

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIEROS ELECTRÓNICOS**

**TEMA:
AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE INSOLADORA DE MARCOS
TEXTILES PARA CONTROL DE CALIDAD UTILIZANDO VISIÓN
ARTIFICIAL EN LA EMPRESA EL GRECO**

**AUTORES:
ESTEBAN ALEJANDRO ARELLANO GARCÍA
JOSÉ BRAYAN BAUTISTA JITALA**

**TUTOR:
CARMEN JOHANNA CELI SÁNCHEZ**

Quito, Julio del 2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Esteban Alejandro Arellano García y José Brayan Bautista Jitala con documento de identificación N.º 1724810229 y N.º 1727445155 respectivamente, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: **AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE INSOLADORA DE MARCOS TEXTILES PARA CONTROL DE CALIDAD UTILIZANDO VISIÓN ARTIFICIAL EN LA EMPRESA EL GRECO**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Electrónicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Esteban Alejandro Arellano García

C.I.1724810229



José Brayan Bautista Jitala

C.I. 1727445155

Quito, Julio del 2021

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE INSOLADORA DE MARCOS TEXTILES PARA CONTROL DE CALIDAD UTILIZANDO VISIÓN ARTIFICIAL EN LA EMPRESA EL GRECO, realizado por Esteban Alejandro Arellano García y José Brayan Bautista Jitala, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, Julio del 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'JOHANNA CELI SANCHEZ', written over a horizontal line.

Carmen Johanna Celi Sánchez

C.I. 1717437808

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a las dos personas más importante de mi mundo que es mi abuelito Carlos que ha sido el apoyo fundamental para lograr terminar mis estudios y la motivación de seguir adelante todos los días, y al primer amor de mi vida mi difunta madre Cecibel que me amo toda su vida y me enseñó que luchar hasta último segundo puede marcar la diferencia, todo mi esfuerzo es para ti y siempre vas a estar en mi corazón, te voy a amar toda mi vida mami.

Esteban

Dedico este proyecto a mi madre Rosa Zoila Jitala Tabango que es el pilar más importante en mi vida, por toda la paciencia y el apoyo incondicional brindado en toda mi formación profesional. A mis tíos Alfonso, Patricio, Miguel y José por los consejos, enseñanzas y valores que me han servido para ser un buen profesional y seguir adelante cumpliendo nuevas metas y retos dentro un mundo laboral.

Brayan

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi padre Alberto quien ha estado conmigo todos los días de mi vida y es mi apoyo incondicional, a mis hermanos Paul, Israel y Carlos que cada uno han sido pilares fundamentales en mi educación académica y por último a mi pequeña sobrina que siempre está saltando y es motivo de mi alegría de todos los días.

Finalmente, a mis compañeros de clases Fernando, Wilmer, Henry, Alberto y Jaime que todos los días han estado apoyándome de manera académica y personal

Esteban

Agradezco a Dios por guiarme por un buen camino y a todos los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana que supieron darme guía a lo largo de toda mi formación como profesional, con los conocimientos necesarios para desenvolverme en cualquier reto profesional, así también con los docentes del área de pastoral con los cuales aprendí que un buen profesional debe ser siempre humilde, ético y honesto de esta manera llegaremos a ser buenos profesionales y excelentes ciudadanos.

Agradezco a mi tutora de tesis, Ing. Johanna Celi por su guía en el proyecto, por su tiempo en aclararnos dudas y corregir las fallas para la correcta finalización de este proyecto de titulación.

Brayan

ÍNDICE DE CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	II
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XI
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV
CAPÍTULO 1	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN	3
1.4. OBJETIVOS.....	3
1.5.1 Objetivo General.....	3
1.5.2 Objetivos Específicos	4
CAPÍTULO 2.....	5
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1 EMPRESA TEXTILES EL GRECO	5
2.2 SERIGRAFÍA TEXTIL.....	6
2.2.1 Proceso de insolación.....	6
2.2.2 Insoladora.....	7
2.2.3 Marco textil.....	8
2.3 PRODUCTIVIDAD	8
2.4 GESTIÓN DE CALIDAD	9
2.5 AUTOMATIZACIÓN.....	9
2.5.1 Procesos industriales.....	10

2.6	VISION ARTIFICIAL	12
2.6.1	Métodos de captación de las imágenes	13
2.6.2	Diagrama de funcionamiento	13
CAPÍTULO 3		14
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN		14
3.1	PROCESO ACTUAL DE SERIGRAFÍA	14
3.1.1	Elaboración del marco textil	14
3.1.2	Colocado de la malla	16
3.1.3	Impregnado de la emulsión a la malla	16
3.1.4	Secado de la emulsión	16
3.1.5	Elaboración del diseño	17
3.1.6	Proceso de insolado de marcos textiles	17
3.1.7	Proceso de lavado	19
3.1.8	Control de calidad	19
3.1.9	Impregnación de tinta	20
3.2	OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SERIGRAFÍA	21
3.2.1	DISEÑO DE LA MÁQUINA DE INSOLADO	21
3.2.2	Hardware de la máquina de insolado	25
3.2.3	Software de la máquina de insolado	33
3.2.4	Interfaz de la pantalla touch	37
3.2.5	Máquina insolado desarrollada	38
3.2.6	Control de calidad hardware	39
3.2.7	Control de calidad software	41
CAPÍTULO 4		43
PRUEBAS Y RESULTADOS		43
4.1	IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA INSOLADORA	43
4.1.1	PRUEBAS DE CALIDAD	43
4.1.2	PRUEBAS DE TIEMPO DE PRODUCCIÓN	44
4.1.3	PRUEBAS DE PRODUCTIVIDAD DEL REVELADO MANUAL Y LA MÁQUINA IMPLEMENTADA	48
4.2	IMPLEMENTACIÓN DE LA VISIÓN ARTIFICIAL	49
4.2.1	PRUEBAS DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL CONTROL DE CALIDAD	52

4.3	AHORRO ENERGÉTICO	54
4.4	TABLAS DE COSTOS	56
	CONCLUSIONES	57
	RECOMENDACIONES	59
	REFERENCIAS	60
	ANEXOS	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Logo de la empresa textil el greco	6
Figura 2.2 Insoladora de mesa	8
Figura 2.3 Pirámide de la automatización.....	10
Figura 2.4 Diagrama de adquisición y conversión de imágenes	13
Figura 3.1 Marco textil pequeño	14
Figura 3.2 Marco textil mediano.....	15
Figura 3.3 Marco textil grande.....	15
Figura 3.4 Elaboración del diseño.....	17
Figura 3.5 Diagrama de flujo proceso de insolado	18
Figura 3.6 Insoladora empresa El Greco.....	18
Figura 3.7 Lavado de Marcos	19
Figura 3.8 Control de calidad.....	20
Figura 3.9 Pulpo Manual.....	20
Figura 3.10 Pulpo electroneumático	21
Figura 3.11 Base de la máquina	22
Figura 3.12 Cuerpo de la Máquina.....	22
Figura 3.13 Tapa de la Maquina	23
Figura 3.14 Diagrama de Control	24
Figura 3.15 Diagrama de Potencia.....	24
Figura 3.18 PLC LOGO V8.2 230 RCE	31
Figura 3.19 HMI Kinco GI043E	31
Figura 3.20 Luces led uv.....	31
Figura 3.21 Relé Camsco	31
Figura 3.22 Contactor Camsco.....	31
Figura 3.23 Luces Piloto	31

Figura 3.24 Paro de emergencia.....	32
Figura 3.25 Sensor de vacío JUMO	32
Figura 3.26 Sensor inductivo	32
Figura 3.27 Protecciones Schneider.....	32
Figura 3.28 Matriz de led	33
Figura 3.29 LOGO; Soft Comfort.....	34
Figura 3.30 Programación de LOGO; Soft Comfort	34
Figura 3.31 Revelado de dos lados	35
Figura 3.32 Revelado por la izquierda y derecha.....	35
Figura 3.33 Kinco DTools	36
Figura 3.34 Frames Kinco Dtools	38
Figura 3.35 Máquina de Insolado	39
Figura 3.36 Sony Eye-Camera PS3.....	40
Figura 3.37 Ambiente controlado	41
Figura 3.38 Algoritmo de visión artificial.....	42
Figura 3.39 Diagrama de flujo visión artificial.....	42
Figura 4.1 Prueba de calidad.....	44
Figura 4.2 Imagen con 0 errores	49
Figura 4.3 Imagen con 6 errores	50
Figura 4.4 Captura con 0 errores.....	51
Figura 4.5 Detección de errores	51
Figura 4.6 Ejemplos visión artificial.....	52
Figura 4.7 Medición de máquina manual.....	55
Figura 4.8 Medición de máquina implementada.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Proceso de la visión artificial	12
Tabla 3.1 Elementos de insoladora	18
Tabla 3.2 Proceso de insolado.....	18
Tabla 3.3 Bomba de vacío everwall.....	25
Tabla 3.4 Corrientes de los elementos	29
Tabla 3.5 Materiales de la máquina	31
Tabla 3.6 Direcciones ip	36
Tabla 4.1 Pruebas tiempo de vacío	45
Tabla 4.2 Pruebas tiempo de exposición.....	47
Tabla 4.3 Cantidad de marcos revelado	48
Tabla 4.4 Control de calidad sin visión artificial	53
Tabla 4.5 Control de calidad mediante visión artificial	54
Tabla 4.6 Costos de materiales electrónicos de la máquina.....	56
Tabla 4.7 Costos de máquina desarrollada con horas de ingeniería	56

RESUMEN

El sector textil en Ecuador representa una industria destacada económicamente, debido al alto potencial de generación de empleo y valor agregado, sin embargo, su rendimiento en los últimos años decreció por la escasa tecnología, este es el caso de la empresa TEXTILES EL GRECO, en Quito, que posee una máquina de revelado artesanal que durante los últimos años ha demostrado un déficit de producción, de la misma forma presenta una precaria gestión de calidad ya que los operarios encargados pasan por alto gran cantidad de errores.

Razón por la cual el presente proyecto técnico tiene como finalidad desarrollar la automatización del proceso de insolación de marcos textiles y la gestión del control de calidad utilizando visión artificial. En el caso del proceso de insolación se creó planos estructurales y eléctricos en el hardware y un programa mediante el PLC Logo 230 RCE y el HMI Kinco GL403 para el software de la insoladora, mientras que para la gestión de calidad se desarrolló un algoritmo de detección de fallas en áreas con números de pixeles y un ambiente controlado. Cuyo resultado principal fue una optimización del proceso de insolación, y una reducción del margen de error en el proceso de gestión de calidad.

ABSTRACT

The textile sector in Ecuador represents an economically outstanding industry, due to the high potential for generating employment and added value, however, its performance in recent years decreased due to the limited technology. This is the case of “TEXTILES EL GRECO”, in Quito, which has an artisanal development machine which in recent years has shown a production deficit, in the same way, present a precarious quality management since the operators in charge overlook a large number of errors.

Reason because this technical project aims to develop the automation of the process of insolation of textile frames and quality control management using computer vision. In case of the heatstroke process, structural and electrical plans were created in the hardware and a program using PLC Logo 230 RCE and the HMI Kinco GL403 for the insulator software, while for the quality management a fault detection algorithm was developed in areas with controlled pixel numbers and environment. Whose main results was an optimization of the insolation process, and a reduction of the margin erros in the quality management process.

INTRODUCCIÓN

EL GRECO, es una importante empresa textil del norte de Quito, considerada una distribuidora principal de varias tiendas de ropa como DePrati, Etafashion, RM, entre otras. La alta demanda de producción que ha tenido la empresa durante los últimos años no ha logrado ser abastecida en el área de serigrafía principalmente por la máquina de insolado manual que posee la empresa además del alto porcentaje de error que se maneja en la gestión de control de calidad, dando como resultado aumento de las horas laborales para cumplir con la producción, por ello se genera la necesidad de la automatización de estos dos procesos.

Para el desarrollo del siguiente proyecto técnico se encontrarán los siguientes contenidos: en el primer capítulo se detalla el problema de estudio, la justificación del proyecto, objetivos que son la base para el desarrollo del proyecto. En el segundo capítulo se encuentra la base teórica del proceso de insolación como conceptos fundamentales de automatización y visión artificial

En el tercer capítulo se muestra como fue el proceso de creación tanto de la infraestructura y desarrollo de programas para automatización del proceso de insolación como de los sistemas de control y visión artificial.

El cuarto capítulo contiene la implementación y muestra de las pruebas realizadas en la empresa, demostrando el funcionamiento de la máquina de insolación y visión artificial, y los resultados de análisis comparativo entre los procesos manuales frente a la insoladora y la visión artificial, obteniendo datos cuantitativos que permiten visualizar la mejora la producción de marcos textiles con la automatización. Finalmente, se expone las conclusiones principales del proyecto junto con las recomendaciones, así también se encontrarán los anexos en los cuales se evidencian los procesos de la construcción de la máquina de insolado.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector textil en Ecuador representa una industria destacada económicamente, debido al alto potencial de generación de empleo y valor agregado, sin embargo, su rendimiento en los últimos años decreció por la escasa tecnología y bajo nivel de innovación, ya que en las empresas textiles existe una tendencia a contratar mayor cantidad de mano de obra que automatizar sus procesos, haciendo que estos se vuelvan ineficaces frente a la competencia internacional (Benavides, 2016).

