de tela, el mismo que está hecho en PLA+. Para el soporte de las telas del separador se usa una base de una contadora de hojas, mientras que el eje del rodillo se coloca en las chumaceras para que gire de manera suave y eficiente. El separador se muestra en la Figura 45.

Figura 45

Construcción del separador de cortes de tela



Construcción del sistema electrónico

Se hace referencia a la construcción de las conexiones para el funcionamiento del prototipo. Para suministrar energía eléctrica al prototipo se conecta la fuente de alimentación que se muestra en la figura 46.

Figura 46

Fuente de alimentación eléctrica



Una vez que se tiene la fuente de alimentación, se procede a construir la placa de conexiones y a su vez se une todos los componentes eléctricos restantes.

Figura 47

Panel frontal del prototipo



Teniendo todas las conexiones se ubica todos los componentes en la caja y se coloca el panel de control con las botoneras, la misma que se compone de un botón e indicador tanto para iniciar como para detener el proceso y la pantalla LCD para mostrar el conteo de los cortes de tela y el estado del sistema.

Figura 48

Panel posterior de la máquina



Montaje del sistema de separado de cortes de tela

El punto más importante dentro del prototipo es el separado de cortes de tela ya que es el que permite separar los bloques de cortes de tela para que recorran la banda uno a uno y puedan ser sellados y contados, además de ello se colocó dos tornillos en la base del

alimentador que permite ajustar la altura entre los rodillos, esto para poder calibrar y realizar pruebas para conseguir el mejor resultado posible dependiendo el tipo de tela.

Una vez armado el sistema de separado se ubica al inicio del proceso de tal manera que las telas caigan en la banda y sean transportadas.

Figura 49

Ubicación del sistema de separado



En la Figura 51 se encuentra el prototipo final de la máquina en donde se aprecia el panel de control con los botones necesarios y una pantalla LCD para el conteo, el separador de los bloques de cortes de tela y el sellador de los mismos.

Figura 50

Prototipo final de la máquina de conteo y sellado



Capítulo IV

Implementación, pruebas y resultados

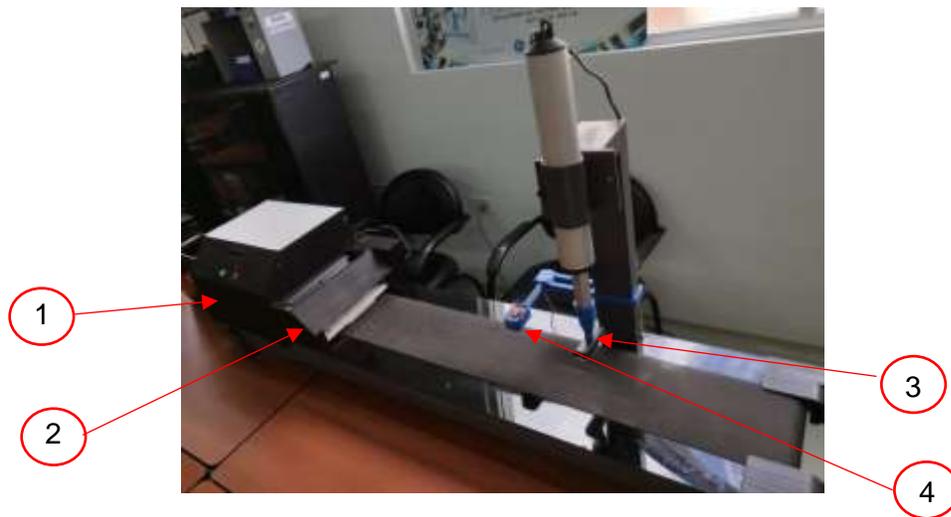
En este capítulo se observa la implementación del sistema automático de conteo y sellado de cortes de tela, incorporando el sistema mecánico, electrónico y de control. Además, se dispone la realización de diversas pruebas del sistema y subsistemas con el fin de verificar su correcto funcionamiento y el cumplimiento de las necesidades del cliente.

Implementación

La implementación de la máquina de conteo y sellado de los cortes de tela contiene la unión de los elementos mecánicos, eléctricos y software, en la figura se observa la máquina implementada.

