DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA EL CONTROL DE SEGURIDAD MEDIANTE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES Y AUTOMATIZACIÓN DE LA SOLDADORA ULTRASÓNICA HX-2015

Eccel Corporation sas



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Autores
Rafael Alejandro Manrique Meneses
Williams Raúl Mendoza Romero

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Facultad Tecnológica
Ingeniería en Control y Automatización

Bogotá D.C. Octubre, 2022

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA EL CONTROL DE SEGURIDAD MEDIANTE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES Y AUTOMATIZACIÓN DE LA SOLDADORA ULTRASÓNICA HX-2015

Eccel Corporation sas



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Autor
Rafael Alejandro Manrique Meneses, 20201383022
Ramanriquem@correo.udistrital.edu.co
Williams Raúl Mendoza Romero, 20201383009
Wirmendozar@correo.udistrital.edu.co

INFORME FINAL DE PASANTÍA

Presentado para optar al título de: Ingeniero en Control y Automatización

Director Interno
Ing. Frank Nixon Giraldo Ramos

Director Externo
Ing. Asdrúbal Espitia Guerra
Gerente general

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Facultad Tecnológica
Ingeniería en Control y Automatización
Bogotá D.C. Octubre, 2022

Índice

Índice ii
Índice de Figuras iii
Índice de Tablas iv
Índice de Anexos v
Glosario vi
Lista de Abreviaturas y Siglas vii
Resumen viii
1. Introducción 1
2. Presentación de la Empresa 2
3. Planteamiento del problema en la Empresa 3
4. Justificación 4
5. Objetivos 5
   5.1. Objetivo General 5
   5.2. Objetivos específicos 5
6. Marco de referencia 6
   6.1. Antecedentes 6
   6.2. Marco teórico 6
   6.3. Marco Legal 6
7. Actividades realizadas durante la pasantía 7
8. Resultados 8
9. Conclusiones y Recomendaciones 9
10. Referencias 10
11. Anexos 11

Índice de Figuras

Figura 1. Estructura organizacional ECCEL CORPORATION. 2
Figura 2. Componentes básicos Soldadura por ultrasonido. 7
Figura 3. Aplicación de presión y vibración. 7
Figura 4. Retroceso de sonotrodo 8
Figura 5. Soldadura por ultrasonido HX-2015 8
Figura 6. Nextion Editor 10
Figura 7. Especificaciones NX8048P070-011R-Y 10
Figura 8. Módulo relé 4 canales 11
Figura 9. Cámara WEB Makrointel 1080p 11
Figura 10. Sensor De presión Industrial 5VDC 12
Figura 11.Esquema Para obtención de máscara de Fondo. 14
Figura 12. Diagrama proceso de sustracción de primer plano. 16
Figura 13. Características de los sistemas de protección en prensas verticales 19
Figura 14. Diagrama de desarrollo del Dispositivo de control.. 23
Figura 15.Etapas, procesos y subprocesos. 24
Figura 16. Conectores I/O Aviador. 25
Figura 17. Conector salida con el controlador de la HX-2015 25
Figura 18. Conector entrada con la botonera de la HX-2015 26
Figura 19. Conexión raspberry y HMI nextion. 26
Figura 20. Conexión general de la raspberry 27
Figura 21. Diseño 3D carcasa HMI Nextion. 28
Figura 22. Diseño 3D base de pantalla Nextion 28
Figura 23 .Nextion con carcasa, bases y cable DB9. 29
Figura 24. Diseño base cámara. 29
Figura 25. Instalación de base de cámara web 30
Figura 26. Círculos de referencia para calibración. 30
Figura 27. Correo de calibración de la máquina. 31
Figura 28. Conexión de aire comprimido antes y después. 31
Figura 29. Conexión del sensor con módulo AD7705-SPI. 32
Figura 30. Gráfica de linealización Sensor de Presión. 32
Figura 31. Pieza mecánica para sostener el cable de la antena. 33
Figura 32. Esquemático de conexiones. 34

Índice de Tablas

Tabla 1. Antecedentes de procesamiento de imagen. 5
Tabla 2. Antecedentes Proyectos con interfaz HMI nextion o similares. 6
Tabla 3. Tabla de parámetros HX-2015 9
Tabla 4. Cronograma de actividades general por semana. 20
Tabla 5. Cronograma de actividades del primer proponente por horas. 21
Tabla 6. Cronograma de actividades del segundo proponente por horas. 22
Tabla 7. Datos de linealización para sensor de presión. 32

Índice de Anexos

Anexo 1 Licencia de uso OPEN CV: (http://opencv.org/license.html)……43
Anexo 2 Manual de Operación HX-2015-NEXTION-RASPBERRY
(https://drive.google.com/drive/folders/1qFDYD4O6cbE5XRYuOLyztRCfu-15a4kA?usp=sharing)……43

Glosario

Concepto	Definición
OpenCV	Es una biblioteca libre de visión artificial originalmente desarrollada por Intel. OpenCV significa Open Computer Vision (Visión Artificial Abierta)
Python	Es un lenguaje de alto nivel de programación interpretado cuya filosofía hace hincapié en la legibilidad de su código, se utiliza para desarrollar aplicaciones de todo tipo.
Automatización	Consiste en usar la tecnología para realizar tareas con reducción de la intervención humana.
Protección de línea	Es un dispositivo que tiene como objetivo mantener la vida útil de los dispositivos interconectados en la red. De tal forma que, ante una falla, operen luego de un corto tiempo
Soldadura Ultrasónica	Consiste en una máquina con punta de base plana, donde se colocan los materiales uno encima de otro y después se baja la punta de la máquina, esta emite una onda ultrasónica que mueve las moléculas de ambos materiales provocando que estas se fundan.
Algoritmo	Es un conjunto de instrucciones definidas, ordenadas y acotadas para resolver un problema, realizar un cálculo o desarrollar una tarea.
Procesamiento de Imagen	Es el conjunto de técnicas que se aplican a las imágenes digitales con el objetivo de mejorar la calidad o facilitar la búsqueda de información.
RS-232	Es una interfaz que designa una norma para el intercambio serie de datos binarios entre un DTE y un DCE.

Lista de Abreviaturas y Siglas

Sigla/Abreviatura	Significado
HMI	Human Machine Interface
SMTP	Protocolo simple de transferencia de correo
M2M	Machine to machine
DSP	Procesamiento digital de señales
TTL	transistor-transistor logic
DTE	Equipo terminal de datos
DCE	Equipo de Comunicación de datos
MCU	Unidad Microcontroladora
GPIO	General Purpose Input/Output
RTC	Real Time Clock
UART	transmisor-receptor asíncrono universal
R/W	Read and Write

Resumen

El proyecto “Diseño e implementación de un dispositivo para el control de seguridad mediante procesamiento de imágenes y automatización de la soldadora ultrasónica hx-2015” se desarrolla en la empresa ECCEL CORPORATION SAS, una empresa dedicada a diseñar y desarrollar soluciones M2M.

En la actualidad ECCEL cuenta en su línea de producción con diversas máquinas usadas para el desarrollo de sus productos, entre las cuales se encuentra la soldadora ultrasónica HX-2015. Esta máquina se usa para el sellado de cajas plásticas usadas para encapsular circuitos electrónicos, en el proceso de sellado se requiere coordinar a dos operarios. Lo cual genera un aumento en los tiempos de producción e invasión en parte del espacio de trabajo lo que puede llegar a ser inseguro.

El proyecto planteó realizar la automatización de la soldadora HX-2015 mediante el uso de una interfaz HMI conectada a una unidad de procesamiento desde la cual se controlará la obturación de la máquina evitando la participación de múltiples operadores durante el proceso, adicionalmente con procesamiento de imágenes se desarrolló un algoritmo que permite calibrar y monitorear una zona insegura para el operario y permite bloquear o detener el accionamiento de la máquina en caso de que se invada esta zona; como parte final del proceso se programó el envío automático de un informe de producción mediante SMTP.

La instalación de 2 sistemas de protección para máquinas de tipo prensa vertical, como lo son barrera y monitoreo mediante procesamiento de imágenes disminuyó el riesgo de accidentalidad. La implementación permitió la reducción de personal para el proceso de sellado de cajas, dejando un operario libre que puede realizar otras actividades de la línea de producción mejorando el rendimiento, adicionalmente mediante los informes generados se comparó el rendimiento de los operarios para seleccionar el más apto para el proceso.

Palabras claves: HMI, DSP, Automatización, Ultrasónica, Seguridad, Monitoreo.

1. Introducción

El documento muestra los resultados del desarrollo de un dispositivo para la automatización de una máquina de soldadura ultrasónica (HX-2015), el cual fue desarrollado durante la pasantía en la empresa ECCEL CORPORATION SAS. Con el proyecto se buscó reducir el personal necesario para el uso de la máquina, aumentar la productividad y mejorar la seguridad del usuario al momento de usar la máquina mediante un dispositivo de monitoreo.

Para lo anterior se desarrolló un dispositivo para el control y manipulación de la máquina HX-2015, el cual consta de una interfaz Hombre-Máquina(HMI) de la marca Nextion, una Raspberry Pi 3b+ como unidad de procesamiento y control, Cámara Web como dispositivo de monitoreo, sensor de presión USP-G41-1.2 y módulo de relés para el accionamiento del controlador externo. El dispositivo está programado en Python 3.7 y hace uso de la librería OPENCV para el algoritmo de detección de movimiento usado en el proyecto y usa protocolo RS-232 en la comunicación con la HMI y SMTP para el envío de informes los cuales serán detallados a lo largo del documento.

2. Presentación de la Empresa

2.1. Misión:

"ECCEL es una empresa líder en el desarrollo y fabricación de soluciones inalámbricas inteligentes con funcionalidades avanzadas que le permiten gestionar a nuestros clientes en sectores energéticos, mineros y transporte su información de manera oportuna, segura, eficiente y rentable."

2.2. Visión:

"Continuar generando soluciones inalámbricas y M2M a la vanguardia tecnológica y ambiental para el desarrollo y producción de equipos de telemetría; con maquinaria avanzada y un equipo humano competente y comprometido; garantizando la sostenibilidad económica de la empresa y sus aliados."

2.3. Estructura organizacional:

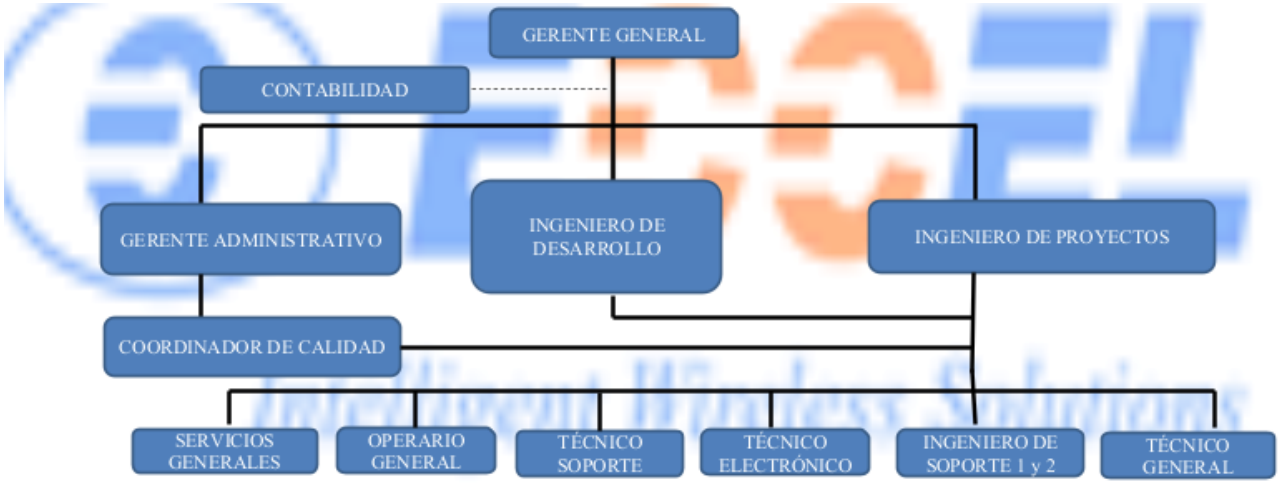


Figura 1. Estructura organizacional ECCEL CORPORATION.