En el caso de la empresa TEXTILES EL GRECO, en Quito, posee una máquina de revelado artesanal creada por ellos mismo, cuya producción diaria es de aproximadamente 50 marcos y el tiempo del revelado del marco va desde los 5 minutos hasta los 25 minutos, dependiendo del tipo de diseño que se desea revelar, los diseños desarrollados por la empresa son de cinco a ocho diseños diarios. En los meses de julio hasta diciembre del año 2019, la demanda de la empresa textil requirió una producción de 65 a 80 marcos diarios, provocando un déficit que obligó a la empresa a ampliar su horario normal de trabajo en el área de serigrafía para cumplir con la producción.

Mostrando además varios errores en el proceso de gestión del control de calidad, ya que en la producción diaria la empresa revela de ocho a diez marcos con algún tipo de desperfecto, que son pasados por alto por los operadores que se encargan del proceso de calidad y son enviados a la zona de impregnando de tinta obteniendo un diseño incorrecto, lo que produce un retraso en la línea de producción de prendas de vestir. Esto representa una pérdida en promedio del 20% del total diario de producción.

En consecuencia, la empresa se encuentra en la necesidad de implementar un sistema que reduzca en un 30% el tiempo de revelado, genere una mayor producción de marcos y mejore el control la calidad.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Para la empresa textil EL GRECO la automatización del proceso de insolación reduciría considerablemente el tiempo de revelado de los marcos pues actualmente, se emplea dos minutos para diseños básicos o sencillos y quince minutos para diseños más complicados, con lo que se reducirá el uso de mano de obra y materia prima.

En el caso de la implementación del proceso de control de calidad por medio de visión artificial este presenta ventajas como: elevar la precisión, adaptarse al entorno, iluminación y eliminar fallas que se producen por errores humanos generados por factores como cansancio del operario, falta de concentración y factores ambientales.

Por lo que, la importancia del proyecto tiene un carácter práctico debido a que la automatización de una insoladora y control de calidad mediante visión artificial se presenta como una opción competente, proporcionando una alternativa a los fabricantes textiles ecuatorianos que necesiten este tipo de proceso sin que esto implique elevados costos de inversión y un alza tributaria de importaciones, permitiendo a las empresas incursionar de manera eficaz en el mercado con sus productos.

1.3.PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Observar el proceso manual para determinar las variables que intervienen en el proceso de insolado, como luz y presión para una posterior automatización, implementado el software y hardware del proceso con el cual nos permita un aumento de producción en el revelado de marcos textiles que requiere la empresa.

Elaborar una estructura en la cual podamos generar un ambiente controlado para el desarrollo de un proceso de visión artificial el cual nos permita gestionar el control de calidad del revelado de marcos textiles. El operario coloca de manera manual un marco de dimensiones 65cm x 95cm y comprueba si el diseño revelado no tiene ningún tipo de error, si el marco se encuentra en perfectas condiciones este podrá pasar al área de impregnación de tinta y si se encuentra algún tipo de error el operario tendrá que rechazarlo y direccionarlo al área de lavado para comenzar otra vez con el proceso.

Finalmente se realizará un análisis comparativo mediante la recolección de los datos de la producción del proceso manual frente a la del sistema implementado.

1.4.OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Desarrollar la automatización del proceso de insolación de marcos textiles para gestión del control de calidad utilizando visión artificial en la empresa El Greco en Quito.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar el proceso de insolación del revelado de marcos textiles para la determinación de las variables, por medio de la observación del control manual.
- Automatizar el proceso de insolación para el aumento de la producción de marcos textiles mediante la implementación software y hardware.
- Desarrollar el proceso de visión artificial para el control de calidad del revelado de marcos textiles a través de la creación de un ambiente controlado.
- Realizar el análisis comparativo de productividad y gestión de calidad entre el proceso artesanal y el automático para la adquisición de datos estadísticos del desempeño.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 EMPRESA TEXTILES EL GRECO

La empresa textil el Greco fundada en el año de 1980 por su gerente general Jorge Castro, es una empresa dedicada a la fabricación de prendas de vestir como telas tejidas, de punto y ganchillo, de telas no tejidas, entre otras para hombres, mujeres, niños y bebés, entre su producción principal se encuentra abrigos, trajes, conjuntos, chaquetas, pantalones, faldas, calentadores, trajes de baño, etcétera. La empresa se encuentra ubicada en la Av.6 de diciembre N58-10 en Pichincha, Quito (López, 2018).

El gerente Castro indica que la empresa es líder en el mercado de la fabricación de prendas de vestir cuyo valor agregado es que cuenta con la licencia de Disney como fabricante de sus prendas de vestir en Ecuador obteniendo una alta calidad y diversidad. Acerca de la distribución de su mercancía es comercializada en cadenas reconocidas como Etafashion y DePrati (J. Castro, comunicación personal, 14 de noviembre del 2020).

Finalmente, con respecto a su infraestructura Castro comentó que la empresa se encuentra subdividida en cuatro áreas principales producción, comercialización, maquilado y serigrafía en la cuales se realiza diseño elaboración y ventas de todo tipo de prendas de vestir (J. Castro, comunicación personal, 14 de noviembre del 2020).

Figura 2.1 Logo de la empresa textil EL GRECO



Logotipo de la empresa, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).

2.2 SERIGRAFÍA TEXTIL

Es un sector de la industria dedicada al impregnado de una imagen o gráfico sobre telas, el proceso trata de transferir tinta a través de una malla tensada de un marco textil, el paso de la tinta hacia la tela se limita en las áreas donde no estará la imagen impresa en las que se empapa emulsión o barniz, después de este proceso la prenda impregnada deber pasar por un proceso de termo fijado que se puede realizar mediante secadores, planchas u hornos creados específicamente para este proceso (Rojas, Mavila & Rojas, 2011).

2.2.1 Proceso de insolación

El proceso de insolación se produce cuando un material pierde elementos esenciales como agua y sales minerales, la pérdida de material se puede generar por el exceso de calor o falta de agua, en el ámbito textil la insolación es la impregnación de una imagen o gráfico mediante luz y presión (Yáñez, 2019).

2.2.2 Insoladora

Es un aparato empleado en varias ramas gráficas para exponer las planchas fotosensibles a la acción de la luz, la exposición hacia la luz produce que el químico implementado se funda en la plancha, este proceso también es conocido como revelado de láminas (Yáñez, 2019).

Entre las insoladoras más comunes dentro del mercado se encuentra la insoladora de sobremesa, esta genera radiación mediante lámparas tales como: arco voltaico, vapor de mercurio, metal halógeno, tubos fluorescentes. Dentro de las características de esta insoladora se encuentra que la superficie de la insolación es bastante elevada y que su tamaño puede variar debido a la simplicidad de diseño (Medrano, 2016).

La mayoría de insoladoras traen dos componentes instalados: bomba de vacío y un temporizador. La bomba de vacío ayuda a que el fotolito y el material fotosensible queden estrechamente unidos logrando así un contacto continuo en el tiempo que dure la insolación (Rojas, Garzo & Chávez, 2010).

Además, contiene un cristal horizontal que sitúa una oblea con el fotolito (en ambos lados de ser necesario) y sobre estas recae una superficie transparente logrando así el vacío entre la superficie de arriba y la de abajo respectivamente (Cajas & Quimi, 2017).

Finalmente presenta un temporizador que controla la duración del insolado proporcionando un tiempo máximo, este es un parámetro importante en el proceso ya que determina la calidad de impresión que se puede obtener entre el marco textil y el fotolito (Rojas, Garzo, & Chávez, 2010). En la Figura 2.2 se muestra un ejemplo de máquina de insolado

Figura 2.2 Insoladora de mesa



Insoladora de tubos fluorescentes, Fuente: (Medrano, 2016)

2.2.3 Marco textil

El marco textil es un objeto diseñado para el revelado de bocetos gráficos mediante un proceso de insolación, conformado por una estructura rectangular y una malla para emulsión.

2.3 PRODUCTIVIDAD

La productividad implica la mejora del proceso productivo, midiendo la eficacia de producción por cada recurso utilizado, esto significa una comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes y servicios producidos. Para una empresa, la productividad es un factor determinante en el crecimiento económico, ya que permite aumentar rentabilidad a sus proyectos, inversión y empleo (Carro & Gonzales, 2007).

Se la puede definir como un proceso en la que cualquier actividad se realice sin malgastar recursos o materia prima y realizarlo de la manera más rápida y efectiva obteniendo un beneficio económico individual y organizacional, obteniendo los mejores resultados de calidad y tiempo (López, 2015).

2.4 GESTIÓN DE CALIDAD

Un sistema de gestión de calidad es un conjunto de acciones y herramientas que tiene como objetivo principal asegurar que sus productos estén sujetos a unas especificaciones y cumplan estándares de calidad fijados previamente (Olarte, 2018).

Por lo que, toda empresa competente del mercado exige un nivel de calidad en sus productos, y para cumplir con dicho requerimiento es necesario contar con un sistema de gestión de calidad que permita intervenir y controlar las variables del proceso (diseño, bordes, tamaño, etc.) de forma que se asegure que todos aquellos factores que puedan afectar la calidad del producto final, se encuentren bajo control y de esta manera se puedan prevenir cualquier tipo de errores que provoquen la pérdida de eficiencia (Torres & Lavayen, 2017).

2.5 AUTOMATIZACIÓN

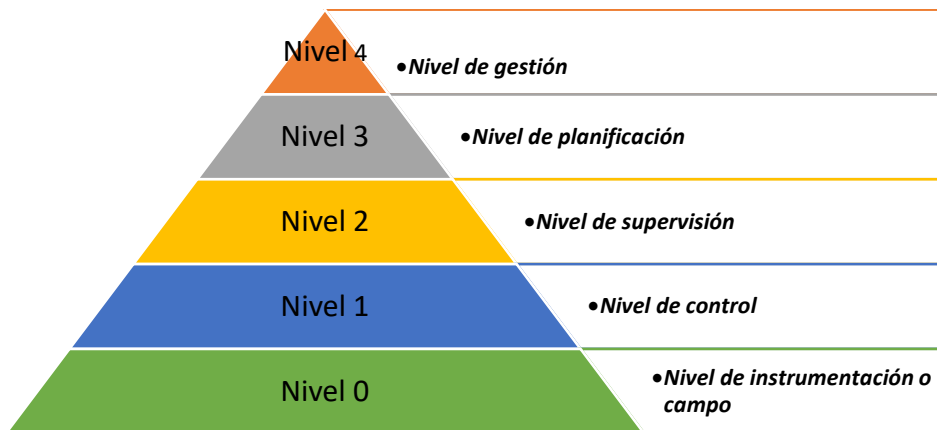
La automatización se puede definir como un conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en acción o tareas que se necesite el uso de una acción física y mental, en proceso o actividades seriales que produzcan un determinado fin. (Pérez, Acevedo & Silva, 2009)

En la industria se entiende como la parte de un sistema que ingresan entradas en forma de materia prima como producto, energía o información y mediante un proceso se genera una transformación obteniendo a su salida un material en forma de producto final (Lozano & Zamora, 2008).

2.5.1 Procesos industriales

Proceso industrial se basa en la pirámide de la automatización la cual se subdivide en los siguientes niveles como se observa en la Figura 2.3.

Figura 2.3 Pirámide de la automatización



Niveles de la automatización, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).

- **Nivel de instrumentación o campo**

Es el nivel 0 de la pirámide de automatización es en donde se realiza el proceso de fabricación y es caracterizado por que se encuentra conformado por la maquinaria, sensores, transductores, etc. utilizados en la producción de la empresa (Pérez, Acevedo & Silva, 2009).

- **Nivel de control**

EL nivel de control es el nivel 1 de la pirámide de automatización que se encuentra conformado por los dispositivos de control que se encargan de la regulación, control y operación del proceso de los elementos que se encuentran en el nivel 0 de la pirámide. Entre los dispositivos más conocidos en este nivel se encuentra los PLC's, controladores y tarjetas de control (Lozano & Zamora, 2008).

- **Nivel de supervisión**

El nivel de supervisión es el nivel 2 de la pirámide de automatización y es el encargado de la obtención de la información sobre los sensores, actuadores, enclavamientos y variables que se encuentren asociadas en los lazos de control. Las principales funciones de este nivel son: supervisión, optimización, mantenimiento preventivo y asignación de consignas del proceso a supervisar (Sanchiz, Romero, & Ariño, 2010).