Figura 51

Implementación de la máquina de conteo y sellado de cortes de tela



Donde,

- 1) Panel de control
- 2) Separador de cortes de tela
- 3) Sellador de los cortes de tela

4) Sensor

El funcionamiento de la máquina empieza con la activación en el panel de control, en donde nos muestra un mensaje indicándonos que el sistema está energizado y pulsando start comienza el proceso, una vez arrancado se nos enciende un indicador de encendido, y a su vez tanto la banda transportadora y el separador comienzan a funcionar, después de esto alimentamos la separadora de telas colocando un bloque de cortes, que se irán separando y caerán a la banda una a una, una vez el sensor detecte el objeto pasar se activa un pistón que se encarga de sellar el corte de tela y a su vez el contador de la lcd me indicará el valor de dicho contador, una vez finalizado el conteo el operador puede detener manualmente o el sistema dejará de funcionar automáticamente al detectar un tiempo de inactividad, terminando así el proceso.

Pruebas de funcionamiento y resultados

Prueba de conteo y sellado

Se parte de un bloque de 10 cortes de tela se realizan pruebas que constan en identificar la cantidad de cortes que se logran contar y sellar efectivamente para cada una de los tres tipos de tela (algodón licrado, algodón rígido y denim), para las 3 primeras pruebas se toman 5 muestras, para las siguientes 3 se toman 8 muestras y para las últimas 4 pruebas se toma el bloque de 10 cortes.

Además, se calcula los porcentajes de exactitud para cada una de las pruebas, lo cual nos proporcionará información general de la precisión del sistema.

Tabla 52*Prueba de conteo y sellado (tela algodón licrado)*

N° de prueba	N° de cortes de tela	Telas contadas y selladas		Porcentaje de
		correctamente		Éxito
1	5	5	5	100%
2	5	5	5	100%
3	5	5	5	100%
4	8	8	8	100%
5	8	8	8	100%
6	8	7	7	87.5%
7	10	9	9	90%
8	10	10	10	100%
9	10	8	8	80%
10	10	9	9	90%

Tabla 53*Prueba de conteo y sellado (tela algodón rígido)*

N° de prueba	N° de cortes de tela	Telas contadas y selladas		Porcentaje de
		correctamente		Éxito
1	5	5	5	100%
2	5	5	5	100%
3	5	5	5	100%
4	8	7	7	87.5%
5	8	8	8	100%

N° de prueba	N° de cortes de tela	Telas contadas y selladas	
		correctamente	Porcentaje de Éxito
6	8	8	100%
7	10	9	90%
8	10	9	90%
9	10	10	100%
10	10	9	90%

Tabla 54

Prueba de conteo y sellado (tela denim)

N° de prueba	N° de cortes de tela	Telas contadas y selladas	
		correctamente	Porcentaje de éxito
1	5	2	40%
2	5	3	60%
3	5	3	60%
4	8	6	75%
5	8	5	62.5%
6	8	4	50%
7	10	5	50%
8	10	3	30%
9	10	7	50%
10	10	6	60%

Como de observa en las tablas 52,53 y 54 se determinar el porcentaje de éxito para cada prueba, , obteniendo para los dos primeros casos (tela algodón licrado y algodón rígido)

resultados similares, con tasas de éxito de 87.5% al 100%, mientras que para el tercer caso (tela denim) se obtuvieron resultados menos favorables, con tasas de éxito máximas de 75%, esto debido a que este tipo de tela es más delgado provocando así que la etapa de separado falle y por lo tanto permitiendo el paso de más de un corte de tela.

Prueba de calidad del sellado

Se parte de un bloque de 10 telas selladas se observa visualmente cada una de las mismas, asignando un puntaje del 1 al 10 a cada una, en función de la claridad del número marcado, donde 1 indica que el número es apenas visible y el 10 que es muy claro y legible. En la tabla 55 se observa la prueba de calidad del sellado.

Tabla 55

Prueba de calidad del sellado

N° de prueba	Puntaje	Observaciones	Imagen de las muestras
1	10	Sin defectos aparentes.	
2	9	Desvanecimiento en la parte superior derecha.	
3	8	Desvanecimiento en la parte superior derecha.	