2.4. Recorrido:

ECCEL INGENIERIA es una compañía de desarrollo de hardware y software con sede en Bogotá, Colombia. Son especialistas en el desarrollo de soluciones inalámbricas inteligentes con funcionalidades avanzadas, automatizadas y altos estándares en seguridad y encriptación. Ofrecen también servicios de Cloud para aplicaciones de telemetría y seguimiento; Es una empresa con muchos años de investigación y desarrollo de soluciones inalámbricas enfocada en la facilidad del cliente para instalar, analizar y obtener resultados en el momento que el equipo entre a funcionar. Desde su fundación en 1995, Eccel ha implementado una cultura de desarrollo e investigación teniendo en cuenta la constante evolución tecnológica y desafíos en diferentes industrias.

En 2005 ECCEL desarrollo una de las primeras soluciones de telemetría M2M para la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá (EAAB) el objetivo de este proyecto fue la recolección,

análisis y edición de los registros de los macro caudalímetros del sistema de distribución de agua potable de la ciudad de Bogotá. Este fue el inicio de la SMARTDATA.

En 2006 **ECCEL CORPORATION SAS**, filial de ECCEL INGENIERIA fue fundada para opera dentro de la zona franca de Bogotá. de acuerdo con la ley 1004 de 2005, regulada mediante el decreto 383 del 2007, se estipula que las zonas francas son áreas geográficamente delimitadas dentro del territorio nacional, donde se desarrollan actividades industriales de bienes y servicios o actividades comerciales, bajo una normativa especial en materia tributaría, asuntos aduaneros y de comercio exterior.

En 2009 ECCEL inició la instalación de un sistema completo de Smart Meter basado en la SMARTDATA, para CEPM- consorcio energético punta cana,-macao SA filial de InterEnergy, quien suministra energía a más del 66% del sector turístico en República Dominicana. El sistema está controlado por la empresa mediante la nube de E-telemetry desde 2009 hasta hoy.

En 2010 inició el proyecto basado en la tecnología SMARTDATA de ECCEL con la empresa ELECTRICARIBE con el objetivo de recuperar pérdidas de energía, asegurando la medida de cada uno de los clientes y mejorando el ciclo comercial correspondiente a los grandes consumidores de energía. En 2011 MANTIS centro de monitoreo de pérdidas proyecto de CODENSA se desarrolla basado en la tecnología SMARTDATA de ECCEL, con el fin de hacer el control de clientes que presentan reincidencia en el hurto de energía, aplicación de nuevas modalidades tecnológicas de manipulación de la medida, industrias con actividades propensas al hurto, clientes con bajo consumo de energía con relación a sus condiciones de servicio.

En 2018 DISNORTE-DISSUR Selecciona los equipos SMARTDATA para la lectura avanzada de medidores incluyendo el display universal(2012) con RF. ECCEL lanza la sonda óptica para un proyecto con medidores antiguos. Lanza su nuevo Modelo SMARTDATA 3G en 2019 seleccionado por AES el salvador.

En 2020 ECCEL prepara dos nuevos productos SMARTDATA ROUTER y el nuevo 4G SMARTDATA RTU, con puerto serie, Ethernet y Wifi.

3. Planteamiento del problema en la Empresa

En la actualidad la empresa Eccel Corporation SAS, tiene en su línea de producción la máquina soldadora ultrasónica, la cual es usada para el sellado de cajas de plástico inyectadas con el material poliamida 66. Para el funcionamiento de la máquina es necesario la asistencia de dos operadores, donde uno de ellos debe posicionar el case a sellar y sostener el cableado para evitar la ruptura de este; El segundo operador debe oprimir dos botones al mismo tiempo para accionar la máquina.

La coordinación de los dos operadores genera retrasos en el proceso aumentando los tiempos en la línea de producción, adicional se genera un riesgo para uno de ellos al estar cerca del actuador neumático que al momento de accionarse puede generar un aplastamiento. Por tal motivo es necesario la implementación de un sistema de seguridad, validación y automatización en la línea de producción de los equipos electrónicos realizados en ECCEL CORPORATION S.A.S.

4. Justificación

La actividad principal de ECCEL es la producción equipos electrónicos, comenzando por el área de ensamblaje de componentes hasta el producto final, garantizando el correcto funcionamiento de los diferentes dispositivos. Actualmente la demanda de equipos para la industria es mayor, esto influye que los procesos de fabricación deben ser óptimos y seguros para el personal.

Los contratiempos que se generan en la línea de producción afectan el rendimiento general de la planta, por esto al no estar totalmente automatizado se encuentran procesos que se debe realizar manualmente por operarios ocupando más personal que podría ser utilizado en otras áreas, además se brinda un sistema de seguridad que reduzca las posibilidades de accidentalidad del operario.

5. Objetivos

5.1. Objetivo General

Diseñar e implementar un dispositivo para la automatización y control de seguridad basado en procesamiento de imágenes para la máquina soldadora ultrasónica HX-2015.

5.2. Objetivos Específicos:

5.2.1. Desarrollar un algoritmo que permita la detección de objetos ajenos a la máquina durante su funcionamiento y emite alertas sobre estos.

5.2.2. *Diseño de una HMI desde la cual se logren controlar las rutinas de operación de la máquina.*

5.2.3. Acoplar el dispositivo desarrollado a la máquina HX-2015 y validar el correcto funcionamiento tanto de la máquina como del dispositivo.

5.2.4. Envío de un reporte del ciclo de funcionamiento de la máquina, donde se incluyen el tiempo de ejecución, número de alertas y cantidad de cajas soldadas.

6. Marco de referencia

6.1. Antecedentes

Se recurre a consultar automatizaciones para máquinas del mismo tipo que la HX-2015; Pero en el ámbito académico no hay registros de algo similar, en la parte comercial se encuentran soluciones parciales a la que se pretende realizar y no se encuentran documentadas. Por esto se tomaron los registros de diferentes proyectos que involucran el uso de procesamiento de imágenes, interfaces HMI y automatización de máquinas tipo prensa vertical como pilares individuales y a partir de ellos consolidar una ruta para la propuesta.

En el apartado de procesamiento de imágenes hay una gran cantidad de registros académicos algunos de ellos se muestran en la tabla X.

Proyecto
Aplicación para teléfono móvil con sistema operativo Android que permite detectar somnolencia y emitir una alarma sonora a conductores de automóvil mediante procesamiento de imágenes.[1]
Diseño de un sistema portátil para la detección de obstáculos por medio de kinect, como apoyo a personas con limitaciones visuales.[2]
Diseño de una arquitectura de software para la detección de objetos en un sistema de vigilancia, integrado en un robot autobalanceado.[3]
Modelo para la detección de anomalías sobre objetos en movimiento en bases de datos espacio temporales[4]
Protocolo de procesamiento de imágenes satelitales para el entrenamiento y prueba de una red neuronal de predicción de daño ecológico por extracción ilegal de minerales dentro del marco de celebración de los 100 años de la Fuerza Aérea Colombiana.[5]
Procesamiento digital de imágenes obtenidas con dron mediante el uso de software libre.[6]
Estrategia de navegación para la plataforma robótica NAO usando landmarks mediante reconocimiento de figuras geométricas.[7]

Tabla 1. Antecedentes de procesamiento de imagen.

Los antecedentes enumerados anteriormente tienen en común el uso de librerías como OPENCV y se encuentran desarrollados en Python y C + +. Las referencias [3,4,5,6] basan su algoritmo sobre planos fijos y captura en movimiento, opuesto a lo que se pretende en el proyecto, donde los planos son fijos con captura fija, como lo realizaron en las referencias [1,2,7]. Dejando un punto de partida para el desarrollo del algoritmo, la detección de obstáculos usada en [2] es de utilidad para la detección de formas en la rutina de calibración del algoritmo, donde se usa la morfología para detectar figuras sobre superficies planas estos fueron desarrollados en C++ y se pretende implementar en python.

El segundo apartado que se consulta son proyectos en los cuales se implementará el uso de HMI y en específico de modelos de la marca NEXTION, las referencias se encuentran en la tabla 2

Proyecto
Diseño e implementación de interfaz gráfica de usuario entre el sistema de control de proceso T5554 y un PLC Siemens S7-300.[8]
Máquina dispensadora de snacks, con un control sincrónico basado en software libre.[9]
Implementación de un sistema para medir y controlar el abastecimiento del agua para el acueducto comunitario del Barrio Pablo Neruda del Municipio de Sibaté Cundinamarca.[10]
An Experiment with Arduino Uno and Tft Nextion for Internet of Things.[11]
Real-Time Data Monitoring System for User Conveyance.[12]

Tabla 2. Antecedentes Proyectos con interfaz HMI nextion o similares.

El uso de tecnologías de la marca Nextion para proyectos de automatización no es muy común en la industria, en el ámbito académico hay un número considerable de proyectos que usan estos dispositivos. La tecnología que se usó en está pasantía no se ha usado en las fuentes que se consultaron. Sin embargo el uso de la plataforma Nextion Editor es general para todos los dispositivos de la marca Nextion. Lo que permitió seguir las referencias y algunas de las normativas mencionadas en los documentos para el diseño de interfaces Humano-Máquina. En el proyecto se ajustó el diseño de la interfaz a las recomendaciones de la norma ISA-101.01. También se hizo uso de la memoria Flash integrada en la HMI para evitar el uso de memorias micro sd mediante las cuales se carga el código y las imágenes usadas en la interfaz habitualmente.

6.2. Marco teórico

Soldadura por ultrasonido

La soldadura ultrasónica de plástico es la unión de termoplásticos mediante el uso de calor generado por movimiento mecánico de alta frecuencia. Se realiza convirtiendo la energía eléctrica de alta frecuencia en movimiento mecánico de alta frecuencia, El movimiento mecánico con la fuerza aplicada, produce calor de fricción en las superficies de contacto de los componentes plásticos, de esta forma el plástico se derrite y forma un enlace molecular entre las piezas.[14] Para unir dos piezas termoplásticas, es necesario que los materiales sean químicamente compatibles, de otro modo aunque ambos materiales se derritan no habrá enlace molecular [13].

La Soldadora ultrasónica se compone de las dos piezas termoplásticas, que están colocadas sobre una placa fija en la parte inferior ensamblada con una pieza la cual es la base del molde y una pieza más grande en la parte superior llamada sonotrodo, usualmente estas son de materiales como el titanio o aluminio Figura [2].