- **Nivel de planificación**

El nivel de planificación es el nivel 3 de la pirámide de automatización en el cual se administra la producción, en este se encuentran los sistemas MES los cuales permiten centralizar la información de la producción, gestionar materiales, gestionar compras, analizar costes, controlar el inventario, entre otras funciones que permiten un análisis del comportamiento de la planta (Bullon, 2009).

- **Nivel de gestión**

El nivel de gestión es el nivel final de la pirámide de automatización y el encargado de emitir información a los demás niveles sobre la situación comercial y el nivel de producción que se debe realizar, obteniendo una respuesta sobre el cumplimiento de las misma (Lozano & Zamora, 2008).

2.6 VISION ARTIFICIAL

La visión artificial es una de las tecnologías que marca la diferencia en la producción industrial, pues es capaz de detectar productos defectuosos mediante la utilización de técnicas en las cuales se obtiene imagen, la procesa y analiza para tomar una decisión final sobre el producto (Tipantasi, 2018).

Podemos definirla como un proceso de adquisición, identificación e interpretación de una imagen obtenida desde el mundo real a partir de la unión de imágenes bidimensionales (García y Caranqui, 2015). La visión artificial se subdivide de 6 procesos que se describen en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Proceso de la visión artificial

Procesos	Nivel de Visión	Entrada	Salida	Área
Captura	Bajo	Imagen	Imagen	Procesamiento de imágenes
Preprocesamiento	Bajo	Imagen	Imagen	Procesamiento de imágenes
Segmentación	Medio	Imagen	Grupos de Pixeles	Análisis de imágenes
Descripción	Medio	Objetos o regiones	Información Cuantitativa	Análisis de imágenes
Reconocimiento	Medio	Información cuantitativa	Objetos clasificados en categorías	Análisis de imágenes
Interpretación	Alto	Objetos clasificados en categorías	Comprensión de la escena	Visión por computadora

Subproceso de la visión artificial, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).

2.6.1 Métodos de captación de las imágenes

- **Digital**

Mediante un muestreo obtenidos en un intervalo de tiempo obtenemos una función, siendo el valor de dicha función un número positivo y entero (García, 2015).

- **Píxel**

Consiste en dividir la imagen en partes más pequeñas, digitalizando la imagen en una cuadrícula, donde cada elemento se llama píxel (Tipantasi, 2018).

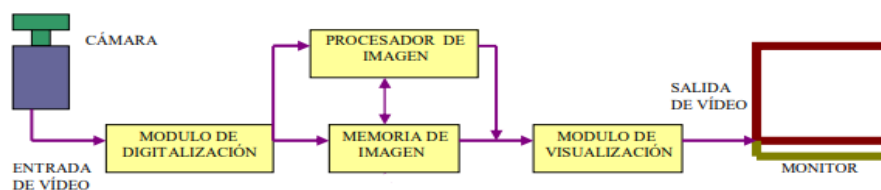
- **Imagen binaria**

Es aquella que solo tiene dos niveles de gris: negro y blanco, en función de un nivel binario o valor de umbral, cada uno de los pixeles se convierte en un color negro o blanco (García, 2015).

2.6.2 Diagrama de funcionamiento

El módulo de digitalización convierte la señal analógica proporcionada por la cámara a una señal digital, en donde es procesada y enviada a la memoria de imagen, posteriormente el módulo de visualización convierte la señal digital residente en la memoria de imagen para que pueda ser visualizada en el monitor de TV (Tipantasi, 2018). Como se observa en la Figura 2.4

Figura 2.4 Diagrama de adquisición y conversión de imágenes



Proceso de digitalización de imágenes, Fuente: (Tipantasi, 2018)

CAPÍTULO 3

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

3.1 PROCESO ACTUAL DE SERIGRAFÍA

3.1.1 Elaboración del marco textil

La empresa Textil El Greco tiene 3 tipos de marcos de diferentes medidas con las siguientes características:

- Marco textil pequeño: marco elaborado de madera cuyos bordes son asegurados por tirafondos, con medidas de 45cm de largo, 65cm de ancho y 10cm de alto. Como se observa en la Figura 3.1.

Figura 3.1 Marco textil pequeño



Marco textil pequeño, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).

- Marco textil mediano: marco elaborado de aluminio, soldado en sus 4 bordes, cuyas medidas son de 65cm de largo, 65cm de ancho y 10cm de alto. Como se observa en la Figura 3.2.

Figura 3.2 Marco textil mediano



Marco textil mediano, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).

- Marco textil grande: marco elaborado de aluminio, soldado en sus 4 bordes, con medidas de 100cm de largo, 65cm de ancho y 10cm de alto. Como se observa en la Figura 3.3.

Figura 3.3 Marco textil grande



Marco textil grande, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).

3.1.2 Colocado de la malla

La malla textil que se empleó es de nylon de 120 hilos, es un material permeable y resistente al calor que permite que la malla siga tensa en caso de humedad o exceso de temperatura, también es flexible lo que facilita la impresión en superficies irregulares y una mayor precisión cuando el diseño exige mucho detalle. La malla textil se colocó en los marcos mediante pegamento industrial, procurando que esta se encuentre tensa y uniforme, para que no exista ningún problema en el proceso de impregnación de tinta.

3.1.3 Impregnado de la emulsión a la malla

Para el preparado del soluto en la malla se utilizó Sericrom U5-2001 y Bicromato W3-0116 la proporción para la creación de emulsión es de cuatro a uno esto quiere decir que por 20ml de Sericorm son 5ml de bicromato, la mezcla se realizó en un cuarto oscuro ya que reacciona frente la luz y pierde sensibilidad, la emulsión se colocó en toda la malla.

3.1.4 Secado de la emulsión

Para el proceso de secado que se produce después de la impregnación de la emulsión la empresa tiene una máquina de elaboración propia que se encuentra conformado por tres niquelinas que funcionan a 220V a 5A y un ventilador, su función es producir temperatura mediante las niquelinas mientras que el ventilador distribuye el calor en un cuarto cerrado por plástico, este proceso se realiza aproximadamente por cinco minutos hasta que la emulsión se seque por completo.

3.1.5 Elaboración del diseño

Los diseños se realizan dependiendo la demanda, adicionalmente la empresa recibe diseño de la franquicia de Disney. Una vez realizado los diseños en un editor de imagen se imprime en vinilo para la impregnación en el marco textil. Como se observa en la Figura 3.4.

Figura 3.4 Elaboración del diseño



Selección del diseño a revelar, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).

3.1.6 Proceso de insolado de marcos textiles

El proceso de insolado se lo realiza mediante una insoladora, las medidas de esta máquina son de 1.20m de alto, 1m de ancho y 1m de profundidad su área del trabajo es de 1m² para el revelado de marcos. Dicha máquina se conforma por los elementos que se muestran en la Tabla 3.1.

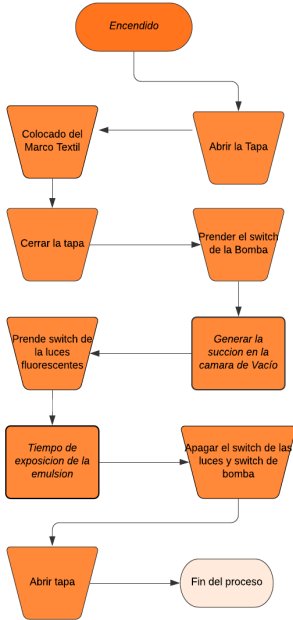

Tabla 3.1 Elementos de insoladora

Elemento	Descripción
Bomba de Vacío	1/4HP a 4.3A 120V 60Hz
Tubos fluorescentes	30W Sylvania
Vidrio	Lámina de 4 pulgadas
Tela	Micro neopreno con recubrimiento de plástico
Interruptor	NA

Información técnica de los elementos de la insoladora manual, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).

En la Tabla 3.2 se muestra el funcionamiento del proceso de insolación con la Figura 3.5 con el diagrama de flujo, y en la Figura 3.6 la máquina de insolado.

Tabla 3.2 Proceso de insolado

Proceso de insolación	Máquina de insolado
<p>Figura 3.5 Diagrama de flujo proceso de insolado</p>  <p>Proceso de insolado, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).</p>	<p>Figura 3.6 Insoladora empresa El Greco</p>  <p>Imagen de la máquina manual, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).</p>

Proceso de la máquina manual de la empresa EL GRECO, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).

3.1.7 Proceso de lavado

- El lavado de los marcos se realiza mediante una hidro lavadora de la marca Dewalt que funciona a 120V que rocía agua a alta presión alrededor de cinco veces más potente que una manguera comercial y usa un 75% menos de agua, este proceso se realiza de dos a cinco minutos o hasta que el diseño del marco sea visible. Como se observar en la Figura 3.7.

Figura 3.7 Lavado de Marcos



Hidro lavado para revelar el diseño, Fuente: (Esteban Arellano y Brayán Bautista, 2020).

3.1.8 Control de calidad

La gestión de control de calidad de los marcos textiles se realiza de manera manual, un operario coloca frente a una luz el marco textil buscando imperfecciones que pueden afectar al posterior proceso de impregnación de tinta y pueda dañar la prenda, si existe alguna imperfección el operario coloca emulsión en las imperfecciones y pasa el marco a la siguiente línea de producción. Como se observa en la Figura 3.8

Figura 3.8 Control de calidad



Verificación de fallas de revelado, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).

3.1.9 Impregnación de tinta

La impregnación de tinta se realiza de dos formas la primera mediante un pulpo de ocho brazos manual y la segunda utilizando un pulpo electroneumático de dieciséis brazos.

- **Pulpo manual:** En un pulpo de acero inoxidable el cual permite la sujeción de los tableros en cada uno de sus brazos, sin embargo, la impregnación de tinta la realiza un operario. Como se puede observar en la Figura 3.9.

Figura 3.9 Pulpo Manual



Pulpo de impregnación de tinta, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).

- **Pulpo electroneumático:** Es un pulpo de la marca Power Light la cual tiene pistones neumáticos para el impregnado de tinta y motores conectados a variadores de frecuencia para realizar el movimiento de impregnación de tinta y controlado por un PLC Mitsubishi de 128 entradas y salidas. Como se puede observar en la Figura 3.10.

Figura 3.10 Pulpo electroneumático



Área de producción de camisetas, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).

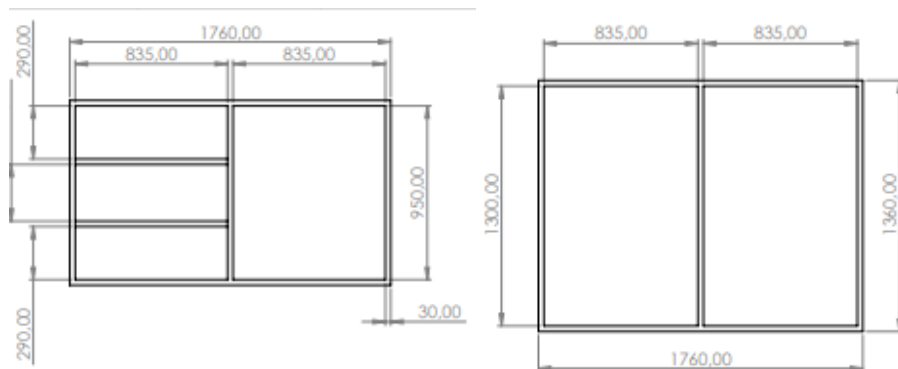
3.2 OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SERIGRAFÍA

3.2.1 Diseño de la máquina de insolado

Mediante el programa informático Solid Work se diseñó las piezas principales a implementar dividiéndole en 3 secciones principales:

- **Base:** Es una estructura rectangular que tiene 1760mm de ancho, 1360mm de largo y 950mm de alto la cual el soporte de toda la máquina véase la Figura 3.11.

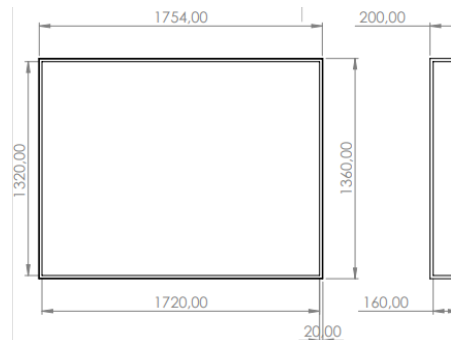
Figura 3.11 Base de la máquina



Vista frontal y superior de la base, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).

- **Cuerpo:** Es una estructura rectangular que tiene 1754mm de ancho, 1360mm de largo y 200mm de alto como se puede observar en la Figura 3.12, el cual almacena la luces que permiten el revelado de los marcos.