N° de prueba	Puntaje	Observaciones	Imagen de las muestras
4	9	Desvanecimiento en la parte superior derecha. Desvanecimiento en la parte superior derecha.	
5	8	Desvanecimiento en la parte superior derecha.	
6	9	Sin defectos aparentes.	
7	10	Sin defectos aparentes.	
8	8	Sin defectos aparentes.	
9	10	Sin defectos aparentes.	
10	10	Sin defectos aparentes.	

Se calcula el promedio de los puntajes obtenidos para obtener una medida general de la calidad en el sellado.

$$\text{Promedio} = \frac{\text{Suma de puntajes}}{\text{Número de telas}}$$

$$\text{Promedio} = \frac{10 + 9 + 8 + 9 + 8 + 9 + 10 + 8 + 10 + 10}{10}$$

$$\text{Promedio} = \frac{10 + 9 + 8 + 9 + 8 + 9 + 10 + 8 + 10 + 10}{10}$$

$$\text{Promedio} = \frac{91}{10} = 9.1$$

Se calcula también la desviación estándar de los puntajes, lo que nos da un indicativo de la consistencia en la calidad del sellado.

$$\text{Desviación estándar} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - u)^2}{N}}$$

$$\text{Desviación estándar} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \text{Promedio})^2}{10}}$$

$$\text{Desviación estándar} = \sqrt{\frac{7.99}{10}}$$

$$\text{Desviación estándar} = 0.893$$

El valor obtenido de 0.893 para la desviación estándar nos indica una variabilidad moderada en la calidad del sellado, aunque se da esta variabilidad cuantitativa, la calidad percibida es muy satisfactoria.

Prueba de exactitud en la posición del sellado

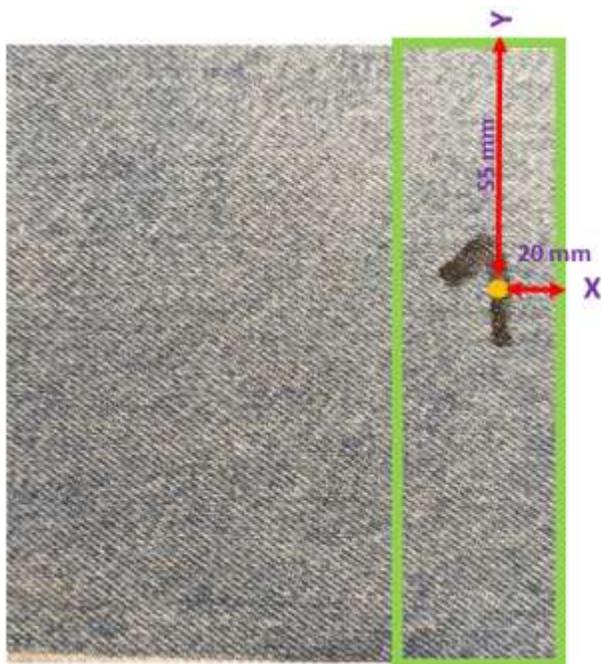
Se parte de la definición de la zona en la cual queremos el sellado, la misma que se elige en un extremo de la tela para esta prueba, esta zona es elegida debido a que en la

mayoría empresas textiles los bordes van doblados y cocidos de manera que el sello queda fuera de vista, sin embargo, la posición del sellado no es de gran relevancia ya que por lo general el lado que va sellado es el revés de la prenda.

La posición de referencia es tomada de la primera muestra de tela sellada y es comparada con las siguientes.

Figura 52

Zona de referencia del sellado



Se define que la zona de referencia se encuentra en las coordenadas $(20X, 55Y)mm$, después se registra las coordenadas (X e Y) de cada muestra respecto a la zona antes definida como se observa en la tabla 59, siendo el origen la parte central del número.