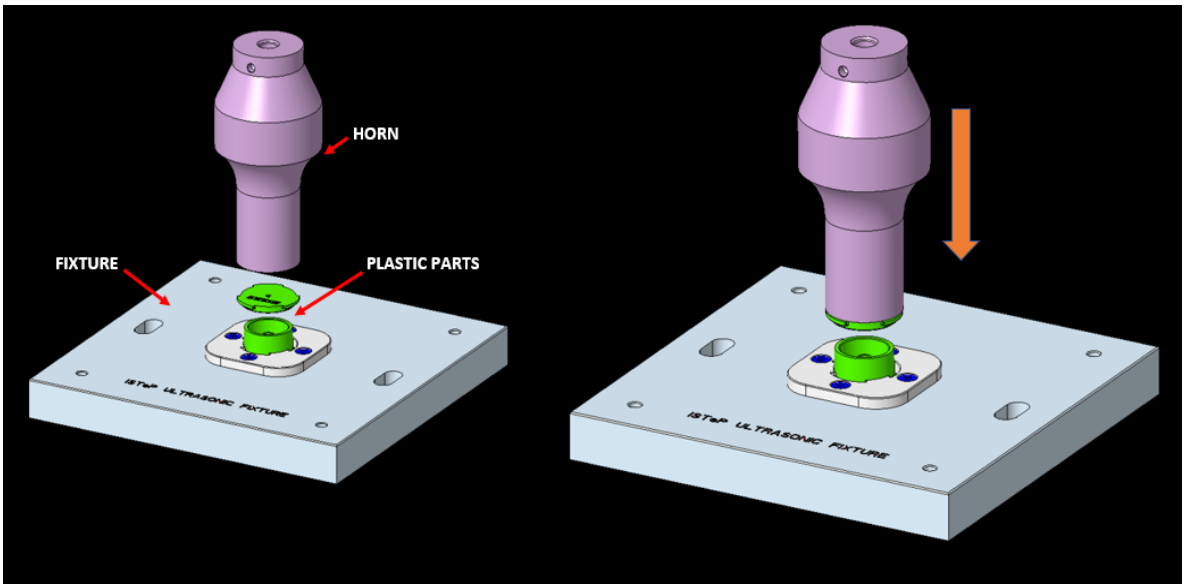


Figura 2. Componentes básicos Soldadura por ultrasonido.

La fuerza aplicada mediante la pieza superior sobre los materiales termoplásticos sujetos a las instalación fija, el sonotrodo ultrasónico es vibrado verticalmente 20KHz o 40KHz veces por segundo, a distancias medidas en milésimas de pulgada, esta energía producida es dirigida a puntos limitados de contacto entre las dos partes, las vibraciones mecánicas generan calor de fricción que permite que las piezas alcancen el punto de fusión uniendo la dos piezas Figura [3], se detiene la vibración se realiza el retroceso de sonotrodo, para que solidifique y enfríe la pieza final Figura [4].

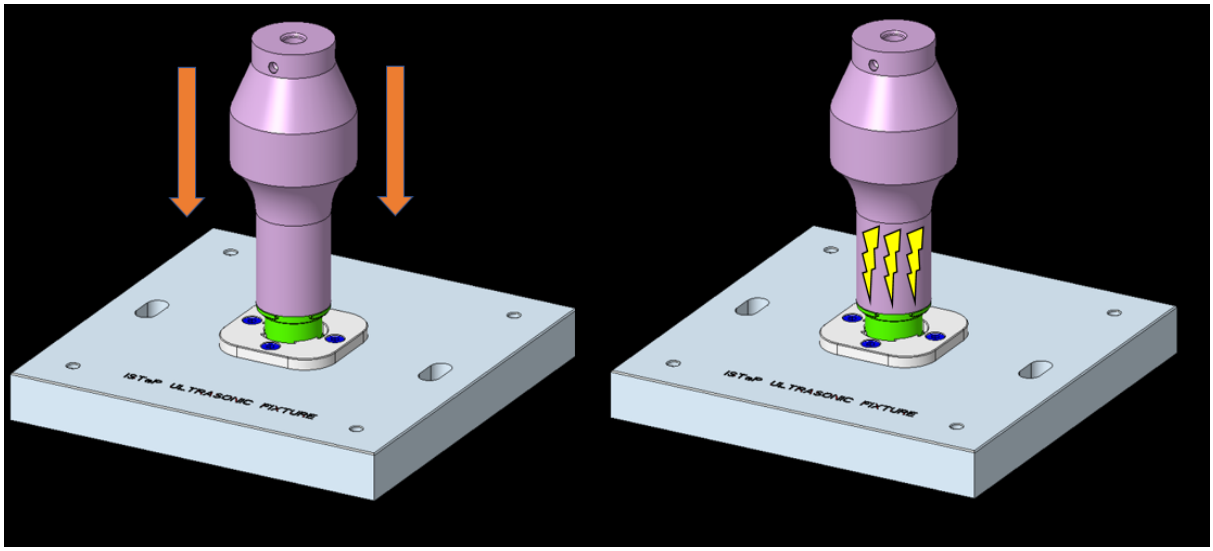


Figura 3. Aplicación de presión y vibración.

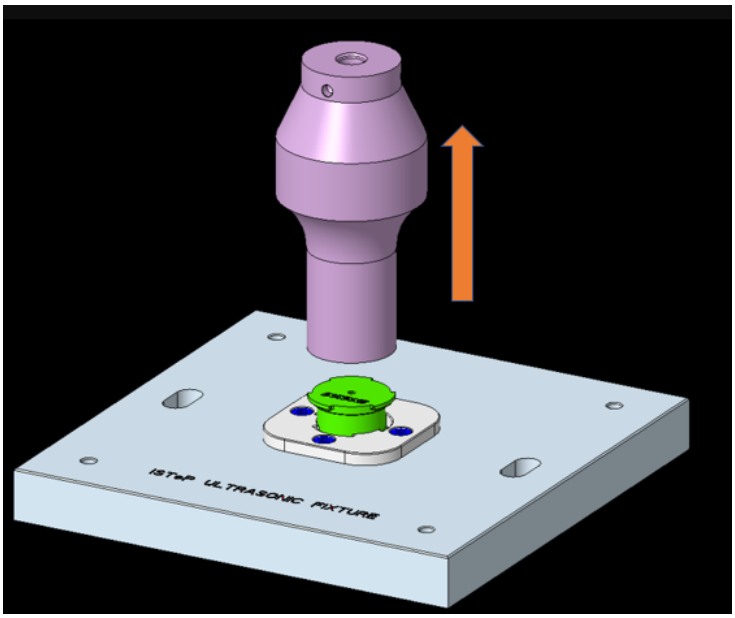


Figura 4. Retroceso de sonotrodo.

HX-2015

El HX-2015 Figura [5] de soldadura ultrasónica se puede personalizar fácilmente para ajustarse a las especificaciones de cada pieza. Las piezas son colocadas en una superficie como base para colocar la pieza (yunque) y un sonotrodo (bocina) conectado a un transductor, el hx-2015 se emite una vibración acústica de baja amplitud de ~20 kHz, para soldar diferentes materiales como: ABS, PS, PP, PE, PC,PVC, NYLON, NORYL, ACETAL, POLYSULFONE, ETC [15]. La descripción de los parámetros de configuración se puede observar en la Tabla [3].



Figura 5. Soldadora por ultrasonido HX-2015

Item	Parámetro
Modelo	HX-2015
Power supply	120V/60Hz
Power	1500W
Frequency	20KHz
Horn journey	100mm
Welding time	0.1s-3s
System	American style
N.W	107 Kgs
G.W	150 Kgs
Machine size	400*700*1140 mm
Pack	Plywood case

Tabla 3. Tabla de parámetros HX-2015

Raspberry

La Raspberry Pi es una computadora de bajo coste y con un tamaño reducido, puede utilizarse conectada remotamente o se puede conectar diferentes periféricos (Pantalla, cámara, teclado y mouse) para poder utilizarlo como cualquier ordenador. Es un pequeño computador cuyo sistema operativo está basado en software libre en este caso Raspbian. La raspberry brinda una facilidad en cuanto al acceso de la información, además de impulsar el uso de software y programas open source, se desarrollará el algoritmo en el lenguaje de programación Python, permitiendo fácil adquisición de librerías y códigos de ejemplo, así como aplicación en diversas aplicaciones industriales [16].

Nextion NX8048P070-011R-Y

Nextion es una solución de interfaz hombre-máquina (HMI) que combina un procesador integrado y una pantalla táctil con memoria con el software Nextion Editor para el desarrollo de proyectos en los que sea necesario una HMI. Con el software Nextion Editor Figura [6], puede desarrollar diferentes instrucciones de forma rápida, incluyendo diferentes componentes (botones, sliders, cuadros de datos, etc.) que realizan instrucciones basadas en texto ASCII para codificar cómo interactúan los componentes en el lado de la pantalla. La pantalla HMI de Nextion se conecta a la MCU periférica a través de TTL Serial (5V, TX, RX, GND) para proporcionar notificaciones de eventos en las que la MCU periférica puede actuar, la MCU periférica puede actualizar fácilmente el progreso y el estado de regreso a la pantalla Nextion utilizando instrucciones simples basadas en texto ASCII.

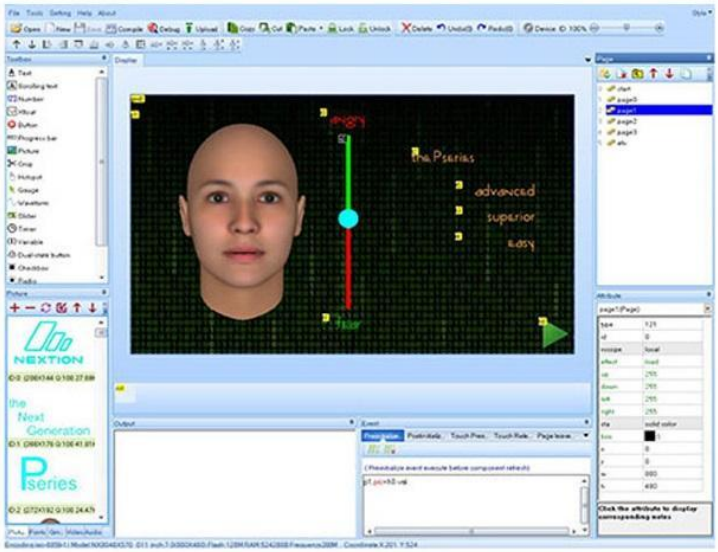


Figura 6. Nextion Editor

La NX8048P070-011R-Y Figura [7] es una pantalla resistiva de 7 pulgadas, con una resolución de 800*480, estas son algunas de las especificaciones el resto de ellas se encuentran en la (figura XXXXX), adicionalmente tiene una UART (+5v, TX, RX, GND) para conexión serial, un slot para una SD card, un GPIOs de 8 pines, un RTC , también este modelo tiene una salida de audio que permite una facilidad al interactuar con el operario [17].



Figura 7. Especificaciones NX8048P070-011R-Y

Relés

El relé es un interruptor eléctrico que permite el paso de la corriente eléctrica cuando está cerrado e interrumpirla cuando está abierto, pero que es accionado eléctricamente, no manualmente; Está compuesto de una bobina conectada a una corriente. Cuando la bobina se activa produce un campo electromagnético que hace que el contacto del relé que está normalmente abierto se cierre y permita el paso de la corriente por un circuito para, por ejemplo, encender una lámpara o arrancar un motor. Cuando dejamos de suministrar corriente a la bobina, el campo electromagnético desaparece y el contacto del relé se vuelve a abrir, dejando sin corriente el circuito eléctrico que iba a esa lámpara o motor [18].

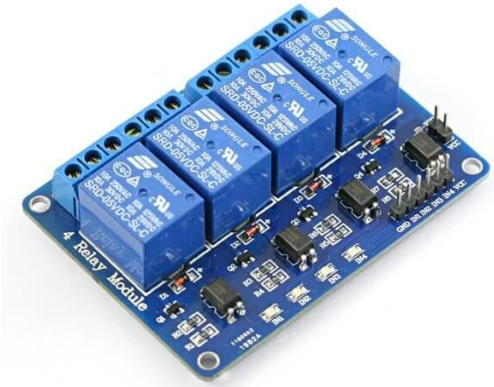


Figura 8. Módulo relé 4 canales

Cámara Web

Las cámaras son utilizadas en todo el mundo para capturar imágenes y videos, las cámaras web son una derivación, que transmite la información digitalizada de las imágenes, donde está conectada principalmente a una computadora la cual decodifica la información y ser transmitirlas a través de Internet, ya sea a una página web u otras computadoras de forma privada. [19].