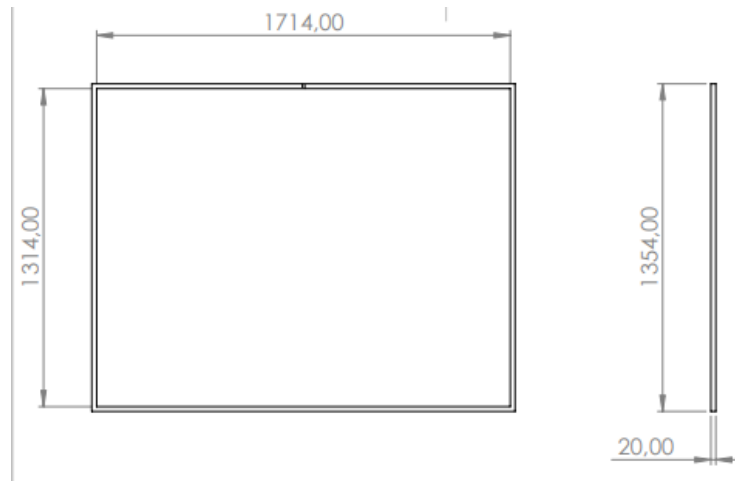
Figura 3.12 Cuerpo de la Máquina



Vista superior y lateral del cuerpo, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).

- **Tapa:** Es una estructura rectangular que tiene 1714mm de ancho, 1314mm de largo, 20mm de alto y un agujero de 10mm que permite generar una cámara de vacío véase la Figura 3.13.

Figura 3.13 Tapa de la Maquina

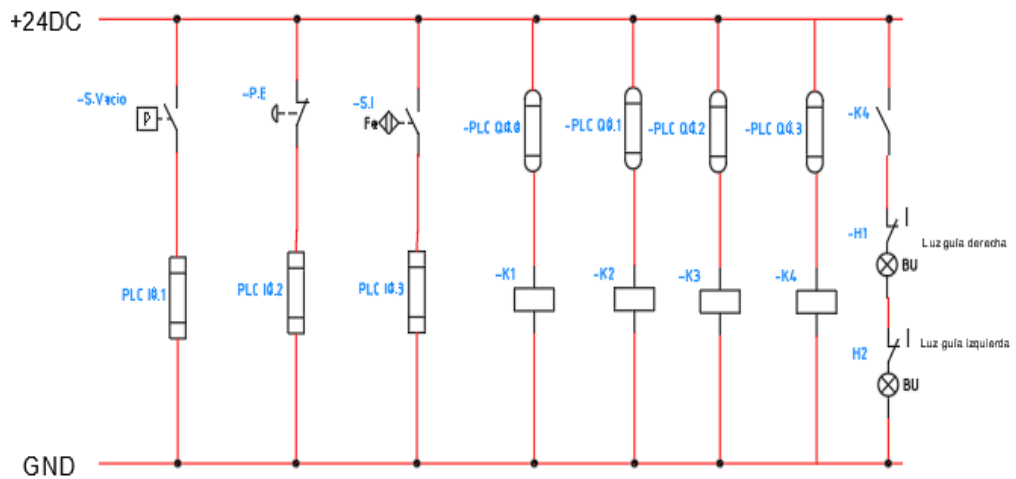


Vista superior y lateral de la tapa, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).

Diagrama Eléctrico: Se realizó esquemas eléctricos de potencia y de control en el programa informático AutoCAD Electrical 2019 para el desarrollo de la máquina de insolado.

- **Diagrama de control:** Diagrama desarrollado para comprobar que el proceso se encuentre en una condición estable y para asegurar que todas sus acciones prevalezcan en una condición segura en este caso de la máquina de insolado véase la Figura 3.14.

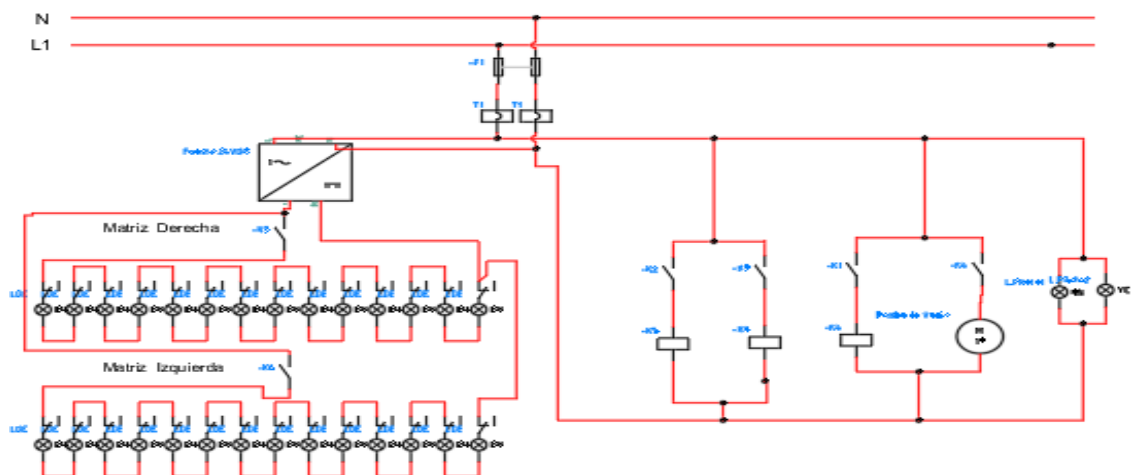
Figura 3.14 Diagrama de Control



Elementos de control para automatización del proceso de insulado, Fuente: (Esteban Arellano y Brayán Bautista, 2020).

- **Diagrama de Potencia:** Sirve para el análisis de las cargas que se van a implementar y para su distribución para que no exista un desbalance en las líneas de alimentación eléctrica véase la Figura 3.15.

Figura 3.15 Diagrama de Potencia



Elementos de potencia para el proceso de insulado, Fuente: (Esteban Arellano y Brayán Bautista, 2020).

3.2.2 Hardware de la máquina de insolado

Cámara de Vacío:

- **Tela de succión:** En su parte superior conformada por polímero de algodón y en su inferior recubierta de una mezcla de polímero inorgánico y dióxido de silicio, impermeable la cual no permite el paso de ningún tipo de fluido.
- **Bomba de Vacío:** La bomba permite extraer gases de una superficie cerrada con el objetivo de reducir la presión, en la máquina de insolado se usa para adherir al fotolito con el diseño a revelar, se utilizó una máquina de la marca Everwall y sus características principales se encuentran en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Bomba de vacío everwall

Potencia	1/3HP
Capacidad	5 CFM
Trabajo	120-220V
Velocidad	3440rpm
Peso	7.5Kg
Carga	7.5A

Características técnicas de la bomba de vacío, Fuente: (Esteban Arellano y Brayán Bautista, 2020).

El tiempo que se demora la bomba de vacío propuesta en realizar la succión de la máquina de insolado se da por el cálculo del tiempo de evacuación $t[h]$.

En donde:

V_g = Volumen a evacuar $[m^3]$

V_1 = Volumen de la estructura $[m^3]$

L=Longitud de la estructura[m]

W=Ancho de la estructura[m]

H=Altura de la manguera [m]

$V_2 =$ Volumen de los tubos flexibles de vacío [m^3]

$r=$ Radio de la manguera[m]

$h=$ Altura de la manguera[m]

$$V_1=LxWxH \quad \text{Ec. (3.1)}$$

$$V_1=1.76[m]x1.36[m]x0.02[m]$$

$$V_1=0.047[m^3]$$

$$V_2=\pi x r^2 x h \quad \text{Ec. (3.2)}$$

$$V_2=3.14x0.0064[m^2]x1[m]$$

$$V_2=0.020[m^3]$$

$$V_g=V_1 + V_2 \quad \text{Ec. (3.3)}$$

$$V_g=0.047[m^3] + 0.020[m^3]$$

$$V_g=0.067[m^3]$$

En donde:

$V_g =$ Volumen a evacuar [m^3]

$I_n =$ Logaritmo natural

$P_a =$ Presión inicial absoluta 1.013 [mbar]

$P_e =$ Presión final absoluta 0.93[mbar]

$V=$ Capacidad de aspiración del generador de vacío 8.495[m^3/h]

$$t = \frac{(V_g \times I_n \left(\frac{P_a}{P_e}\right) \times 1.3)}{V} \quad \text{Ec. (3.4)}$$

$$t = \frac{(0.067[m^3] \times I_n \left(\frac{1.013}{0.93}\right) \times 1.3)}{8.495[m^3/h]}$$

$$t = 21.80[s]$$

HMI Kinco

Una interfaz hombre-máquina conocido como (HMI) es una comunicación entre el proceso y el operario, es la primera herramienta que se utilizó para coordinar o controlar la línea de producción. Para la elaboración de la máquina insoladora se utilizó un HMI de la marca kinco de la green series GL043E de 4.3 pulgadas, la elaboración de la interfaz se realizó con el software Kinco Dtools V3.3. Los datos técnicos del HMI GL043E de la marca Kinco se observan en el Anexo 3.

PLC LOGO V8.2 230 RCE

Para el proceso de insolación se va a utilizar el PLC LOGO V8.2 230 RCE de la marca siemens, la elaboración de la programación se lo realizó mediante el programa LOGO! Soft Comfort V8.2.

Los datos técnicos del PLC LOGO V8.2 230 RCE de la marca siemens se observa en el Anexo 4.

Vidrio: Existen dos tipos de vidrio el templado y el laminado, sin embargo, para el presente proyecto se ocupó vidrio templado de 6 líneas con dimensiones 176cm de anchura, 136cm de profundidad y 6mm de altura, este permite mayor resistencia mecánica y de temperatura, lo que ayudó a que la presión que ejerce la bomba de vacío frente al marco textil no produzca la fractura del vidrio.

Luces led UV: Se utiliza 28 tiras de luces led UV SMD3528 con una apertura focal de 120° longitud de onda de 395nm, esta longitud de onda permite una reacción fotosensible con la emulsión produciendo que el proceso de insolado sea más efectivo que otro tipo de luces, los datos técnicos se pueden observar en el Anexo 5.

Relés: Se ocupó relés de 24VDC a las salidas del PLC Logo 8 para aislar la parte de control con la de potencia y cuidar la integridad del controlador cuando exista una sobrecarga o algún desperfecto mecánico que pueda afectar las salidas de nuestro controlador

Contactores: Los contactores habilita o deshabilita el paso de la corriente en los contactos de la lámpara y de la bomba de vacío. En esta ocasión se ocupó los contactores de la marca CAMSCON los cuales tienen una bobina normalmente abierta de 110V con el cual se puede hacer el control de su funcionamiento mediante la señal del relé.

Luces piloto: Dispositivo el cual permite indicar la función del proceso mediante una señal lumínica.

Paro de emergencia: Interruptor normalmente cerrado utilizado para seguridad que en su accionamiento detiene cualquier tipo de proceso de manera inmediata, para esta ocasión se utilizó el paro de emergencia estilo hongo el cual para activar se aplasta y para desactivar se gira.

Sensores:

- **Sensor de Vacío:** Permite medir la cantidad de vacío que se está produciendo en un área hermética en la cual se produce un diferencial de presión, en esta ocasión se ocupó el sensor JUMO 404366 los datos técnicos se pueden observar en el Anexo 6.

- **Transductor de señal:** Se utilizó el módulo conversor de señal de corriente a voltaje 4-20mA a 10VDC que permite la transformación de la señal del sensor de vacío, para poder obtener datos en la entrada I0.0 del PLC logo el cual permite la adquisición de datos en un rango de 0 a 10V.
- **Sensor inductivo:** Sensor colocado en la tapa de la máquina que se utiliza como sistema de seguridad para el revelado de marcos con una distancia de 15mm, conexión tipo NPN y alimentación de 16 a 35VDC.

Protección eléctrica: Para la protección eléctrica de la máquina se toma los datos de corriente de todos los elementos eléctricos que se va a implementar como se observa en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Corrientes de los elementos

Elemento	Corriente
Fuente de 24VDC	1.5A
Fuente de 12VDC	1.0A
Bomba de vacío Everwell	7.5A
6 tiras leds	6A

Corrientes de elementos, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).

En donde:

I_{t1} =Suma de todas las corrientes de potencia

I_{t2} =Suma de todas las corrientes de control

$$I_{t1} = 7.5[A] + 6[A] \quad \text{Ec. (3.6)}$$

$$I_{t1} = 13.5[A]$$

$$I_{t2} = 1.5[A] + 1.0[A] \quad \text{Ec. (3.7)}$$

$$I_{t2} = 2.5[A]$$

Según la normativa NEC (Normativa eléctrica de Construcción, 2018) en su apartado de instalaciones electromecánicas sugiere que las protecciones deben ser dimensionadas dependiendo al uso en que se va a emplear dictando que para una carga de constante uso se sobredimensiona en un 15% de la carga total del equipo.

En donde:

I_{p1} =Corriente de protección de potencia

I_{p2} =Corriente de protección de control

$$I_{p1} = I_{t1} \times 1.15 \quad \text{Ec. (3.8)}$$

$$I_{p1} = 13.5[A] \times 1.15$$

$$I_{p1} = 15.525[A]$$

$$I_{p1} = I_{t2} \times 1.15$$

$$I_{p2} = 2.5[A] \times 1.15 \quad \text{Ec. (3.9)}$$

$$I_{p2} = 2.875[A]$$

Para la protección del área de control y potencia como se puede observar en la ecuación 1 y ecuación 2 se buscó en el mercado protecciones que se acerquen a la carga requerida, para el área de control un termomagnético Schneider de 3A y para el área de potencia un Schneider de 16A las cuales cumplen con la dimensión requerida.