Tabla 56*Prueba de posición del sellado*

N° de prueba	Coordenada en X (mm)	Coordenada en Y (mm)	Imagen de las muestras
1	20	55	
2	24	69	
3	15	41	
4	15	48	
5	15	43	
6	81	62	
7	111	61	

N° de prueba	Coordenada en X (mm)	Coordenada en Y (mm)	Imagen de las muestras
8	87	61	
9	11	77	
10	88	63	

Se calcula la desviación en X e Y respecto a la zona de referencia, con el uso de las siguientes operaciones:

$$\text{Desviación en X} = |\text{Coord. X referencia} - \text{Coord X obtenida}|$$

$$\text{Desviación en Y} = |\text{Coord. Y referencia} - \text{Coord Y obtenida}|$$

Los valores determinados se pueden observar en la tabla 60, los mismos que representan la desviación en milímetros que se da para cada muestra en sus respectivos ejes en relación a la zona de referencia.

Tabla 57*Desviación en X e Y*

N° de prueba	Desviación	Desviación
	X (mm)	Y (mm)
1	0	0
2	4	14
3	5	14
4	5	7
5	5	12
6	61	7
7	91	6
8	67	6
9	9	22
10	68	8

Se calcula la desviación total, la misma que se compone de la desviación en X e Y en cada tela, los valores determinados se pueden observar en la tabla 58.

$$Desviación\ Total = \sqrt{Desviación\ X_1^2 + Desviación\ Y_1^2}$$

Tabla 58*Desviación total*

N° de prueba	Desviación total
1	0
2	14.56

N° de prueba	Desviación total
3	14.86
4	8.6
5	13
6	61.4
7	91.19
8	67.26
9	23.77
10	68.46

Se observa que el primer valor es cero debido a que la primera muestra es la zona de referencia, del cual se parte para calcular las desviaciones de las muestras subsiguientes con relación a la misma.

En la tabla 57y 58 se muestran las desviaciones tanto en X e Y y desviaciones totales respectivamente, en donde observamos que el eje en donde tenemos desviaciones más pronunciadas es el X , teniendo un valor máximo de 91 en la séptima muestra, como se puede evidenciar en su respectiva imagen en la tabla 56.

Prueba del tiempo de conteo y sellado del proceso

Se temporiza el proceso completo, desde que se alimenta el separador hasta el sellado de todo el bloque, cada bloque estará conformado de 10 cortes de tela en las 10 pruebas realizadas, en donde se van comparando los tiempos resultantes del proceso automático con los tiempos obtenidos por un operario.

Tabla 59*Prueba de tiempo de conteo y sellado del proceso (tela algodón licrado)*

N° de prueba	N° de cortes	Telas contadas y selladas manualmente	Tiempo total de telas contadas y selladas Manual (Segundos)	Telas contadas y selladas automáticas	Tiempo total de Telas contadas y selladas Automáticas (Segundos)
1	10	10	182	10	47
2	10	9	196	10	45
3	10	10	179	8	43
4	10	10	200	10	45
5	10	10	190	10	46
6	10	9	172	8	43
7	10	10	200	9	45
8	10	10	193	10	47
9	10	10	188	8	42
10	10	9	193	10	50
11	10	10	201	10	47
12	10	10	192	9	45
13	10	8	188	10	48
14	10	10	184	10	51
15	10	10	197	10	41
16	10	9	202	10	49
17	10	9	179	9	46
18	10	9	183	8	43

N° de prueba	N° de cortes	Telas contadas y selladas manualmente	Tiempo total de telas contadas y selladas Manual (Segundos)	Telas contadas y selladas automáticas	Tiempo total de Telas contadas y selladas Automáticas (Segundos)
19	10	9	181	10	46
20	10	9	192	10	47

Tabla 60

Prueba de tiempo de conteo y sellado del proceso (tela algodón rígido)

N° de prueba	N° de bloques	Telas contadas y selladas manualmente	Tiempo total de telas contadas y selladas Manual (Segundos)	Telas contadas y selladas automáticas	Tiempo total de Telas contadas y selladas Automáticas (Segundos)
1	10	10	154	9	46
2	10	10	168	10	48
3	10	10	175	10	51
4	10	10	159	8	43
5	10	10	182	10	47
6	10	9	176	9	45
7	10	10	171	8	44
8	10	10	179	10	50
9	10	10	166	8	43
10	10	9	180	9	49