Figura 9. Cámara WEB Makrointel 1080p

Sensor De Presión Industrial Dc 5v

Un transductor de presión convierte la presión en una señal eléctrica analógica. Aunque hay varios tipos de transductores de presión, uno de los más comunes es el transductor extensométrico.
La conversión de la presión en una señal eléctrica se consigue mediante la deformación física de los extensómetros que están unidos en el diafragma del transductor de presión y cableados en una configuración de puente de Wheatstone. La presión aplicada al sensor produce una deflexión del diafragma, que introduce la deformación a los medidores. La deformación producirá un cambio de resistencia eléctrica proporcional a la presión [20] .



Figura 10. Sensor De presión Industrial 5VDC

Impresión 3D

La impresión 3D, también llamada manufactura por adición, es un conjunto de procesos que producen objetos a través de la adición de material en capas que corresponden a las sucesivas secciones transversales de un modelo 3D. Los plásticos y las aleaciones de metal son los materiales más usados para impresión 3D, pero se puede utilizar casi cualquier cosa, desde hormigón hasta tejido vivo.[29]

RS232

Es un protocolo de transferencia de datos diseñado para controlar la comunicación serie. Se utiliza para organizar los datos que fluyen desde un equipo terminal de datos (DTE), como un terminal o transmisor, a un receptor u otro tipo de equipo de comunicaciones de datos (DCE).
El protocolo RS232 transmite datos de cables que emplean niveles de señal que difieren de los 5V estándar para minimizar la interferencia de la señal. Realiza transmisión asincrónica a una velocidad constante que se sincroniza con el nivel de pulso de la señal de inicio. Las distancias de hasta 20 metros son el límite para la transferencia confiable de datos utilizando la interfaz RS232.
El protocolo RS232 especifica el modo de operación , estándares eléctricos, número de bits y niveles de voltaje que se utilizarán al transferir datos entre un DTE y un DCE [21].

Python

Python es un lenguaje de alto nivel de programación orientado a objetos, con una semántica dinámica integrada, principalmente para el desarrollo web y de aplicaciones informáticas.

Python es relativamente simple, por lo que es fácil de aprender, ya que requiere una sintaxis única que se centra en la legibilidad. Los desarrolladores pueden leer y traducir el código Python mucho más fácilmente que otros lenguajes.
Además, soporta el uso de módulos y paquetes, lo que significa que los programas pueden ser diseñados en un estilo modular y el código puede ser reutilizado en varios proyectos. Una vez se ha desarrollado un módulo o paquete, se puede escalar para su uso en otros proyectos, y es fácil de importar o exportar.[22]

OpenCV(Open Source Computer Vision)

Es una biblioteca de código abierto que contiene implementaciones que abarcan más de 2500 algoritmos. Además, está especializada en el sistema de visión artificial y machine learning. Estos algoritmos permiten identificar objetos, caras, clasificar acciones humanas en vídeo, hacer tracking de movimientos de objetos, extraer modelos 3D, encontrar imágenes similares, seguir el movimiento de los ojos, reconocer escenarios. OpenCV está escrito en C + +, tiene interfaces en C + +, C, Python, Java y MATLAB interfaces y funciona en Windows, Linux, Android y Mac OS [23].

Procesamiento de imagen

Es el conjunto de técnicas que se aplican a las imágenes digitales con el objetivo de mejorar la calidad o facilitar la búsqueda de información. El Proceso de filtrado Es el conjunto de técnicas englobadas dentro del preprocesamiento de imágenes cuyo objetivo fundamental es obtener, a partir de una imagen origen, otra final cuyo resultado sea más adecuado para una aplicación específica mejorando ciertas características de esta que posibilite efectuar operaciones del procesado sobre ella [24].

Visión Artificial

La visión artificial es una parte de la inteligencia artificial (IA) que está especializada en el desarrollo de métodos que permiten a las máquinas y sistemas realizar actividades como ver imágenes de forma similar a como lo haría la visión humana e Identificar y procesar estas imágenes para analizar y medir datos con los cuales se puedan supervisar procesos y tomar decisiones. [25]

Sustracción de Fondo

Podemos ver a lo largo de la historia que el reconocimiento de objetos en movimiento tiene un amplio conjunto de metodologías de realización, en este caso nos centramos en la sustracción de fondo, aunque existen numerosos algoritmos de sustracción de fondo en la literatura [27], la mayoría de ellos siguen un diagrama de flujos simple definido por Cheung y Kamath [27] [26], pasando por cuatros pasos generales los cuales son:

- Pre-procesamiento: las tareas simples de procesamiento de imágenes que cambia la entrada de video a un formato que pueda ser procesado en los siguientes pasos.
- Modelamiento de fondo: es también conocido como mantenimiento de fondo.
- Detección de primer plano: también conocido como sustracción de fondo
- Validación de los datos: referido también como post-procesamiento usado para eliminar los píxeles que no correspondan a objetos en movimiento es decir falsos positivos.

Aunque los términos sustracción de fondo y modelamiento de fondo son confundidos a menudo, estos son procesos separados y muy distintos. El modelamiento de fondo se refiere al proceso de crear, y subsecuentemente mantener, un modelo de la apariencia de fondo en el campo de vista de una cámara. La sustracción de fondo se refiere al proceso en el cual un cuadro de imagen es comparado al modelo del fondo con el fin de determinar si píxeles individuales son partes del fondo o del frente. Por ello también se le conoce como detección de primer plano.[28]

La sustracción de fondo está basada en la suposición de que la diferencia entre la imagen de fondo y la imagen actual es causada por la presencia de objetos en movimiento. Los pixeles que no cambian son considerados como "background" o fondo y los pixeles que cambian son considerados como "foreground" u objetos en movimiento. En la práctica, los pixeles que no cambian también pueden llegar a ser parte de objetos en movimiento, por ejemplo, cuando tienen el mismo color que el fondo. De la misma manera, algunos pixeles que cambian también pueden ser clasificados como fondo cuando ocurren cambios de iluminación, así que para evitar esto se deben respetar 5 criterios[26][27][28]:

- La cámara y sus parámetros siempre serán fijos.
- La escena no debería presentar cambios de iluminación.
- El fondo es visible y estático, es decir no hay objetos ocultos en otros objetos.
- El fondo inicial no contiene objetos del frente "dormidos" o estáticos.
- El frente y fondo pueden ser separados al hacer una comparación entre la imagen del fondo y la imagen actual, la elección de la técnica aquí es clave.

En la práctica, ninguno de estos criterios se respeta completamente debido a situaciones desafiantes que aparecen tanto en escenas interiores como en exteriores. [28]

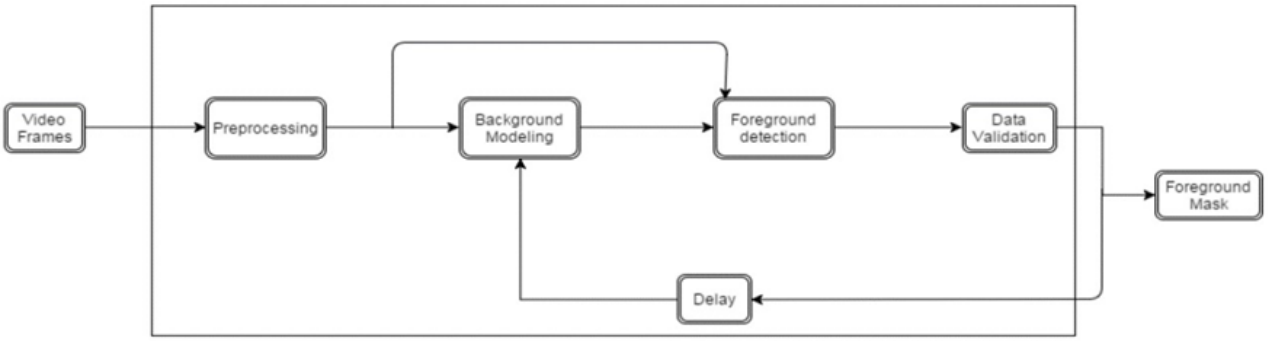


Figura 11. Esquema Para obtención de máscara de Fondo.[28]

Detección del primer plano

La detección del frente o primer plano consiste en comparar la imagen de fondo con la imagen actual para clasificar pixeles como de fondo o de frente. Esta tarea es una clasificación que puede ser lograda por herramientas de clasificación estadísticas, crisp (frescas) o fuzzy. Para esto[26][27][28], los diferentes pasos son presentados:

- **Pre procesamiento:**

  Los pasos de preprocesamiento evitan la detección de cambios insignificantes debido al movimiento de la cámara o cambios de iluminación. Este paso puede involucrar ajustes geométricos y de intensidad. Los ajustes geométricos pueden ser desarrollados usando transformaciones espaciales de bajas dimensiones tales como similaridad, affine o transformaciones proyectivas. Por otro lado, hay varias maneras de lograr ajustes de intensidad. Estos pueden ser logrados con normalización de intensidad. Los valores de intensidad de los pixeles en la imagen actual son normalizados para tener la misma media y varianza que los de la imagen de fondo. Otra manera consiste en usar un filtro homomórfico el cual está basado en modelado de sombras. Esta solución permite separar la iluminación y la reflectancia.[28] Pues solo los objetos con reflectancia contienen información de los objetos en la escena.

- **Pruebas:**

  las pruebas que permiten clasificar pixeles de la imagen actual como fondo o frente son generalmente la diferencia entre la imagen de fondo y la imagen actual. Esta diferencia es umbralizada. otras formas de comparar dos imágenes son pruebas de significado e hipótesis. La regla de decisión es llamada como una prueba de hipótesis estadística. La decisión de si ocurrió o no un cambio en cada pixel corresponde a elegir uno o dos hipótesis: la hipótesis H0 o una hipótesis alternativa H1, correspondiente a decisiones de cambio o no cambio. [28]
- **Threshold:**

  En la literatura, hay varios tipos de esquemas de umbral. Primero, el umbral puede ser fijo y estático para todos los pixeles y la secuencia. Este esquema es simple pero no es óptimo. En efecto, los pixeles presentan diferentes actividades y necesitan un umbral que se adapte. Este puede realizar al computar el umbral por medio de la desviación estándar temporal de intensidad entre el fondo y las imágenes actuales, y al actualizarlo usando un filtro IRR. Un umbral adaptable puede ser obtenido estadísticamente de la varianza del pixel, otra manera de adaptación de umbral es usar umbrales Fuzzy.[28]

- **Pos procesamiento:**

  La idea aquí es mejorar la consistencia de la máscara de frente. Esto puede lograrse al borrar pixeles aislados con operadores morfológicos estadísticos. Otra forma es usar conceptos fuzzy tales como interferencia fuzzy entre la máscara anterior y la actual.[28]

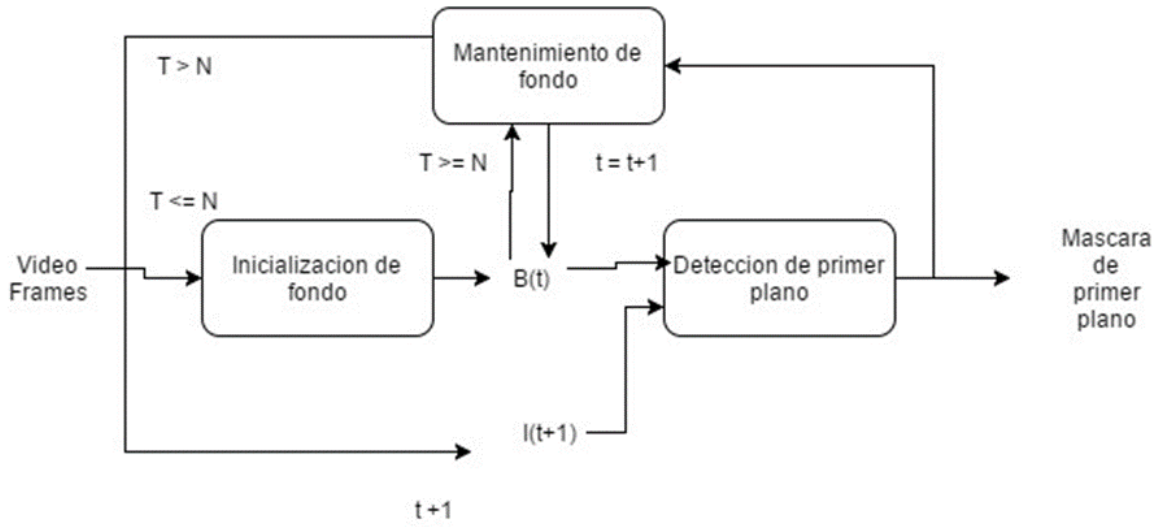


Figura 12. Diagrama proceso de sustracción de primer plano. Donde N es el número de frames, Bt es el fondo y i(t) es la imagen actual[28]