Materiales: En la Tabla 3.5 se observa todos los materiales usados para el desarrollo del hardware de la máquina de insolado.

Tabla 3.5 Materiales de la máquina

<p>Figura 3.16 Tela de succión</p>  <p>Tela de succión, Fuente: (Esteban Arellano y Brayán Bautista, 2020).</p>	<p>Figura 3.17 Bomba de vacío</p>  <p>Bomba Everwell 1/3hp, Fuente: (Esteban Arellano y Brayán Bautista, 2020).</p>
<p>Figura 3.18 PLC LOGO V8.2 230 RCE</p>  <p>PLC LOGO con salida tipo relé, Fuente: (Esteban Arellano y Brayán Bautista, 2020).</p>	<p>Figura 3.19 HMI Kinco GI043E</p>  <p>HMI con pantalla capacitiva, Fuente: (Esteban Arellano y Brayán Bautista, 2020).</p>
<p>Figura 3.20 Luces led uv</p>  <p>Tira led de 12V, Fuente: (Esteban Arellano y Brayán Bautista, 2020).</p>	<p>Figura 3.21 Relé Camsco</p>  <p>Relé de bobina de 24VDC, Fuente: (Esteban Arellano y Brayán Bautista, 2020).</p>
<p>Figura 3.22 Contactor Camsco</p>	<p>Figura 3.23 Luces Piloto</p>

 <p>Contactor con bobina de 110V, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).</p>	 <p>Luces piloto, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).</p>
<p>Figura 3.24 Paro de emergencia</p>  <p>Paro de emergencia, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).</p>	<p>Figura 3.25 Sensor de vacío JUMO</p>  <p>Sensor de vacío con encapsulamiento enferulado , Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).</p>
<p>Figura 3.26 Sensor inductivo</p>  <p>Sensor NPN de tipo inductivo, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).</p>	<p>Figura 3.27 Protecciones Schneider</p>  <p>Protecciones térmicas, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).</p>

Materiales utilizados en el hardware de la máquina, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).

Matriz de leds: Para la exposición de luz se utilizó luces led ultravioletas con una longitud de onda de 395nm que permite una reacción fotosensible a la emulsión

ocupada por la empresa que tiene un rango de 315-400nm, para ello se realizó una matriz de 28 tiras led de 1 metro de largo, con una separación de 5cm de ancho para cubrir el área útil de revelado, como se observa en la Figura 3.28.

Figura 3.28 Matriz de led

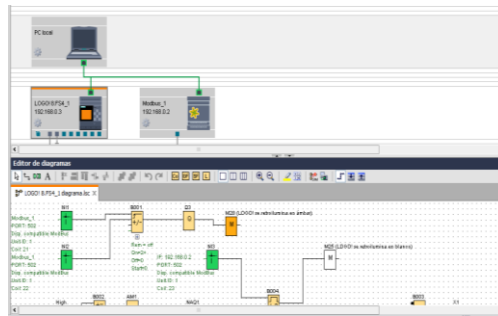


Área de revelado de leds uv, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2021).

3.2.3 Software de la máquina de insolado

- **LOGO; Soft Comfort:** Herramienta empleada para la programación de PLC de la marca Siemens de la serie Soft Comfort el software permitió la programación multilingüe para la creación de programas para LOGO! en la PC, Véase la figura 3.29.

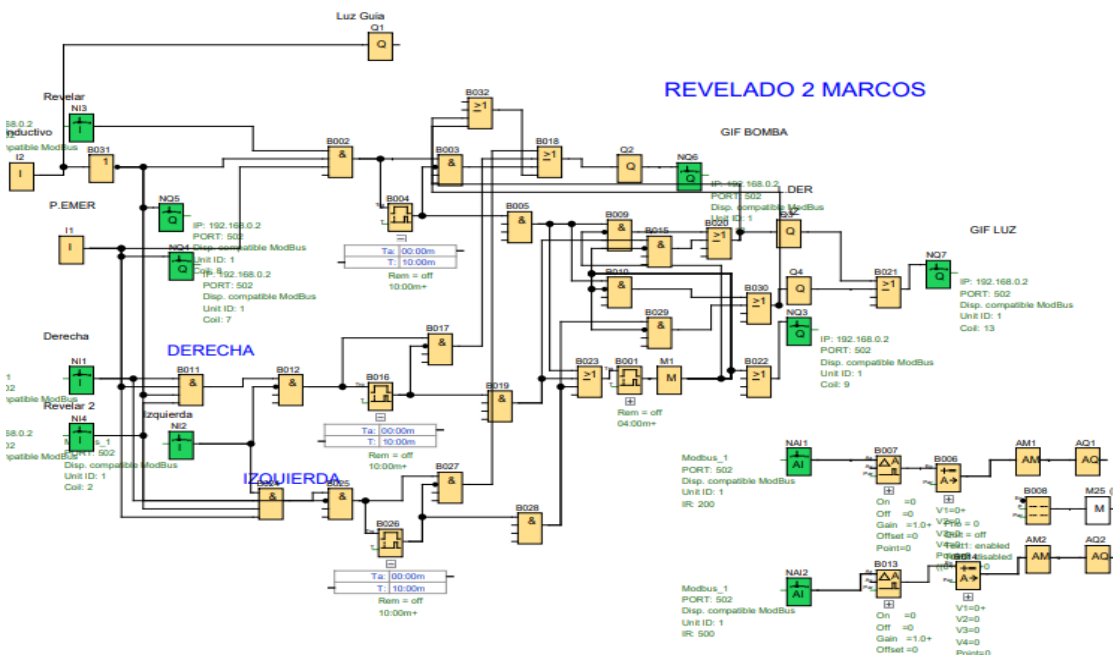
Figura 3.29 LOGO_i Soft Comfort



Árbol de red en LOGO_i Soft Comfort, Fuente: (Esteban Arellano y Brayán Bautista, 2020).

- Programa de LOGO_i Soft Comfort:** En la Figura 3.30 se observa la programación completa de la máquina de insolado, con todas sus entradas, salidas, instrucciones y bloques de red empleados para el desarrollo del programa y en la Figura 3.31 y Figura 3.32 los diagramas de flujo de programación.

Figura 3.30 Programación de LOGO_i Soft Comfort



Programación en diagramas de bloques en el programa LOGO_i Soft Comfort, Fuente: (Esteban Arellano y Brayán Bautista, 2020).

Figura 3.31 Revelado de dos lados

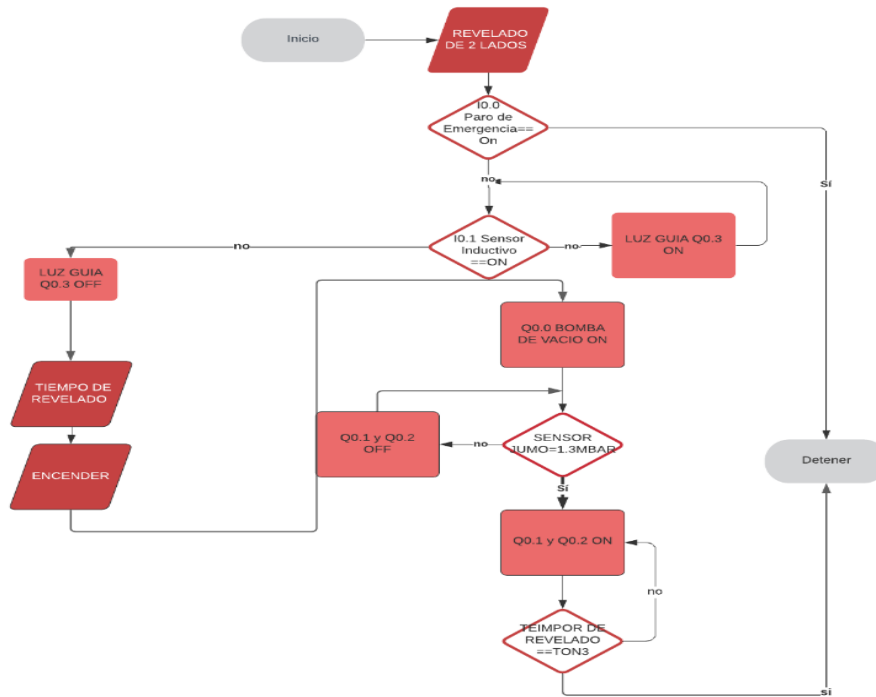


Diagrama de flujo del revelado de dos lado: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2021).

Figura 3.32 Revelado por la izquierda y derecha

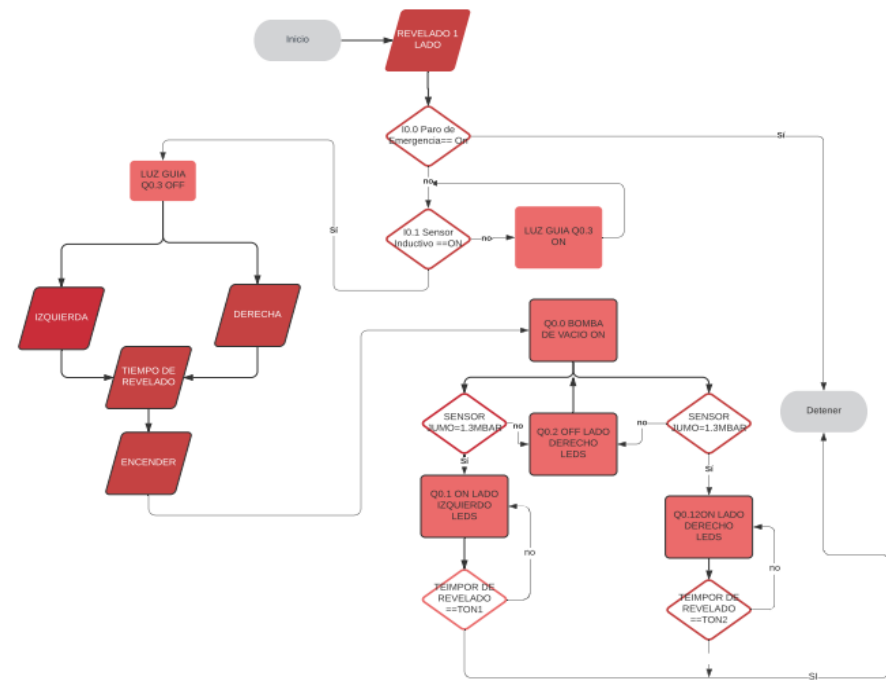
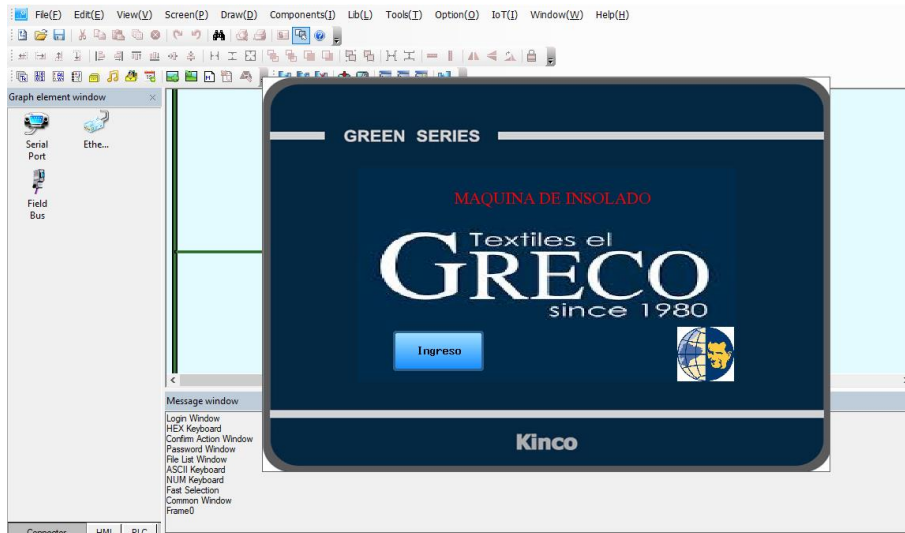


Diagrama de flujo del revelado de un lado: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2021).

- **Kinco DTools:** Programa utilizado para realizar interfaces de HMI de la marca Kinco, el software permite el control de los PLCs mediante gráficas y alarmas auditivas, véase en la Figura 3.33.

Figura 3.33 Kinco DTools



Interfaces de prueba en el programa Kinco DTools, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).

- **Comunicación Logo RCE 230 y Kinco GL043E:** La conexión realizada es mediante el sistema de comunicación Modbus en el cual se realizó las configuraciones de las direcciones IP de los dispositivos como se puede observar en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 Direcciones IP

Dispositivo	Dirección
PC	192.168.0.2
PLC	192.168.0.3
HMI	192.168.0.10

Direccionamiento IP de los dispositivos, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).