N° de prueba	N° de bloques	Telas contadas y selladas manualmente	Tiempo total de telas contadas y selladas Manual (Segundos)	Telas contadas y selladas automáticas	Tiempo total de Telas contadas y selladas Automáticas (Segundos)
11	10	10	179	9	45
12	10	10	182	10	51
13	10	10	160	9	47
14	10	10	172	10	49
15	10	10	165	10	51
16	10	9	169	10	49
17	10	9	161	9	45
18	10	9	182	10	52
19	10	9	174	10	55
20	10	9	179	9	46

Tabla 61

Prueba de tiempo de conteo y sellado del proceso (tela denim)

N° de prueba	N° de bloques	Telas contadas y selladas manualmente	Tiempo total de telas contadas y selladas Manual (Segundos)	Telas contadas y selladas automáticas	Tiempo total de Telas contadas y selladas Automáticas (Segundos)
1	10	10	205	6	27
2	10	10	212	5	31

N° de prueba	N° de bloques	Telas contadas y selladas manualmente	Tiempo total de telas contadas y selladas Manual (Segundos)	Telas contadas y selladas automáticas	Tiempo total de Telas contadas y selladas Automáticas (Segundos)
3	10	10	206	5	36
4	10	10	218	6	26
5	10	10	209	5	34
6	10	9	210	4	21
7	10	10	209	7	38
8	10	8	201	6	28
9	10	10	196	5	27
10	10	9	210	6	34
11	10	10	219	5	29
12	10	10	203	6	31
13	10	10	199	5	22
14	10	10	211	6	37
15	10	9	197	5	24
16	10	10	216	6	29
17	10	9	208	6	36
18	10	10	209	7	27
19	10	9	203	6	30
20	10	9	209	7	34

Como se evidencia en las tablas 59 y 60 se puede observar que al igual que en las pruebas de conteo y sellado los tiempos también son similares para estos dos casos, siendo estos muy favorables para permitir la optimización de los procesos, así mismo los tiempos obtenidos para la tela denim presentados en la tabla 61 son mucho menores pero esto no conlleva a una excelente respuesta del sistema sino que debido a que la tela es muy delgada la etapa de separado tiende a fallar y esto se ve reflejado en la cantidad de telas que cuenta y sella como se presenta en la misma tabla.

Validación de la hipótesis

La validación de la hipótesis establece:

¿El diseño, construcción e implementación de un sistema automático de conteo y sellado de cortes de tela mediante la combinación de mecanismos (contadora de hojas y selladora) permitirá la optimización de procesos en el área de corte en la empresa Fame S.A. en la Provincia de Pichincha cantón Rumiñahui?

Optimización de procesos de conteo y sellado

Para verificar si se optimiza el proceso de conteo y sellado de cortes de tela se utilizará la prueba t de student, con la cual determinaremos si existe una diferencia significativa entre los tiempos del proceso manual y el automático para un bloque de 10 cortes, en donde se tomarán 10 pruebas de la tabla 62, planteando una hipótesis nula y una hipótesis alternativa de la siguiente manera:

- H0: La media del tiempo de conteo y sellado de un bloque de cortes de tela realizado por el sistema automático es igual a la media del tiempo de conteo y sellado realizado por un trabajador.

- Ha: La media de tiempo de conteo y sellado de un bloque de cortes de tela realizado por el sistema automático permite una optimización significativa en el proceso en comparación con el tiempo de conteo y sellado realizado por un trabajador.

Se procede a tabular los datos de la tabla en Excel para generar el test t, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 62

Datos prueba t. student

	T. conteo y sellado manual (s)	T. conteo y sellado automático (s)
Media	190.9	47
Varianza	61.21111111 1	2.666666667
Observaciones	10	10
Coefficiente de correlación de Pearson	0.27829664 5	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	9	
Estadístico t	60.3968234	
P(T<=t) una cola	2.35687E-13	
Valor crítico de t (una cola)	1.83311293 3	
P(T<=t) dos colas	4.71374E-13	
Valor crítico de t (dos colas)	2.26215716 3	

El valor del estadístico t es 60.396 es mucho mayor que el valor crítico de t para una cola(1.833) y dos colas(2.262), además el P-valor (una cola) es muy pequeño $2.35687 * 10^{-13}$, lo cual es mucho menor que el nivel de significancia convencional como (0.05), rechazando así la hipótesis nula. Esto da paso a evidencia estadística significativa para afirmar que la media del tiempo de conteo y sellado automático es significativamente menor que la media de conteo y sellado manual, con ello respaldando que el sistema automático de conteo y sellado de cortes de tela permite una optimización significativa en el proceso.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Se diseñó, construyó e implementó un sistema automático de conteo y sellado de cortes de tela mediante la integración de mecanismos (contadora de hojas y selladora) para la optimización de procesos en el área de corte en una empresa textil.