6.3. Marco Legal

6.3.1. ISO 8573-1: 2010:

La ISO 8573-1: 2010 "clasifica la pureza del aire teniendo en cuenta su concentración en partículas de agua, aceite o gas y contaminantes microbiológicos. El aire Clase 0 es 100 % exento de aceite, lo que quiere decir que la concentración de aceite en el aire es inferior a 0,0 mg/m³".
Clases de aire comprimido y categorización según norma ISO 8573-1: 2010 [30].
Clase 0: Según lo especificado por el usuario o proveedor del equipo y más estricto que la clase 1.
Clase 1: < 0,01 mg/m3 de concentración total de aceite, aerosol, líquido o vapor.
Clase 2: < 0,1 mg/m3 de concentración total de aceite, aerosol, líquido o vapor [30].

6.3.2. TIA/EIA-232

This standard is applicable to the interconnection of data terminal equipment (DTE) and data circuit-terminating equipment (DCE) employing serial binary data interchange.
Este estándar para intercambio de datos binarios para protocolos seriales, define características eléctricas y puesta a tierra para intercambio de señales y circuitos asociados, características mecánicas de la interfaz DTE Y DCE. temporización y control para uso de interfaz y grupos específicos de datos para sistemas de comunicación [31].

6.3.3. INTE/ISO 4414:2018

Especifica reglas generales y requisitos de seguridad para sistemas neumáticos y sus componentes utilizados en la maquinaria tal como se definen en el apartado 3.1 de la Norma INTE/ISO 12100:2016. Considera todos los peligros significativos asociados a los sistemas neumáticos y especifica los principios a aplicar para evitar dichos peligros cuando los sistemas se emplean de acuerdo con su uso previsto [32].

6.3.4. ANSI/ISA-101.01

Este estándar aborda las interfaces hombre-máquina (HMI) para equipos y procesos automatizados. Si se siguen el estándar, las prácticas recomendadas y la metodología, el resultado debería permitir a los usuarios ser más efectivos y mejorar la seguridad, la calidad, la productividad y la confiabilidad.

Las recomendaciones de este documento son aplicables a cualquier proceso que utilice una HMI para interactuar con un sistema de control, incluidos, entre otros, procesos continuos, por lotes y discretos. Puede haber diferencias en la implementación para satisfacer las necesidades específicas según el tipo de proceso [33].

6.3.5. NTP 235

La presente Nota Técnica de Prevención es proporcionar criterios de selección de medidas de Seguridad y pautas de análisis, a fin de abordar sistemáticamente el estudio de seguridad de una máquina determinada y la elección de las medidas de prevención más idóneas [34].

6.3.6. EN 60255

Es aplicable a los relés de medición y equipos de protección, teniendo en cuenta las combinaciones de dispositivos para formar esquemas para la protección del sistema de potencia, incluidos los equipos de control, monitoreo, comunicación e interfaz de proceso utilizados con estos sistemas. Esta norma específica los requisitos de compatibilidad electromagnética para relés de medida y equipos de protección [35].

6.3.7. API 1165

Diseño de pantalla se refiere a la forma que se organiza la información y se presenta en un monitor. El diseño de la pantalla debe ser realizada para proporcionar una transferencia óptima de la información al usuario, la información deberá presentarse de manera sencilla y consistente.
Esta norma se centra en el diseño e implementación de las pantallas utilizadas o pantalla para la visualización, monitoreo y control de la información de un sistema de supervisión, adquisición y control de datos (SCADA) [36].

6.3.8. Norma ISO 9001 2015

Esta norma se aplica al proceso creativo que atraviesa el diseño de los productos y los servicios para satisfacer a sus clientes.
Además, debe encargarse de las necesidades de otras partes interesadas para ofrecerles soluciones, atención personalizada y eficiencia para que una empresa pueda acceder a otros mercados y, de esta manera, competir [37].

6.3.9. NTP 256: Prensas verticales: elección de los sistemas de protección.

En la guía de buena práctica se hablan de los diferentes sistemas de protección y las limitaciones de tipo técnico, protector o productivo de cada uno de los sistemas. Los múltiples factores que inciden en la eficacia y seguridad del funcionamiento de una prensa hacen que la elección del sistema de seguridad más adecuado no sea un problema sencillo [38].

CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION EN PRENSAS VERTICALES					
SISTEMAS DE PROTECCION	EMBRAGUE		LIMITACIONES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
	POSITIVO (E.R.T.) (Revolución Total)	FRICCION (E.R.P.) (Revolución Parcial)			
SEGURO CAIDA CABEZAL	Indistintamente		Ninguna	• Fundamental en prensas hidráulicas y neumáticas. • En troqueles abiertos es la única protección en las fases de: – Montaje del útil. – Desmontaje del útil. – Regulación de la carrera. – Mantenimiento.	Ninguna
SEGURO SOBRECARGAS			Solo para prensas mecánicas (Las hidráulicas no se clavan)	• Evita rotura útil. • Evita proyección esquirla (por no rotura). • Evita operación desclavado.	
TROQUEL CERRADO			• Es el sistema de protección más completo. Protege en todas las fases de trabajo excepto parcialmente en el montaje del útil.	• Es el sistema de protección más completo, sobre todo en el proceso productivo.	• No protege en las fases: – Montaje del útil. – Desmontaje del útil. • Es más caro que el abierto.
RESGUARDO FIJO			• Medidas del enrejado de la protección según sea la rendija (bordes paralelos redonda o cuadrada).	• En cierto modo convierte un útil abierto en cerrado.	• No protege en las fases: – Montaje del útil. – Desmontaje del útil. – Prueba. – Solo parcialmente en mantenimiento.
PANTALLA MOVIL ENCLAVADA – DIRECTA MECANISMO EMBRAGUE	• Aceptable si una vez embragado la pantalla no puede abrirse.	Aceptable	• Solo para velocidades de ciclos lentas. • No embragará con la pantalla abierta.	• Buena protección en fases de: – Prueba. – Producción con alimentación y/o extracción manual. • Bueno ante accionamientos involuntarios.	• Problemas de desgastes y desajustes mecánicos. • Baja producción.
PANTALLA MOVIL ENCLAVADA – SOBRE MANDO EMBRAGUE	No aceptable				
BARRERA INMATERIAL FOTOELECTRICA	No aceptable	• Aceptable si se respetan la condiciones de maniobra y distancia de seguridad.	• Mejor para grandes prensas neumáticas o hidráulicas con E.R.P. • Distancia de seguridad entre el plano de detección y la zona de peligro.	• Responde instantaneamente. • Es automático. • Ocupa poco lugar. • De fácil instalación. • Pocas partes móviles. • Poco mantenimiento.	• Alto costo inicial. • Hay que usar resguardos complementarios.
APARTACUERPOS	Indistintamente		• Solo para prensas lentas. (Hasta 25 g.p.m. en prensas de simple efecto o 15 g.p.m. en las de doble efecto).	• Es de fácil ajuste.	• Relativamente fácil burlarlo. • Necesaria supervisión constante. • Baja producción.
MANDO A DOS MANOS	No aceptable	• Aceptable si se respetan condiciones de maniobra y distancias de seguridad.	• Solo en prensas con dispositivos antirrepetidores. • Solo con alimentación manual y golpe a golpe. • Se instalarán a distancia de seguridad.	• Buena protección en fase de producción con alimentación y extracción manual. • No obstaculiza la alimentación.	• Solo protege al operador. • Desciende la productividad. • Mayor fatiga física del operador. • No protege en las fases de: – Cambio de útil. – Mantenimiento. – Proyección de esquirla sin proteger.
ALIMENTACION Y/O EVACUACION AUTOMATICA O SEMIAUTOMATICA	Indistintamente		Depende de la forma y peso de la materia prima.	• Buena protección en fase de producción. • Incrementa la productividad. • Permite que un operario atienda varias prensas. • Versatilidad de uso.	• No protege en las fases de: – Montaje del útil. – Desmontaje del útil. – Mantenimiento. • Es caro.

Figura 13. *Características de los sistemas de protección en prensas verticales[38]*

7. Actividades realizadas durante la pasantía

Las tablas 4, 5 y 6 muestran en diagrama de Gantt el cronograma de actividades en formato general por semanas y puntual del proponente 1 y 2 por horas.

Actividad \ Mes	Septiembre				Octubre						
Semanas	2	3		4	1		2		3		4
Selección de tecnologías											
Desarrollo del dispositivo											
Acoplamiento											
Pruebas de funcionamiento											
Modelo final											
Resultados y documento final.											

Tabla 4. *Cronograma de actividades general por semana.*

Rafael Alejandro Manrique Meneses												
Actividad \ Mes	Septiembre					Octubre						
Horas	0-48	49-114		115-180		181-246		247-312		313-378		379-402
Selección de tecnologías Rasberry/ Camara Web												
Implementación y prueba de algoritmo de deteccion de imagen con Python												
Programa de automatización y envio de reporte.												
Diseño de circuitos y cables												
Conexión de etapas desarrolladas												
Pruebas de funcionamiento Automático												
Pruebas de funcionamiento general y ajustes.												
Verificación envió de registros y alertas												
Desarrollo de Circuitos Finales y Cableado final												
Resultados y redacción documento final.												

Tabla 5. *Cronograma de actividades del primer proponente por horas.*

Williams Raul Mendoza Romero													
Actividad \ Mes	Septiembre					Octubre							
Horas	0-48	49-114		115-180		181-246		247-312		313-378		379-402	
Selección de tecnologias Nextion HMI solution/ Modulo de reles													
Diseño de interfaz en Nextion Editor													
Programa de automatización y envio de reporte.													
Diseño de piezas en 3D													
Impresión de piezas 3D													
Pruebas de funcionamiento Manual													
Pruebas de funcionamiento general y ajustes.													
Verificación envió de registros y alertas													
Desarrollo de Circuitos Finales y Cableado final													
Resultados y redacción documento final.													

Tabla 6. *Cronograma de actividades del segundo proponente por horas.*

7.1. Descripción de Actividades

Las Actividades que se realizaron para cumplir con el cronograma general y puntual por proponente fueron:

7.1.1. Se garantizo el adecuado funcionamiento de la cámara web con la Raspberry, verificando que las imágenes obtenidas fueran de buena calidad para su procesamiento, se actualizaron las librerías de OPENCV y NumPy.

7.1.2. Se desarrolló un algoritmo en python basado en sustracción de fondo usando la librería de procesamiento de imagen OPENCV y mezclas gaussianas(MOG), hasta obtener un algoritmo de procesamiento de imagen en tiempo real capaz de detectar con precisión objetos ajenos al plano en el cual se trabaja.

7.1.3. Se diseñaron múltiples pantallas que se usan para las interfaces en la HMI, usando la herramienta Nextion Editor; La cual se comunica con la MCU por medio de un dispositivo serial TTL enviando comandos ASCII determinados en el desarollo de python.