Para la configuración del HMI el software Kinco Dtools al iniciar un programa de red permite configurar el dispositivo con dirección IP, máscara y puerta de enlace.

Para la configuración del PLC el cambio de la dirección se lo puede realizar mediante el software LOGO;Soft Comfort o de una manera directa mediante las configuraciones internas del PLC.

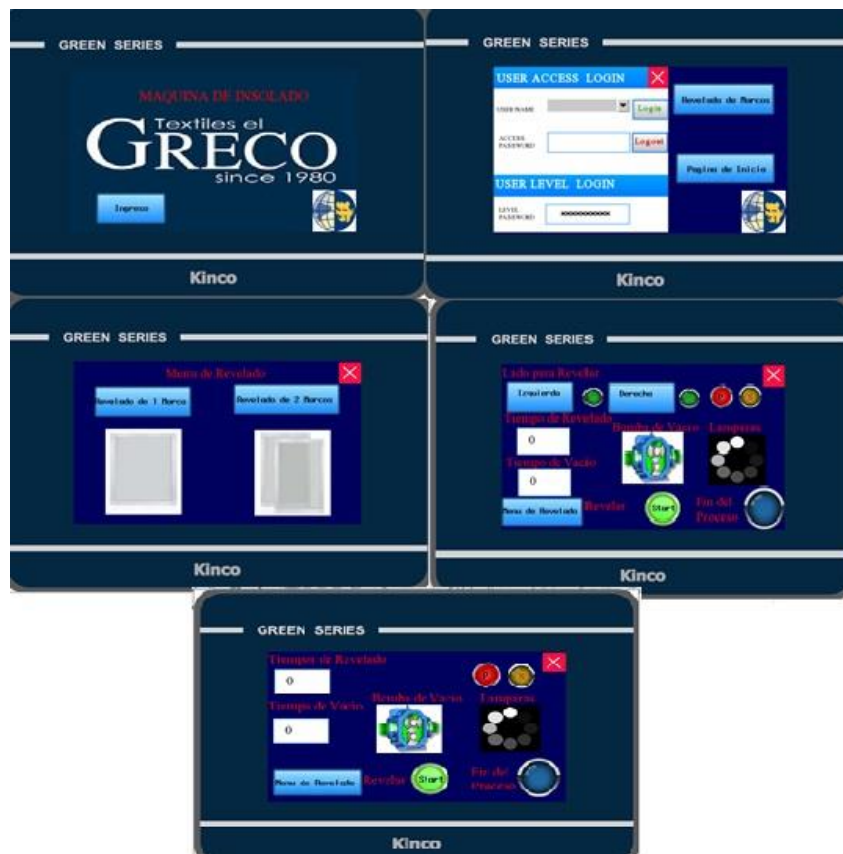
3.2.4 Interfaz de la pantalla touch

Para el desarrollo de las interfaces se realizó mediante el software Kinco Dtools:

- Pantalla de inicio: Logo de la empresa y un botón de ingreso
- Pantalla de Acceso: Una interfaz de validación, botón página de inicio y el botón de revelado de marcos
- Menú de revelado: 2 opciones Revelado de 1 marco y Revelado de 2 marcos
- El Revelado de 1 marco: Las opciones del revelado por la izquierda o derecha, tiempo de vacío, tiempo de revelado y la opción de Start
- El Revelado de 2 marcos: Las opciones tiempo de vacío, tiempo de revelado y la opción de Start.

Algunas de las interfaces de desarrollo de la pantalla touch se muestran en la Figura 3.34.

Figura 3.34 Frames Kinco Dtools



Interfaces gráficas del proceso, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2021).

3.2.5 Máquina insolado desarrollado

Una vez desarrollado el hardware y el software de la máquina de insolado para su construcción se procedió a unirlos y realizar pruebas para validar que la máquina desarrollada sea funcional, como se observa en la Figura 3.35.

Figura 3.35 Máquina de Insolado



Imágenes en diferentes ángulos de la máquina implementada, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2021).

3.2.6 Control de calidad hardware

En cuanto al control de calidad se implementó una aplicación de visión artificial donde se involucran dos partes, la primera una cámara que es la encargada de capturar las imágenes que posteriormente serán procesadas por la aplicación de visión artificial, y la segunda parte consta de un ambiente controlado donde la variable luminosidad sea controlada para que la cámara pueda captar una imagen sin fallas.

- **Cámara Sony eye PS3**

La cámara Playstation Eye permite capturar imágenes en alta definición y en condiciones de poca luz, de esta manera la cámara proporciona una imagen con brillo y contraste perfectamente ajustados, en la Figura 3.36 se muestra la cámara físicamente. Esta cámara cuenta con grandes ventajas técnicas, las cuales se observan en el Anexo 7.

Figura 3.36 Sony Eye-Camera PS3



Dispositivo para captura de imágenes. Fuente (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020)

- **Ambiente controlado**

Un ambiente controlado es un área donde se puede manipular variables generando un estado óptimo para aplicaciones específicas, en este caso la variable a controlar es la luminosidad, de esta manera el marco tendrá la cantidad de luz suficiente y la cámara capta una imagen sin fallas, para lo cual se realizó una estructura que permite aislar y generar condiciones óptimas en este caso 80 lumen, esta cantidad representa a la luz ambiental.

Figura 3.37 Ambiente controlado



Control de luminosidad, Fuente (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2021)

3.2.7 Control de calidad software

En el desarrollo de software para el control de calidad mediante visión artificial se emplea el software MATLAB R2019a, específicamente los toolbox de adquisición y procesamiento de imágenes, y Desing App para realizar una aplicación que se pueda instalar en cualquier ordenador.

- **Algoritmo desarrollado en Matlab**

En la Figura 3.38 se desarrolla un algoritmo cuyo primer paso es leer la fotografía capturada, posteriormente se procede a realizar una conversión a escala de grises y aplicar un filtro de eliminación de ruido adaptativo con la función “wiener2” que utiliza el método Wiener por píxeles basado en estadísticas estimadas de un vecindario local de cada píxel. Una vez suavizada se aplica el comando “graythresh” para calcular el umbral global de la imagen, que se emplea binarizar y etiquetar el número de objetos encontrados dentro de una matriz que se encarga de dimensionar dichas áreas. En la etapa final el programa encierra en un rectángulo las filtraciones que son menores a 1000 píxeles, en la Figura 3.39 tenemos el diagrama de flujos de la programación.

Figura 3.38 Algoritmo de visión artificial

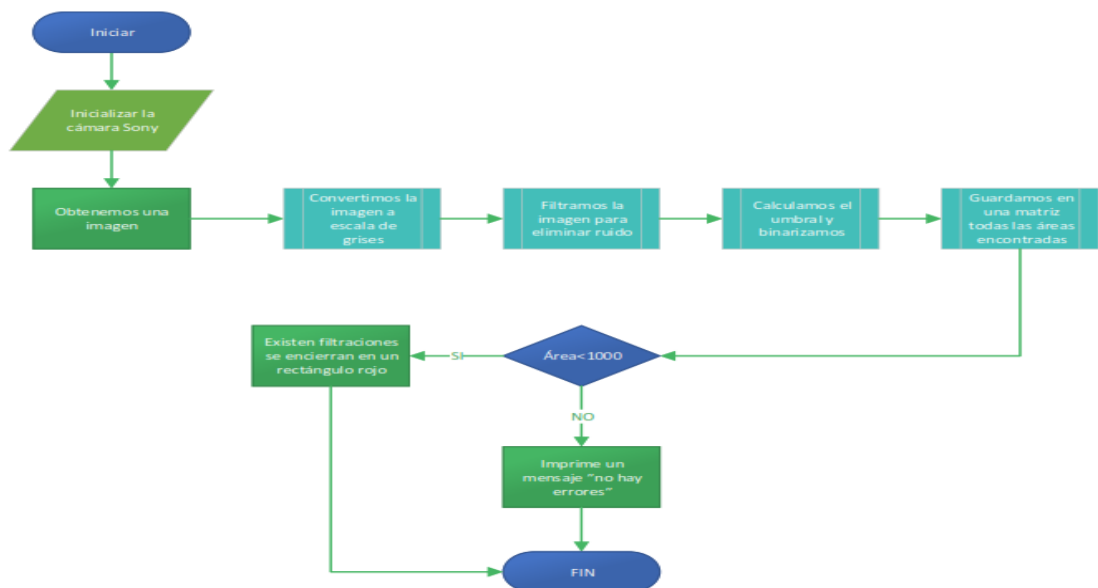
```

clc; clear all; close all;
I=imread('contorno2.png');
Im=rgb2gray(I); %CONVERTIMOS LA IMAGEN A ESCALA DE GRISES
Iml= wiener2(Im,[20 30]); %FILTRA LA IMAGEN MEDIANTE UN FILTRO ADAPTATIVO EN PÍXELES
umb=graythresh(Iml); %CALCULA LA UMBRAL GLOBAL A PARTIR DE LA IMAGEN EN ESCALA DE GRISES
bw=imbinarize(Iml,umb); %CREA UNA IMAGEN BINARIA A PARTIR DE LA IMAGEN EN ESCALA DE GRISES
imshow(I);
[L, Ne]=bwlabel(bw); %DEVUELVE LA MATRIZ DE ETIQUETAS DE LA IMAGEN BINARIZADA, CON EL NÚM
propied=regionprops(L); %DEVUELVE MEDIADAS PARA EL CONJUNTO DENTRO DE LA MATRIZ
hold on
for n=1:size(propied,1)
    rectangle('Position',propied(n).BoundingBox,'EdgeColor','g','LineWidth',2); %ENCERRAMOS EN U
end
pause(2)
s=find([propied.Area]<1000); %NUMERO DE PÍXELES CONSIDERADOS COMO FILTRACIONES
for n=1:size(s,2)
    rectangle('Position',propied(s(n)).BoundingBox,'EdgeColor','r','LineWidth',2); %ENCIERRA EN
%CONSIDERADA
end
if n>0
    fprintf('existen : %d errores',n) %IMPRIME EL NUMERO DE ERRORES ENCONTRADOS
else
    fprintf('no hay errores')
end
end
    
```

Desarrollo de Algoritmo en Matlab, Fuente (Esteban Arellano y Brayán Bautista, 2020)

- Diagrama de flujo del algoritmo desarrollado

Figura 3.39 Diagrama de flujo visión artificial



Método de detección de errores mediante visión artificial, Fuente (Esteban Arellano y Brayán Bautista, 2021).

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se muestran los resultados de la implementación de una insoladora y la propuesta de visión artificial mediante datos estadísticos que proporcionan un análisis comparativo de la producción de las máquinas implementadas frente al trabajo manual que se venía realizando en la empresa.

4.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA INSOLADORA

Al finalizar la construcción de la máquina de insolado la empresa textil EL GRECO realizó las pruebas de calidad, productividad y tiempo, basándose en las 2 variables que influyen para el revelado de los marcos las cuales son tiempo de vacío y tiempo de revelado.

4.1.1 Pruebas de calidad

La prueba de calidad se realizó mediante el revelado de dos marcos con las mismas características, uno de forma manual y otra con la máquina implementada como se observa en la Figura 4.1, una vez revelados los marcos se enviaron a producción obteniendo el mismo resultado comprobando que la máquina implementada es apta para producción de marcos.

Figura 4.1 Prueba de calidad



El revelado de marcos de lado derecho de formal manual y del izquierdo mediante la implementada desarrollada, Fuente (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2021)

4.1.2 Pruebas de tiempo de producción

En cuanto a la variable de tiempo se tomó en consideración tanto el tiempo de vacío como el de exposición a la luz, dando lugar a un análisis comparativo entre los tiempos del proceso manual como el proceso de la insoladora implementada, cuyos datos se presentan a continuación:

- **Tiempo de Vacío**

En cuanto a la variable del tiempo de vacío la muestra se tomó en referencia a 30 marcos en diferentes posiciones y de tamaño grande con medidas de 100cm de largo, 65cm de ancho y 10cm de alto, obteniendo datos en segundos.

En la Tabla 4.1, en la columna 2 se observa que los datos varían entre los 22s hasta los 36s estos datos tienen una variación alta debido a que no tienen ninguna forma de controlar la cantidad de vacío deseado se lo hace mediante la experiencia del operario, en la columna 3 obtenemos que todos los datos oscilan entre 21s y 23s esto se pudo realizar mediante el sensor de vacío JUMO implementado, reduciendo el tiempo de producción en un 30,92%.