El proceso de conteo de los cortes de tela demostró una eficacia notable, logrando así porcentajes de éxito que oscilaron entre el 85% al 100%, respaldando estos datos por las pruebas de conteo y sellado realizadas a dos grupos de tela específicos (tela algodón licrado, tela algodón rígido). No obstante, aplicando las mismas pruebas a un tipo de tela más delgado (tela denim), se observaron resultados menos satisfactorios, con rangos de eficacia del 30% al 75%.

El proceso de sellado se dio de manera correcta, reflejando resultados que coincidieron estrechamente con el proceso de conteo, lo que nos da un indicativo de coherencia y confiabilidad significativas en las dos etapas del proceso, manteniendo el rango de éxito.

La evaluación visual de la calidad del sellado ha arrojado resultados altamente positivos, validando la eficacia del proceso en términos de legibilidad y claridad. Donde se obtuvo un destacado promedio de 9.1 sobre 10, siendo esta última la ponderación máxima en donde se indica que el sellado es completamente claro y legible.

El análisis de las desviaciones en cuanto al sellado permitió identificar valores críticos en el eje x obteniéndose un valor máximo de 91mm, en donde se puede partir para mejorar la precisión del sellado en futuras investigaciones.

En el sistema automático de conteo y sellado de telas según las pruebas realizadas se logró determinar que el tiempo total del proceso es reducido significativamente en comparación al proceso manual, permitiendo así optimizar el proceso.

La implementación del sistema de conteo y sellado de cortes de tela representa una innovación significativa en la industria ecuatoriana, permitiendo mejoras notables en la producción, así como también demostrando un compromiso con la mejora continua en la industria textil.

Recomendaciones

Para posteriores investigaciones se recomienda aumentar las etapas de separado, realizar pruebas con más rodillos o aplicar otro tipo de técnicas para este fin, debido a que esta etapa del sistema es el fundamental y el cual generó la mayor parte de inconvenientes.

Se considera realizar la correcta lubricación de la base de la banda ya que debido a la fricción o acumulación de residuos esta puede dejar de funcionar de manera óptima y así ejecutando más lento el proceso.

Para permitir una mayor optimización en el sistema, se recomienda el uso de componentes más robustos, siendo los principales el sensor y actuador lineal, teniendo este último limitaciones en cuanto a su velocidad, para ello sería mejor optar por un actuador neumático.

Bibliografía

- Aguilar, H., & Cardenas, F. (2019). *TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO.
- Alomoto, N. W. (2014). *ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA EL DISEÑO DE UN PLAN DE PRODUCCIÓN EN LA SECCIÓN HORNOS ROTATIVOS DE LA EMPRESA INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.
- Amaguaña, I. L. (2022). *SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL DESPLAZAMIENTO DE UNA SILLA BIPEDESTADORA MEDIANTE CONTROL TÁCTIL EN EL CENTRO DE REHABILITACIÓN FÍSICA Y NEUROLÓGICA "BENDICIONES" DE LA CIUDAD DE AMBATO*. Universidad Técnica de Ambato.
- Arduino. (2023). *Arduino UNO*. Obtenido de <https://arduino.cl/arduino-uno/>
- Balbuena, A., & Carrera, M. (2013). *CONTROL Y SINCRONIZACIÓN DE ACTUADORES ELÉCTRICOS LINEALES DE CD CON RETROALIMENTACION Y CON UN PLC MICROLOGIX 1100*. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL.
- Barona, J. D., & Palacios, J. K. (2023). *Diseño y construcción de un sistema mecatrónico para ejecutar pruebas de control de calidad en calzado de uso militar, con el fin de demostrar el desgaste por fricción y flexión continua del mismo, mediante un sistema automático para ensayos de calidad de suelas de calzado en la empresa FAME S.A. en la provincia de Pichincha*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Bayas, D. A., & Burgos, D. A. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de seguridad de circuito cerrado con alertas vía e-mail usando RASPBERRY pi y ARDUINO en la Camaronera Ascencio*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.