7.1.4. Se desarrolló la rutina de lectura serial en Python, a partir de la lectura se manipulan los estados de una máquina de estados simple. La cual manipula los actuadores(Relés) y toma lectura del sensor de presión.

7.1.5. Se creó una plantilla autoeditable en HTML para el envío del informe de producción

7.1.6. Se validó el funcionamiento del protocolo de comunicación entre HMI, Raspberry. Asegurando la estabilidad de la comunicación entre los dispositivos y a su vez validar la transmisión de datos para el reporte del funcionamiento a través de Internet.

7.1.7. Se implementaron archivos de configuración externos a la programación de Python, estos permiten configurar usuarios, correo electrónico y editar la plantilla de informe de producción.

7.1.8. Se acopló el dispositivo a la máquina HX-2015 realizando las conexiones del sensor de presión a la entrada de aire comprimido, derivación del cableado actual de la máquina para la conexión con el dispositivo desarrollado y retorno de conexión entre el dispositivo desarrollado y la botonera actual de la máquina para permitir también el funcionamiento manual.

7.1.9. Se validó el funcionamiento de rutinas, lecturas, envío de datos y precisión de los sistemas como etapa final del proyecto. Se hicieron múltiples pruebas para determinar la repetibilidad en los procesos.

7.1.10. Se procede a documentar los resultados.

8. Resultados

En la figura 14 se muestra el diagrama de desarrollo del dispositivo, partiendo del diseño, acoplamiento y pruebas de funcionamiento hasta llegar al modelo final.



Figura 14. Diagrama de desarrollo del Dispositivo de control..

La programación del dispositivo y su diseño circuital se basó en el diagrama de la Figura 15. En el cual se muestran las etapas y su interacción en el proceso.

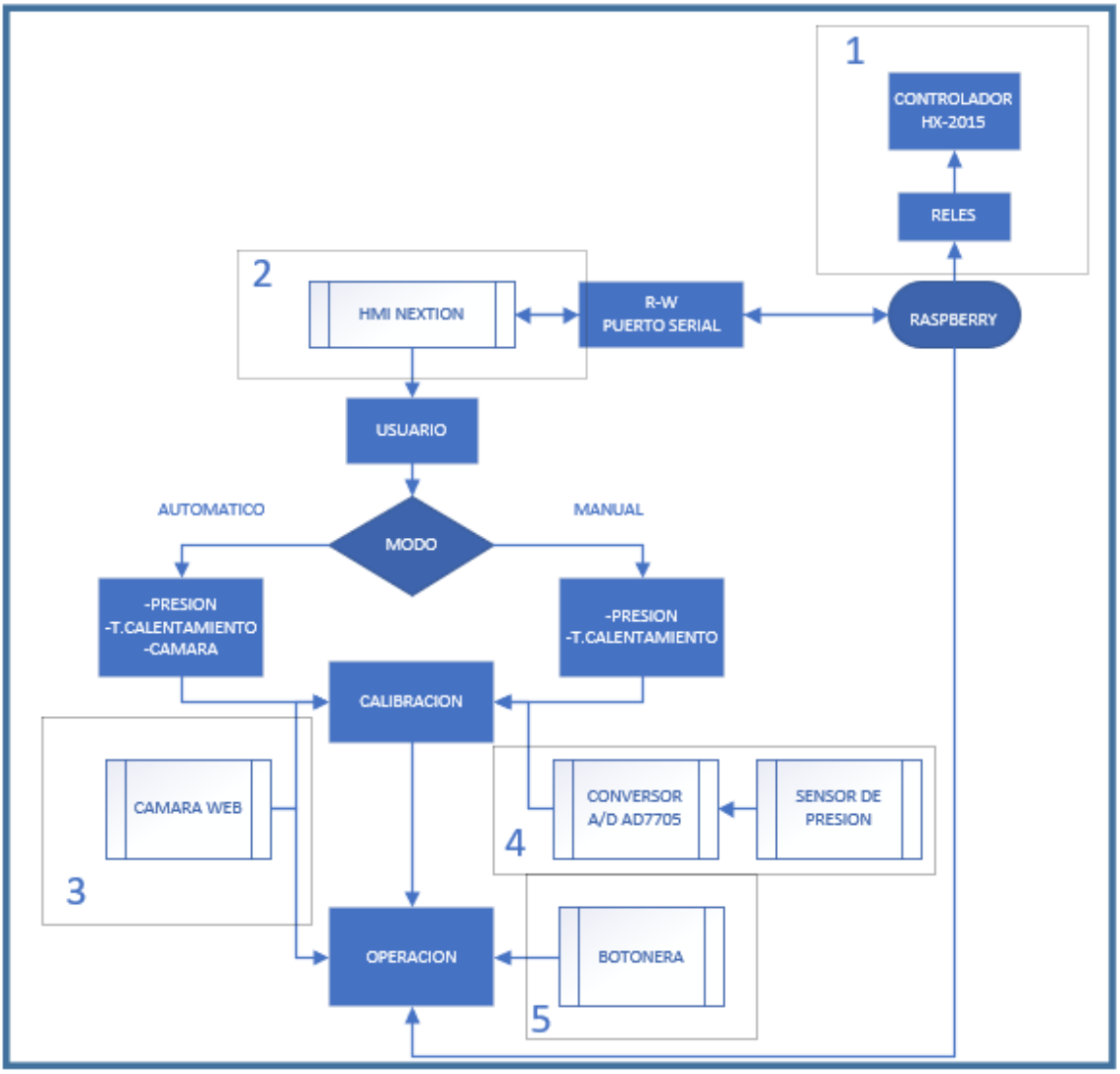


Figura 15.Etapas, procesos y subprocesos.

La unidad de procesamiento usada para la automatización es la Raspberry Pi 3b+, la cual tiene una comunicación serial RS232 con la HMI NEXTION, desde la que se gestiona el proceso de selección de usuario, modo, calibración y operación. La explicación de estos procesos se encuentra en el Anexo 2. Algunas de estas etapas tienen dispositivos periféricos conectados y para los cuales se desarrollaron circuitos de acoplamiento.

Dentro de la Figura 15 se encuentran los bloques 1 y 5. El bloque 1 se usó en el acoplamiento de salida del dispositivo con la máquina. Se intentó ser lo menos invasivo con respecto al funcionamiento original de la HX-2015, para la conexión entre el controlador y el dispositivo se utilizó cable de 3 hilos con conectores de aviación de tres pines Figura 16 y un circuito de relés Figura 17 conectado a la Raspberry.
El bloque 5 se conectó al dispositivo usando cable de 3 hilos y conector de aviación, este bloque corresponde a la botonera de la máquina la cual se acopló al dispositivo mediante el circuito mostrado en las Figuras 18 el cual entrega señales digitales de entrada a la Raspberry usadas como interrupciones durante la programación.

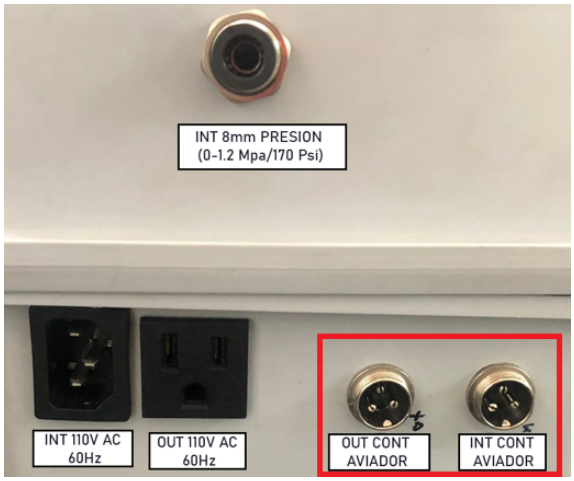


Figura 16. Conectores I/O Aviador.

En la Figura 17 se observa el circuito implementado para la conexión con el controlador de la HX 2015 y la separación de tierras, esto se realiza mediante optoacopladores eliminando el ruido y relés que se encuentra normalmente abiertos en caso de alguna emergencia y la máquina no sea obturada. Para el circuito de entrada de la botonera se implementó un acople a través de optoacopladores que permiten la separación de tierras como se muestra en la Figura 18.

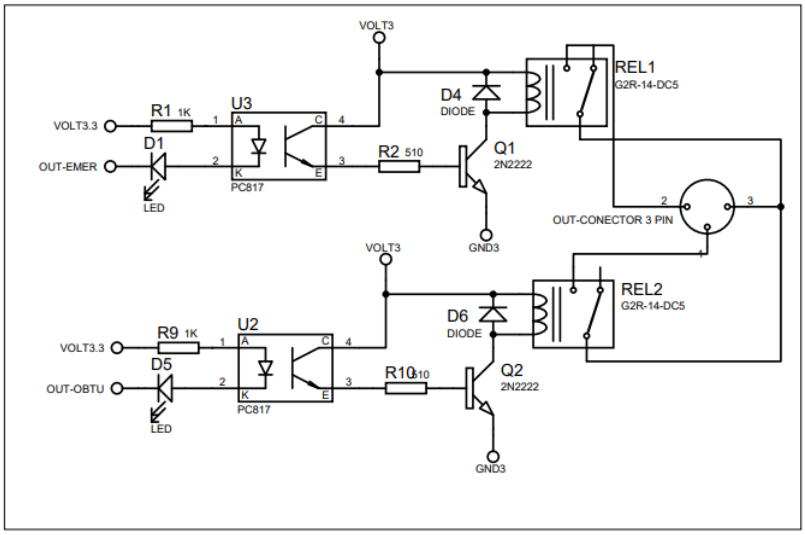


Figura 17. Conector salida con el controlador de la HX-2015

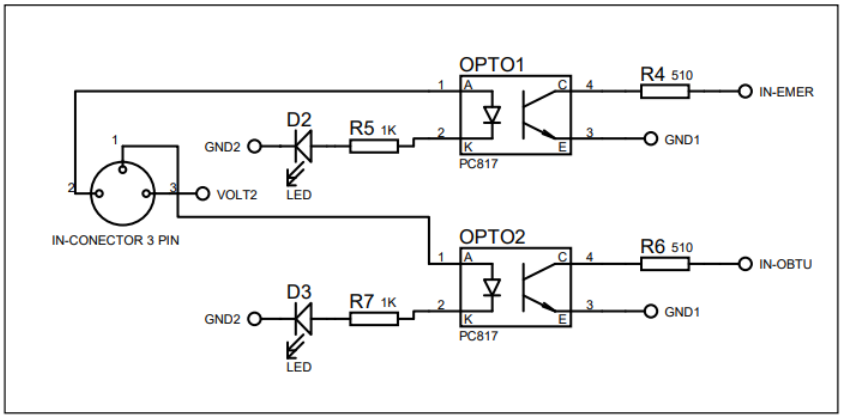


Figura 18. Conector entrada con la botonera de la HX-2015

En la Figura 15 bloque 2 se encuentra la HMI Nextion, para su conexión y funcionamiento se utilizó un conversor USB TTL para acoplar con las Raspberry junto con un cable 4 hilos con conectores DB9 por el cual se alimenta la HMI con una tensión de 5v y se hace la transferencia de datos Figura 19 y 20. Para mejorar la estética y proteger las conexiones internas de la HMI Nextion se diseñó una carcasa con soportes en SolidWork a medida Figura 21 y 22, las cuales se imprimieron en 3D dejando como resultado lo mostrado en Figura 23.