Tabla 4.1 Pruebas tiempo de vacío

Tiempo de Vacío		
N° Prueba	Tiempo succión manual [s]	Tiempo succión automático [s]
1	30	23
2	29	21
3	32	20
4	28	20
5	32	21
6	25	22
7	26	21
8	29	20
9	31	21
10	33	21
11	26	22
12	25	23
13	28	20
14	29	21
15	31	21
16	33	21
17	32	21
18	30	21
19	33	20
20	25	20
21	24	21
22	32	21
23	33	21
24	31	23
25	30	23
26	27	21
27	25	21
28	32	20
29	34	21
30	31	21
PROMEDIO	29,53	20,40

Prueba tiempo de vacío del revelado manual y automático, Fuente (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2021)

- **Tiempo de Exposición**

La toma de datos para el tiempo de exposición se realizó mediante una muestra de 30 marcos grandes con 3 diferentes tipos de diseños de alta, media y baja definición

los cuales fueron revelados de manera manual mediante tubos fluorescentes y de forma automática mediante leds UV, obteniendo datos en segundos.

En cuanto a los diseños empleados los 10 primeros datos fueron obtenidos de marcos con alta definición, cuyo tiempo de exposición se determinó por medio de la experiencia subjetiva de los operarios encargados del revelado, quienes determinaron que el tiempo de impresión manual es en promedio de 146.7s, frente a un tiempo promedio de 77.3s empleado en la máquina implementada, dando como resultado una reducción del 47.30% del tiempo de exposición en el proceso del revelado.

Por su parte los diseños de los marcos con definición media se comprueban en los siguientes 10 marcos desde el marco 11 al 20, cuyo tiempo de exposición tiempo de impresión manual se determinó en un promedio de 134.3s, frente a un tiempo promedio de 70.4s empleado en la máquina implementada, dando como resultado una reducción del 47.58% del tiempo de exposición en el proceso del revelado.

Finalmente, con relación a los marcos con definición alta se comprueban en los últimos 10 marcos desde el marco 21 al 30, cuyo tiempo de exposición de impresión manual se determinó en un promedio de 120.5s, frente a un tiempo promedio de 61.2s empleado en la máquina implementada, dando como resultado una reducción del 49.22% del tiempo de exposición en el proceso del revelado.

Tabla 4.2 Pruebas tiempo de exposición

Tiempo de exposición		
Nº Prueba	Tiempo del revelado manual [s]	Tiempo del revelado automático [s]
Diseños de alta definición		
1	148	90
2	146	85
3	147	80
4	142	75
5	149	70
6	145	73
7	148	75
8	150	75
9	142	75
10	150	75
Promedio	146.7	77.3
Diseños de media definición		
11	135	80
12	133	75
13	132	70
14	135	65
15	136	69
16	131	69
17	135	69
18	137	69
19	135	69
20	134	69
Promedio	134.3	70.4
Diseños de baja definición		
21	120	75
22	121	70
23	122	65
24	121	60
25	123	55
26	120	57
27	119	61
28	120	61
29	121	61
30	118	61
Promedio	120.5	61.2

Prueba tiempo de exposición con diferente tipos de diseños, Fuente (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2021)

4.1.3 Pruebas de productividad del revelado manual y la máquina implementada

En referencia con el análisis cuantitativo de la mejora de la producción se emplearon datos obtenidos de pruebas realizadas durante 20 horas de producción semanal, con el fin de comparar la cantidad total de marcos producidos mediante el revelado manual frente a la cantidad de marcos producidos con el uso de la máquina insoladora.

El análisis obtenido de esta variable permite evidenciar que la cantidad de marcos revelados de manera manual fue un total de 241 mientras que la cantidad de marcos revelados tras la implementación de la máquina de insolado fue un total de 524. Dando como resultado que la implementación de la insoladora mejora la producción en 217,42% pues dicha máquina permite un revelado de 2 marcos al mismo tiempo ocupando de esa forma toda su área efectiva.

Tabla 4.3 Cantidad de marcos revelado

Cantidad de marcos revelado		
N° Prueba	Revelado Manual	Revelado Automático
1	10	25
2	13	27
3	12	21
4	16	36
5	13	28
6	15	37
7	11	24
8	10	22
9	14	29
10	12	25
11	9	19
12	11	23
13	14	26
14	10	24
15	12	27

16	13	30
17	8	18
18	10	24
19	13	26
20	15	33
Total	241	524

Pruebas de Productividad, Fuente (Esteban Arellano y Brayán Bautista, 2021)

4.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA VISIÓN ARTIFICIAL

Tras la implementación de la herramienta de control de calidad se realizaron las pruebas con imágenes ideales y posteriormente con fotos obtenidas en ese instante. Para esto se consideró un ambiente controlado donde el enfoque y la cantidad luminosa fueron reguladas para evitar falsos píxeles.

En estas pruebas se realizó un control de filtrado de ruido, más conteo de píxeles en donde todo valor menor a 500 píxeles se descartó como filtración de diseño.

En la Figura 4.2 se muestra el resultado obtenido con imágenes ideales donde no existe ninguna filtración.

Figura 4.2 Imagen con 0 errores

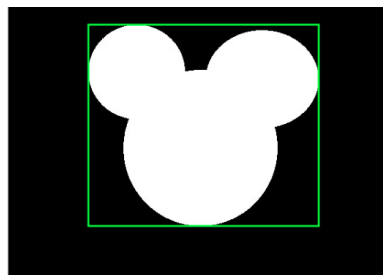


Imagen ideal sin fallas mediante el algoritmo implementado, Fuente (Esteban Arellano y Brayán Bautista, 2021)

En la Figura 4.3 se muestra el resultado obtenido con imágenes ideales donde se tiene filtraciones las cuales son captadas por el programa y encerrados en recuadro de distinto color.

Figura 4.3 Imagen con 6 errores

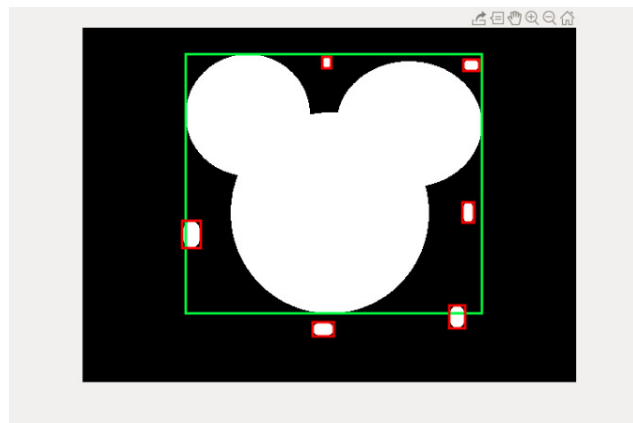


Imagen ideal con fallas detectadas mediante el algoritmo implementado, Fuente (Esteban Arellano y Brayán Bautista, 2021)

Para las pruebas con la cámara fue necesario aplicar un filtro Gaussiano para eliminar el ruido, este filtro se aplicó de manera gradual hasta obtener una imagen sin ruido donde solo se logre captar las filtraciones deseadas.

Una vez culminadas las pruebas en imágenes ideales, se procedió a realizar las pruebas con fotografías capturadas con una cámara que se empleó para el algoritmo de visión artificial dentro de un ambiente controlado, véase la Figura 4.4.

Figura 4.4 Captura con 0 errores



Imagen real sin fallas mediante el algoritmo implementado, Fuente (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2021)

En la figura 4.5 se observa que el programa detecta en la captura de la imagen las diferentes filtraciones.

Figura 4.5 Detección de errores



Imagen real con fallas detectadas mediante el algoritmo implementado, Fuente (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2021)

En la Figura 4.6 se evidencian ejemplos del algoritmo de visión artificial implementado

Figura 4.6 Ejemplos visión artificial



Las imágenes del lado izquierdo son imágenes las cuales no tienen fallas y las del lado derecho son imágenes con algún tipo de falla o anomalía, Fuente (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2021)

4.2.1 Pruebas de visión artificial para el control de calidad

Para el análisis comparativo del proceso manual de control de calidad frente a la implementación de la visión artificial, se trabajó simultáneamente con ambos procesos en un periodo de 20 días.

Como podemos observar en las Tabla 4.4 y Tabla 4.5 existe un total de 135 marcos con algún tipo de falla, en los cuales se realizó la comprobación de manera manual y mediante el algoritmo de visión artificial, obteniendo que mediante el control de calidad sin visión artificial un 43.70% de los marcos que tuvieron fallas fueron rechazados y un 56.30% fueron pasados por alto en cuanto a las fallas y pasaron al área de producción generando errores en las prendas, mientras tanto en el caso del control de calidad mediante visión artificial un 71.85% de los marcos que tuvieron

fallas fueron rechazados automáticamente y un 28.15% pasaron a la área de producción.

Por lo que, desde una perspectiva porcentual en cuanto a los dos procesos se observa que el control de calidad, mediante visión artificial redujo el margen de error de los marcos con desperfecto enviados al área de producción del 56.30% al 28.15%, mejorando la gestión de calidad en un 28.15% produciendo un ahorro en área de producción.

Tabla 4.4 Control de calidad sin visión artificial

Gestión de control de calidad sin visión artificial			
Días	Marcos con falla	Marcos Rechazado	Marcos con falla en producción
1	6	3	3
2	8	2	6
3	7	3	4
4	6	2	4
5	8	3	5
6	5	5	0
7	4	1	3
8	6	3	3
9	7	3	4
10	9	5	4
11	5	0	5
12	7	3	4
13	6	4	2
14	14	7	7
15	8	2	6
16	5	1	4
17	8	3	5
18	2	2	0
19	9	3	6
20	5	4	1
Total	135	59	76
Porcentaje	100%	43.70%	56.30%

Control de calidad sin visión artificial, Fuente (Esteban Arellano y Brayan Bautista,2021)

Tabla 4.5 Control de calidad mediante visión artificial

Gestión de control de calidad mediante visión Artificial			
Días	Marcos con falla	Marcos Rechazado	Marcos con falla en producción
1	6	5	1
2	8	5	3
3	7	7	0
4	6	3	3
5	8	6	2
6	5	4	1
7	4	3	1
8	6	5	1
9	7	4	3
10	9	8	1
11	5	3	2
12	7	6	1
13	6	3	3
14	14	10	4
15	8	6	2
16	5	4	1
17	8	7	1
18	2	0	2
19	9	5	4
20	5	3	2
Total	135	97	38
Porcentajes	100%	71.85%	28.15%

Control de calidad mediante visión artificial, Fuente (Esteban Arellano y Brayan Bautista,2021)

4.3 AHORRO ENERGÉTICO

Se identificó la fase de alimentación de la máquina manual de insolación de la empresa El Greco y mediante una pinza amperimétrica se pudo constatar que el consumo real es de 9.89A como se puede observar en la Figura 4.7

Figura 4.7 Medición de máquina manual



Medición de consumo de corriente de la máquina manual, Fuente (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2021)

Se realizó el mismo proceso con la máquina implementada y se pudo obtener que el consumo real es de 4.66A como se puede observar en la Figura 4.8. Dando como resultado que la máquina implementada produce un ahorro energético del 47.12%

Figura 4.8 Medición de máquina implementada



Medición de consumo de corriente de la máquina implementada, Fuente (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2021)

4.4 TABLAS DE COSTOS

Tabla 4.6 Costos de materiales electrónicos de la máquina

Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor Total
Bomba de vacío everwall 1/3hp	1	190	190
HMI GL043E	1	220.5	220.5
PLC LOGO V8.2 230 RCE	1	190.35	190.35
Led UV SMD3528	5	25.5	127.5
Sensor de Vacío JUMO	1	220.1	220.1
Transductor de Señal	1	10.3	10.3
Sensor inductivo	1	9.5	9.5
Tela de succión	1	112.35	112.35
Cámara Sony eye PS3	1	26	26
Led SMD 5050 Blanco	1	6.5	6.5
Led SMD 5050 Tomate	1	6.5	6.5
Total (USD.)			1119.60

Costos de máquina desarrollada, Fuente (Esteban Arellano y Brayan Bautista,2021)

Tabla 4.7 Costos de máquina desarrollada con horas de ingeniería

Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor Total
Materiales Electrónicos	1	1119.60	1119.60
Materiales Eléctricos	1	117.65	117.65
Materiales Mecánicos	1	185.5	185.5
Varios	1	210.2	210.2
Horas de Ingeniería de 2 personas	360	3.75	1350
Total (USD.)			2982.95

Costos de máquina desarrollada con horas de ingeniería, Fuente (Esteban Arellano y Brayan Bautista,2021)

CONCLUSIONES

Mediante la observación del proceso de insolación manual se identificó las variables que influyen directamente en el proceso, que son el tiempo de vacío y tiempo de revelado, sin embargo, existen variables externas al proceso como el tipo de emulsión ocupada, que exige el uso de una determinada longitud de onda para que la impresión del marco sea óptima.