Beltrán, J., & Quintana, J. (2023). *Diseño y desarrollo de un sistema automatizado enfocado en el reconocimiento y clasificación de residuos sólidos para una mejor gestión.*

Universidad Continental.

Bucheli, J. L., & Velásquez, L. M. (2014). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO CON SISTEMA HMI PARA EL ANÁLISIS Y ESTUDIO DE SENSORES Y TRANSDUCTORES DE PROXIMIDAD ANALÓGICOS POR MEDIO DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DAQ NI Y CONTROLADA POR EL SOFTWARE LABVIEW.* UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.

Cabay, S., & Chadán, F. (2022). *DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES Y GENERADORES AC Y DC EN EL MÓDULO LAB VOLT.* UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

CLR. (s. f.). *Motor paso a paso: Cuándo y por qué utilizarlo.* CLR - Compañía Levantina de Reductores. <https://clr.es/blog/es/motor-paso-a-paso-cuando-utilizarlo/>

Cruz, G. (2017). *AUTOMATIZACIÓN DE ESTACIÓN PARA REMACHADO DE COMPONENTES.* CENTRO DE INGENIERÍA Y DESARROLLO INDUSTRIAL.

Cruz, T. J., & Martínez, V. (2021). *SENSOR ULTRASÓNICO PARA ADMINISTRAR EL RECURSO HÍDRICO.* UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA.

Dorner Conveyors. (2021). *Métodos de tensionado de bandas para transportadores de paquetes pequeños.* Obtenido de <https://www.dornerconveyors.com/latin-america/es/resource/metodos-de-tensionado-de-bandas-para-transportadores-de-paquetes-pequenos>

Dubois, J.-A. (2011). *SISTEMA DE DETECCIÓN DE FALLAS PARA UN MOTOR DC MEDIANTE FILTROS DE KALMAN.* ONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERU.

EBay. (2022). *actuador lineal mirco máxima alta velocidad.* Obtenido de https://www.ebay.com/itm/12V-24VDC-2inch-40inch-50N-200N-44lbs-maximum-high-speed-mirco-linear-actuator-/323638620821?_ul=AR

- Escalante, A. E. (2009). *OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO A TRAVÉS DE UN ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS DE UNA FÁBRICA DE TEJIDOS*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Falconí, Á. J. (2013). *PROPUESTA DE MEJORA PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LANA DE OVEJA EN UNA EMPRESA TEXTIL MEDIANTE EL CAMBIO EN LA PREPARACION Y DOSIFICACION DEL ENSIMAJE*. AREQUIPA, 2013. UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA.
- Flores, G. J. (2018). *ANÁLISIS DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE FIBRA TEXTIL REGENERADA A PARTIR DEL BAMBÚ*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.
- García, M. Á. (2019). *Prototipo Rehabilitador de Tobillo en Tres Grados de Libertad*. Tecnológico Nacional de México.
- GEYA. (2023, marzo 6). *Diferentes tipos de sensores de proximidad y sus aplicaciones*. GEYA. <https://www.geya.net/es/different-types-of-proximity-sensors/>
- González, M., & Lobos, G. (2018). *ESTUDIO Y DISEÑO DE CINTA TRANSPORTADORA AUTOMATIZADA*. UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA.
- Habasit. (2024). *Bandas con estructura de tejido*. Obtenido de https://portal.habasit.com/view/v_portal
- Herranz, Á. B. (2019). *Desarrollo de aplicaciones para IoT con el módulo ESP32*. Universidad de Alcalá.
- Herrera, B. J., & Mera, E. A. (2021). *DESARROLLO DE UN SERVIDOR NAS CON RASPBERRY PI PARA ALMACENAMIENTO Y RESPALDO DE DATOS EN LA EMPRESA SU ECONOMÍA*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.
- IngeMecánica. (2012). *Cálculo y Diseño*. Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn84.html>