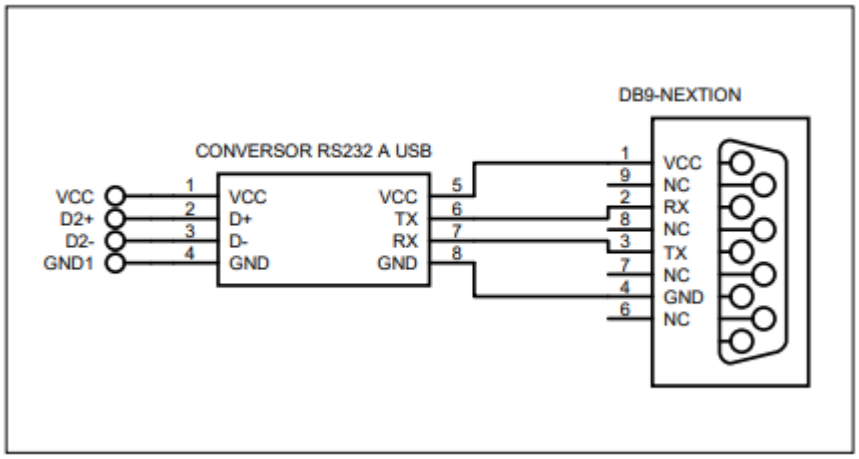


Figura 19 . Conexión raspberry y HMI nextion..

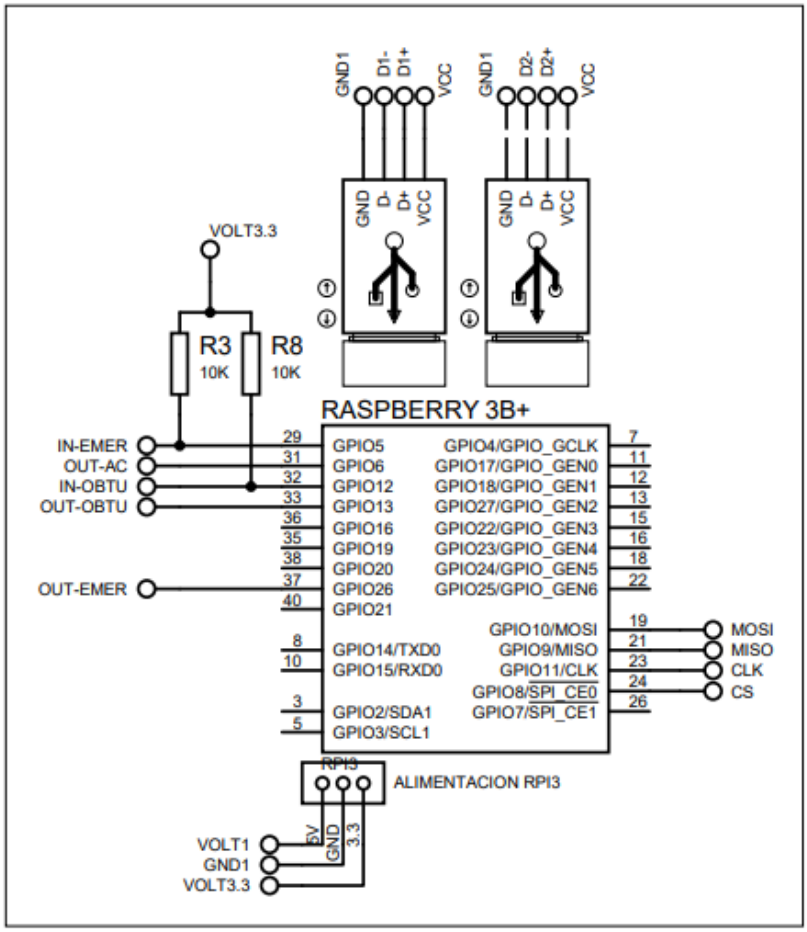


Figura 20. Conexión general de la raspberry

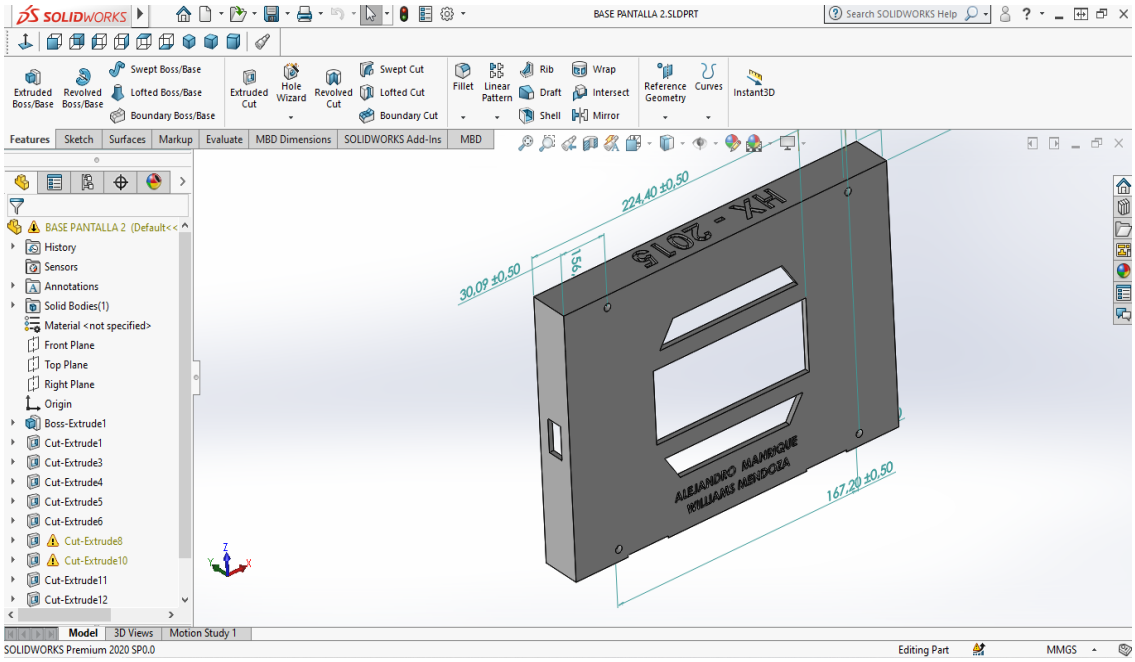


Figura 21. Diseño 3D carcasa HMI Nextion.

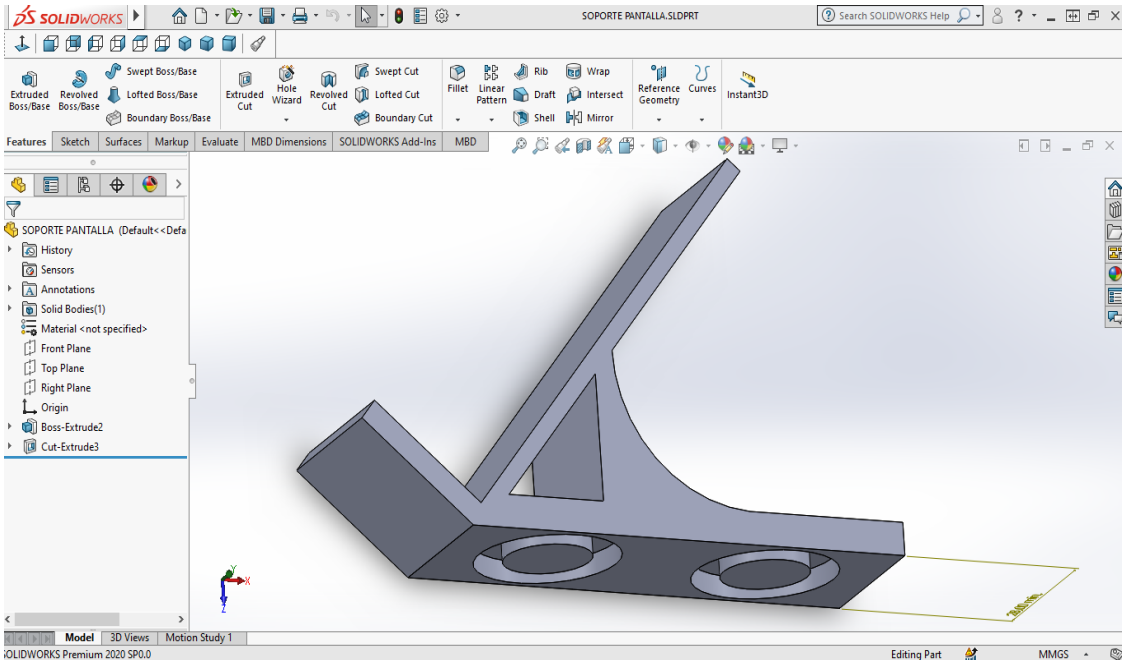


Figura 22. Diseño 3D base de pantalla Nextion.



Figura 23 .Nextion con carcasa, bases y cable DB9.

Para la instalación de la cámara se diseñó una pieza en el Software SOLIDWORKS, la cual se imprimió en 3D su diseño y la instalación se ven en las Figuras 24 y 25 respectivamente. La cámara se encuentra conectada a la raspberry mediante un extensor USB mostrada en la figura 20.

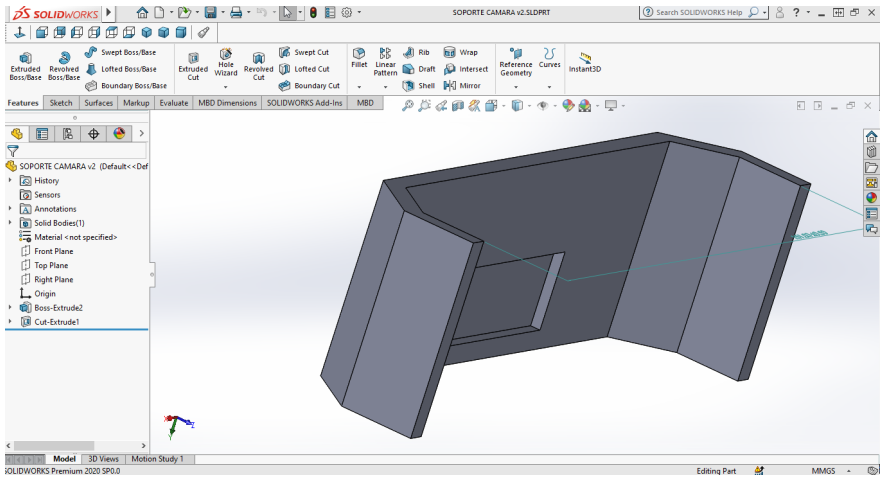


Figura 24. Diseño base cámara.

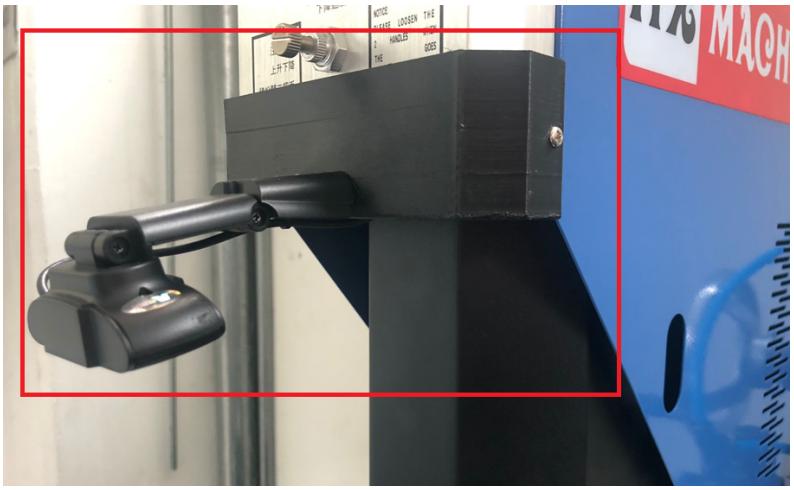


Figura 25. Instalación de base de cámara web

Para la calibración del dispositivo en modo automático se situaron dos stickers circulares de color rojo que sirven como referencia para delimitar el area de sensado de la cámara. Figura 26. Esta detección se hizo usando filtros de color en la captura de imagen y delimitando los tamaños de áreas detectadas en el rango del filtro.