Para la automatización del proceso se implementó planos estructurales y eléctricos para el hardware de la máquina y en cuanto al software se realizó un programa mediante un controlador lógico programable y una interfaz hombre máquina que permitió modificar las variables tiempo de vacío y tiempo de revelado para generar el acondicionamiento necesario para el sistema, dando como resultado una reducción de tiempo de vacío con respecto al revelado manual de un 30.92% y de tiempo de revelado en baja resolución 47.30%, media resolución 47.58% y en alta resolución 48.22%

Se creó un algoritmo de visión artificial que permitió detectar fallas mediante los números de píxeles y se desarrolló un ambiente controlado que generó condiciones óptimas para la adquisición de imágenes, mejorando la forma de detectar errores comunes que suceden en el revelado de los marcos, ya que el 71.85% de los marcos que tuvieron fallas fueron rechazados automáticamente.

Con base a las pruebas realizadas en la empresa textiles El Greco se obtuvo datos estadísticos de la producción de marcos como se puede observar en la Tabla 4.3, que permitió el análisis corporativo entre la máquina implementada y el proceso artesanal en donde se concluye que existe una optimización del proceso de insolado en un 217.42%.

En cuanto al proceso de visión artificial para la gestión de calidad, mediante la implementación del algoritmo de detección de áreas por píxeles y el ambiente controlado, se obtuvo una reducción del margen de error de un 56.30% a un 28.15%, lo que muestra la efectividad de la máquina implementada.

Para finalizar el uso de diodos leds en la máquina desarrollada redujo el consumo de energía eléctrica en un 47,12% a comparación del uso de lámparas fluorescente de alta intensidad que se encontraban implementadas en la máquina manual.

Vale la pena destacar que existen ventajas en la utilización de diodos leds entre ellas: la vida útil, el encendido inmediato y ángulo de dispersión uniforme, lo que la convierte en una opción viable como fuente de luz en el proceso de insolado.

RECOMENDACIONES

Se recomienda una conexión a tierra desde cualquier punto de la máquina para la puesta en marcha de la insoladora para cuidar de algún tipo de riesgo eléctrico que supone tener una masa metálica.

Para futuras mejoras de la máquina de insolado, la creación de otro tipo de estructura mecánica la cual permita un mayor desempeño en el revelado de marcos y reduzca el área total de la máquina.

Para la construcción de la cámara de vacío se debe tener cuidado en el tipo de tela utilizada para generar la presión necesaria entre marco textil y fotolito, ya que muchas telas pueden alcanzar el nivel de vacío requerido, pero no funcionan debido a su elasticidad, lo que provoca que la forma de adherencia hacia el marco no sea la adecuada para un revelado uniforme.

Se recomienda que la fuente de luz ultravioleta se encuentre aislada o filtrada mediante algún tipo de estructura la cual permite salvaguardar al operario de posibles afectaciones como daños a la piel, envejecimiento, entre otras que se producen por un prolongado tiempo de exposición.

Realizar una gestión de mantenimiento en la bomba de vacío ya que requiere el reemplazo de aceite paulatinamente, ya que un aceite viejo o contaminado puede causar un desgaste prematuro.

REFERENCIAS

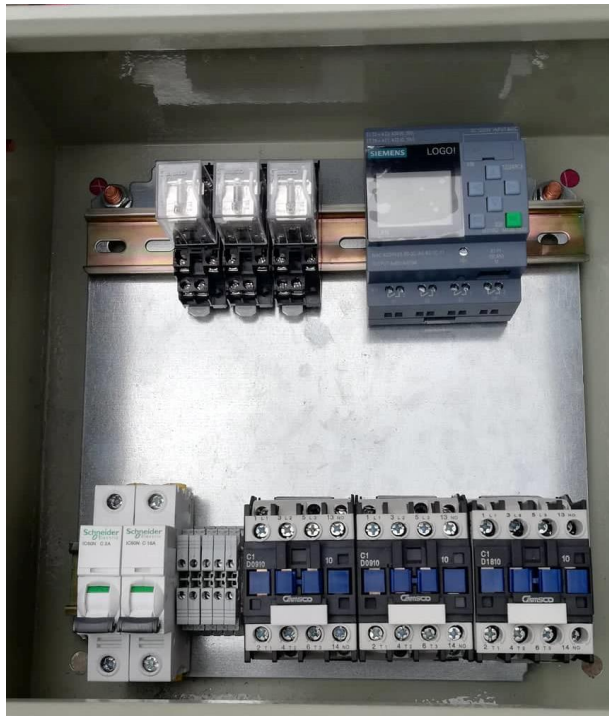
- Arellano, E. (14 de noviembre del 2020). Entrevista con Jorge Castro, Gerente de textiles el Greco. [Cinta de audio]
- Anaya, J. (2016). *Organización de la producción industrial: Un enfoque de gestión operativa en fábrica* (1ª. Ed.). Madrid, España: ESIC EDITORIAL
- Bullon, O.(2009).*Automatización Industrial*. Madrid , España; Editorial Ivrea
- Cardona, J. y Pazos, J. (2017). *Cámara de ambiente controlado*. (1a. ed.). Medellín, Colombia; Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.
- Cajas, M. y Quimi, R. (2017). *Análisis de la industria textil ecuatoriana - colombiana y la factibilidad* (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Carro, R. y González, D. (2007). *Productividad y Competitividad*. (1er. ed.). Argentina, Editorial Universidad Nacional de Mar de la Plata.
- Diemeck, J. (2015). *Diseño de estación de lavado de marcos de serigrafía que optimice el proceso, convirtiéndolo de manual a semiautomático para lograr reducción de tiempo y eliminación de atrasos evitables en la empresa Full Color* (tesis de pregrado). Universidad Rafael Landívar de Guatemala.
- García, S .(2015).*Diseño e implementación de nuevas tecnologías basadas en visión artificial para la inspección no destructiva de la calidad de U.T. Ingeniería Electrónica U. P. S. Campus Sur Versión 1.4 fruta en campo y mínimamente en valencia* (tesis de pregrado). Escuela Politécnica de Valencia, España.
- García, I y Caranqui, V. (2015). *Tierra Infinita* (1ª. Ed.). Carchi: UPEC Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- López, A. (2018). Planteamiento de una propuesta para la adopción de arquitectura empresarial para la empresa textiles el Greco. (Tesis de pregrado). Universidad de las Américas. Quito, Ecuador
- López, J. (2012). *Productividad*. Quito: Editorial Universidad de las Américas.
- Lozano, M. Zamora, R. (2008). *Tecnologías y herramientas de ingeniería asociadas a los niveles superiores de la pirámide de la automatización*. (tesis de pregrado). Universidad tecnológica de bolívar, Colombia
- Medrano, D. (2016). *Fabricación de una Insoladora basada en LED´s*. (tesis de pregrado), Universidad de Sevilla, Sevilla, España.
- Ministerio del Desarrollo. (2008). Norma Ecuatoriana de la Construcción. Ecuador, Ministerio del Desarrollo.NEC-SB-IE-Final.pdf (habitatyvivienda.gob.ec)
- Olarte, P. R. (2018). *Sistema de gestion de calidad y su influencia en la eficacia empresarial en una fabrica textil*.(tesis de posgrado).Universidad Nacional Federico Villareal, Lima., Perú.
- Pérez, E. Acevedo, J. Silva, C. (2009). *Autómatas programables y sistemas de automatizacion*. (2 da. ed.). Barcelona, Editorial Marcombo.
- Rojas, C. Garzo, H. Chávez, O. (2010). Implementación de un sistema de recuperación de aguas para bombas de vacío con anillo líquido. *Scientia Et Technica* 16 (44), pp 331-336.
- Rojas, O., Mavila, D. y Rojas, N. (2011). Insumos ecológicos en la serigrafía textil: Caso peruano. *Industrial Data*, 14(1) pp. 1-9. Doi: 10.15381/idata.v14i1.6207

- Tipantasi, C. (2018). *Automatización de una cortadora de vaivén kasto ebs 320au aplicando vision artificial*. (Tesis de pregrado). Universidad Politecnica Salesiana, Quito.
- Torres, A, y Lavayen, M. (2017). *Diseño de un sistema de gestion de calidad segun las normas ISO 9001 para una empresa textil de la ciudad de guayaquil* (tesis de pregrado) Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil
- Sanchis, R. Romero, J. Ariño, C. (2010). *Autoamtización industrial*. (1a. ed.). España: Editorial Universitad Jaume I
- Yáñez, B. P. (2019). *Diseño de una mesa insoladora con un sistema de luz ultravioleta* (tesis de pregrado). Instituto Superior Central Técnico, Ecuador

ANEXOS

Anexo 1. Elaboración de estructura y tablero de control de la máquina Insoladora





Anexo 2. Configuración Kinco DTools

HMI Attribute ×

User Permissions Setting	Historical Events Storage	Print Setting
Internet Time Synchronization/summer time	COM0 Setting	COM2 Setting
HMI Task Bar	HMI License Setting	HMI Extended Attributes
HMI System Information Text	Security Levels Setting	

Network Setting

Open FTP Password: 888888 Network Device Setting

Network 0 Setting

IP	192 . 168 . 0 . 2	Subnet Mask	255 . 255 . 255 . 0	Default Gateway	192 . 168 . 0 . 1
<input type="checkbox"/> Enable DNS		DNS1	0 . 0 . 0 . 0	DNS2	0 . 0 . 0 . 0

Enable DHCP(Slave is not recommended to enable)

Network 1 Setting

IP	192 . 168 . 1 . 253	Subnet Mask	255 . 255 . 255 . 0	Default Gateway	192 . 168 . 0 . 1
<input type="checkbox"/> Enable DNS		DNS1	0 . 0 . 0 . 0	DNS2	0 . 0 . 0 . 0

Enable DHCP(Slave is not recommended to enable)

WiFi Setting

IP	192 . 168 . 2 . 253	Subnet Mask	255 . 255 . 255 . 0	Default Gateway	192 . 168 . 0 . 1
<input checked="" type="checkbox"/> Enable DNS		DNS1	0 . 0 . 0 . 0	DNS2	0 . 0 . 0 . 0

Enable DHCP(Slave is not recommended to enable)

Display Setting

Display mode Horizontal Vertical Field Bus Setting

Save Screenshot to The Extended Memory

HMI

Description

Anexo 3. Tabla de características HMI GL043E

Especificación	Descripción
Tamaño de la pantalla	4.3"TFT
Tamaño de visualización	95.04mmx53.86mm
Resolución	480*272 píxeles
Color de pantalla	16.7M color
Vida de la luz de fondo	Más de 30000 horas
Touch panel	Red de resistencia de precisión de 4 líneas (dureza superficial 4H)
CPU	ARM RISC 32Bit 800MHz
Almacenamiento	128MB NAND Flash Memory+128MB DDR3 Memory
Puerto de impresión	Serial port
Comunicación	COM0:RS232/RS485/RS422; COM2:RS232 Ethernet
Descarga del programa	USB Slave /Serial port/Ethernet (Micro USB)
Fuente de alimentación de entrada	10-28VDC
Temperatura de trabajo	0-50°C

Especificaciones técnicas del HMI GL043, Fuente: (Esteban Arellano y Brayan Bautista, 2020).

Anexo 4. Tabla de características PLC LOGO V8.2 230

Características	Descripción
Alimentación	24VDC
Dimensiones	72mm x 90mm x 56mm
Entradas	8 entradas digitales de 24VDC y 4 entradas analógicas de 0 a 10V
Comunicación	Ethernet
Panel Frontal	Con resolución Binaria y iluminación de 3 colores
Salidas	4 salidas tipo relé de 10A a 24 VDC
Código de Logo Server	E0-DC-A0-B2-1C-11
CPU	¡LOGO!
Almacenamiento	400 bloques
Almacenamiento del programa	Con ampliación a una SD Card
Temperatura de trabajo	0-50°C

Ampliaciones	Módulos de entradas y salida digitales y analógicos con ampliación máxima a 8 módulos
--------------	---

Especificaciones técnicas del PLC LOGO V8.2 230 RCE, Fuente: (Esteban Arellano y Brayán Bautista, 2020).

Anexo 5. Tabla de características led UV Smd 3528

Características	Descripción
Potencia	48W
Angulo de apertura	120°
Longitud de onda	395-405nm
Chip	Smd 3528
Potencia por metro	9.6W/m
Luz	Ultravioleta
Voltaje de alimentación	12VDC

Especificaciones técnica de la Led UV smd 3528 , Fuente: (Esteban Arellano y Brayán Bautista, 2020).

Anexo 6. Tabla de característica Sensor de vacío JUMO

Características	Descripción
Rango de detección	0.5 a 2mbar
Alimentación	10 a 30VDC
Tipo de Señal	4 a 20mA
Tipo de Conector	enferulado

Especificaciones técnicas del sensor de vacío JUMO, Fuente: (Esteban Arellano y Brayán Bautista, 2020)

Anexo 7. Tabla características de Eye-Camera PS3

Lente	Zoom de 56° a 75°
Conexión	USB 2.0 de alta velocidad
Formato	JPEG
Resolución	640 x 480 Pixeles
Consumo de energía	5V, 500mA

Especificaciones técnicas del Eye-Camera PS3, Fuente (Esteban Arellano y Brayán Bautista,2020)