- Jijón, K. A. (2013). *ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA CALZADO GABRIEL*. Universidad Técnica de Ambato.
- Jiménez, R. O. (2018). “*DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA TENDEDORA DE TELA PARA LA MICROEMPRESA TEXTIL «GRUPO K&L»*”. Universidad Técnica de Ambato.
- Lanche, Y. E. (2016). *PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA EMPRESA DE CONFECCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ROPA ANTIALÉRGICA PARA BEBÉS DE 0 A 6 MESES DE EDAD EN LA CIUDAD DE LOJA*. Universidad Nacional de Loja.
- Llamas, L. (2016, junio 2). *Detector de obstáculos con sensor infrarrojo y Arduino*. Luis Llamas - Ingeniería, informática y diseño. <https://www.luisllamas.es/detectar-obstaculos-con-sensor-infrarrojo-y-arduino/>
- Megatronica. (2023). *Módulo Puente H L298 L298n 2a Robot Driver Motor*. Obtenido de <https://megatronica.cc/producto/modulo-puente-h-l298-l298n-2a-robot-driver-motor/>
- Mouser Electronics. (2023). *NEMA 23 Motores a pasos*. Obtenido de <https://www.mouser.ec/c/electromechanical/motors-drives/stepper-motors/?frame%20size%20-%20nema=NEMA%2023&pg=3>
- Navarro, J. E. (2019). *DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO EN EL ÁREA DE CORTE DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE SACOS DE POLIPROPILENO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA PERUSAC E.I.R.L. UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO*.
- Ortiz, G. A. (2018). *SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO DEL PROCESO DE LLENADO DE BOTELLONES DE AGUA EN LA PLANTA PURIFICADORA ECOAGUA*. Universidad Técnica de Ambato.

- Panchana, R., & Villalonga, L. (2020). *Diseño y construcción de módulos para sensores de proximidad y transductores de temperatura para el laboratorio de instalaciones industriales*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.
- PTE. (2024, enero 12). *TIPOS DE BANDAS TRANSPORTADORAS INDUSTRIALES*. Productos Técnicos Especializados. <https://www.eymproductostecnicos.com/tipos-de-bandas-transportadoras>
- Reinoso, L. A. (2008). *Sensor de Movimiento de Flujo para Adquisición de Datos en el Tanque de la Estación San Francisco – EMAPA*. Universidad Técnica de Ambato.
- Reyes, M. (2006). *SISTEMA DE PROYECCIÓN, CONTROL Y EFICIENCIA EN CORTES DE ROLLOS DE TELA FÁBRICA TEXTIL “LA INTERNACIONAL”*. Sangolqui.
- Rodríguez, M., & Ramírez, S. O. (2017). *Diseño e implementación de un sistema automático de programación electrónica de patrones, en máquina textil rectilínea Scomar A-80*.
- Salinero, M. (2013). *DISEÑO DE UNA BANDA TRANSPORTADORA MEDIANTE GUIDE DE MATLAB*. UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID.
- Teran, G. E. (2017). *ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PROCESO DE TINTURA PARA Co 100% CON COLORANTES REACTIVOS COMUNES Y COLORANTES REACTIVOS “AVITERA SE”, CONTRIBUYENDO AL CUIDADO MEDIOAMBIENTAL EN EMPRESAS PINTO S.A.* UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.
- TESLA. (2015). *Insumos eléctricos*. Obtenido de <https://www.teslaindustrialcompany.com/>
- TESTEX. (2022, agosto 18). *¿Qué es la tela de nailon? Definición, Propiedades, Tipos*. TESTEX Our Instruments Your Success. <https://www.testextextile.com/es/%C2%BFQu%C3%A9-son-los-tipos-de-propiedades-de-definici%C3%B3n-de-tela-de-nailon%3F/#:~:text=La%20tela%20de%20nylon%2C%20un,superior%20y%20abundant es%20recursos%20materiales>

UNIT Electronics. (2024). *Driver TB6560 Controlador Motor A Pasos*. Obtenido de

<https://uelectronics.com/producto/driver-tb6560-controlador-motor-a-pasos/>

VENMIR. (2021, marzo 29). *Tipos de bandas transportadoras industriales*. VENMIR.

<https://venmir.com/tipos-de-bandas-transportadoras-industriales/>

Villacres, G. M. (2018). *Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniera*

Comercial con mención en Productividad. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Anexos