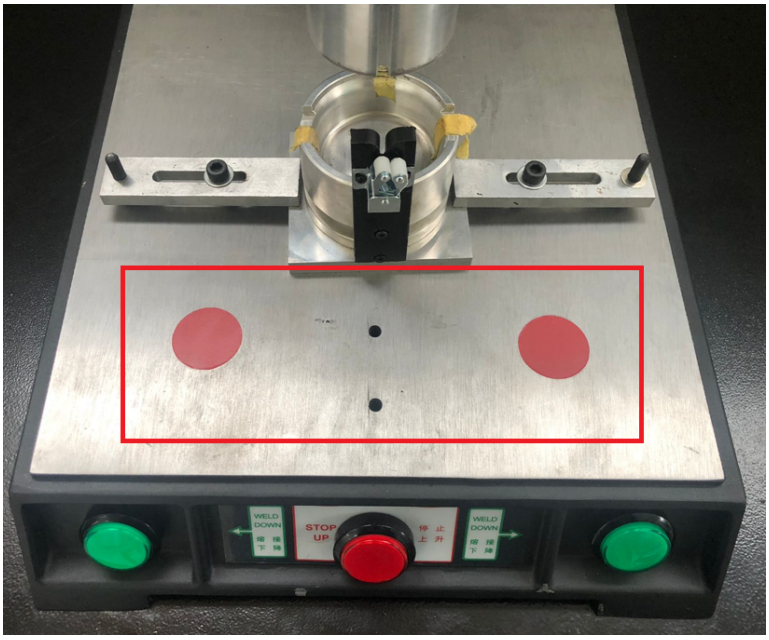


Figura 26. Círculos de referencia para calibración.

Los resultados del proceso de calibración son enviados por correo electrónico mediante protocolo SMTP a un destinatario predeterminado en la programación. La imagen enviada y el correo se observan en la Figura 27.

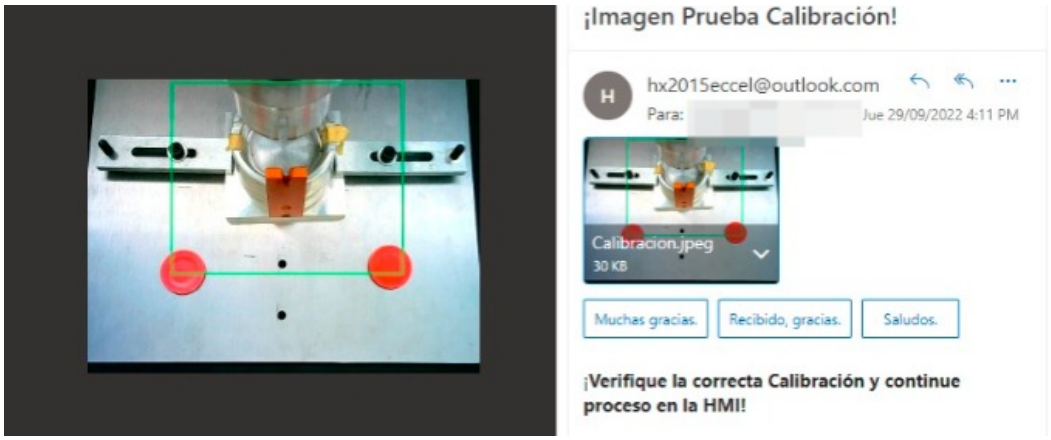


Figura 27. Correo de calibración de la máquina.

El bloque 4 de la figura 15 corresponde al sensor de presión, el cual se instaló sobre la línea de alimentación de aire comprimido que se suministra a la HX-2015. Se realizó una derivación teniendo en cuenta las disposiciones descritas en INTE/ISO 4414:2018 para el uso de dispositivos con aire comprimido, donde se tuvo en cuenta el material de los acoples y rangos de presión (0-1.2 Mpa/170 Psi) mínimos para su elección. En la Figura 28 se ve el antes y el después de la derivación para el sensor.

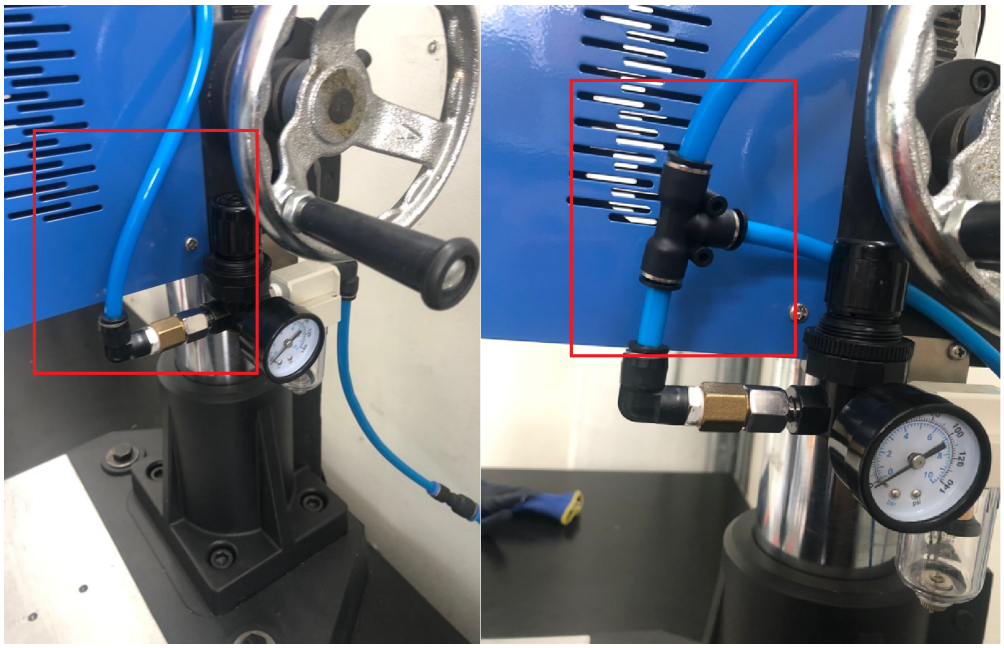


Figura 28. Conexión de aire comprimido antes y después.

Para su lectura se utilizó un conversor ADC con una resolución de 16 bits conectado por SPI a la raspberry como se indica en la figura 29. Los datos usados para linealizar el sensor están en la tabla 7 y la gráfica de linealización y ecuación están en la figura 30

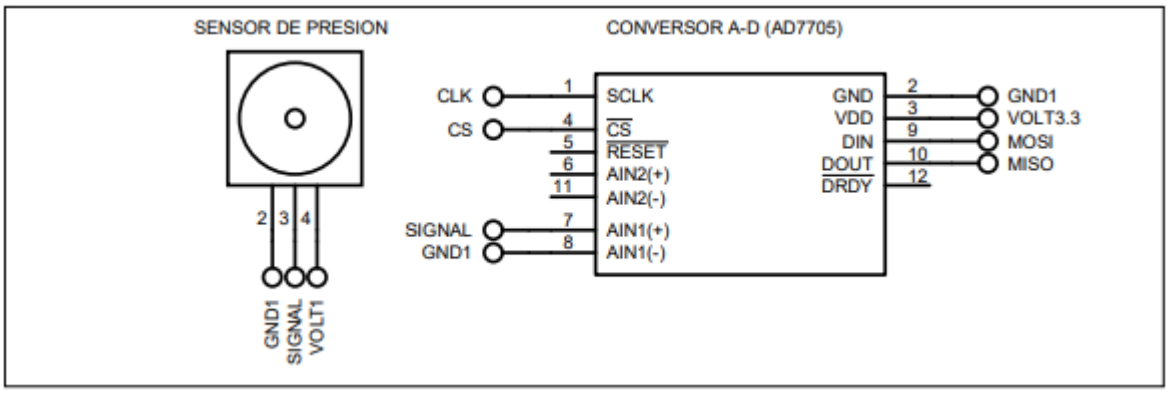


Figura 29. Conexión del sensor con módulo AD7705-SPI.

Psi	Valor ADC
80	30910
60	24750
30	14800
0	6580

Tabla 7. Datos de linealización para sensor de presión.

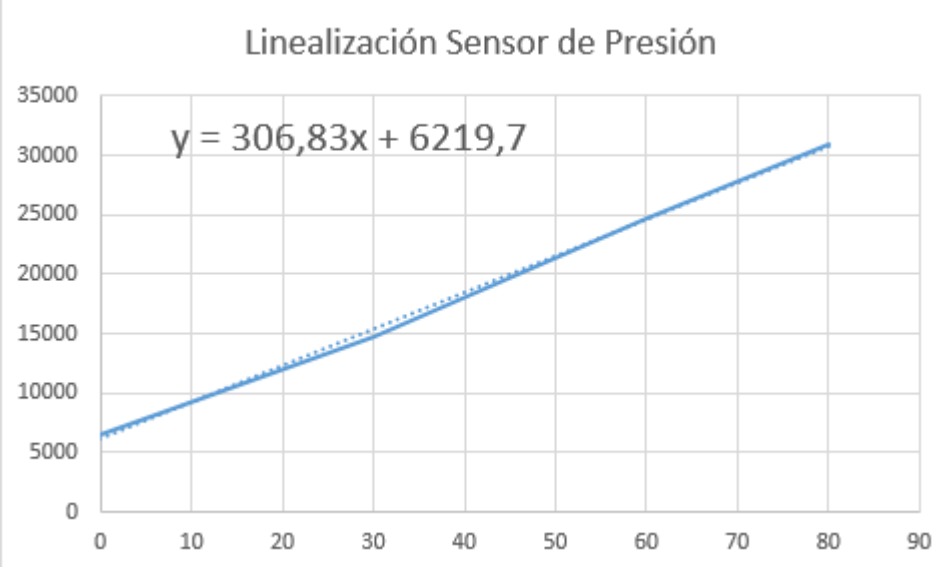


Figura 30. Gráfica de linealización Sensor de Presión.

Para evitar invadir el área de monitoreo y acción de la máquina y como solución a una de las problemáticas del proyecto se diseñó una pieza para impresión en 3D que junto con un elemento mecánico evitan que el cable del elemento que se está sellando se mueva de su sitio. La Solución de muestra en la Figura 31.

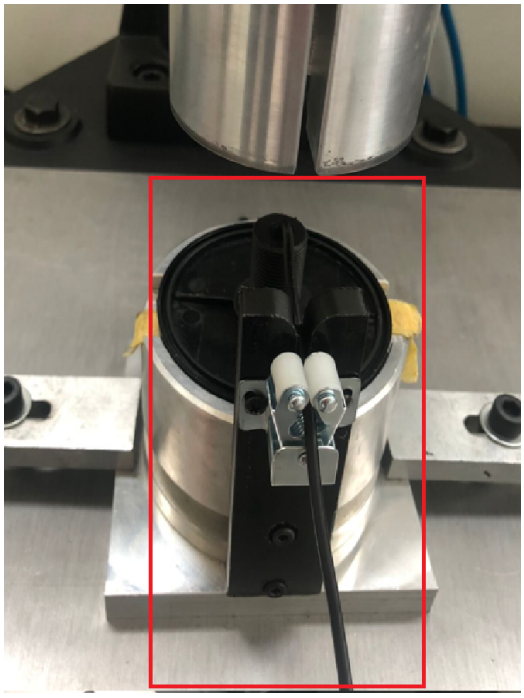


Figura 31. Pieza mecánica para sostener el cable de la antena.

La figura 33 muestra el diagrama circuital por bloques de todo el proyecto, donde se incluyen las protecciones de línea usadas para conectar los adaptadores de tensión usados en la alimentación de las otras etapas.

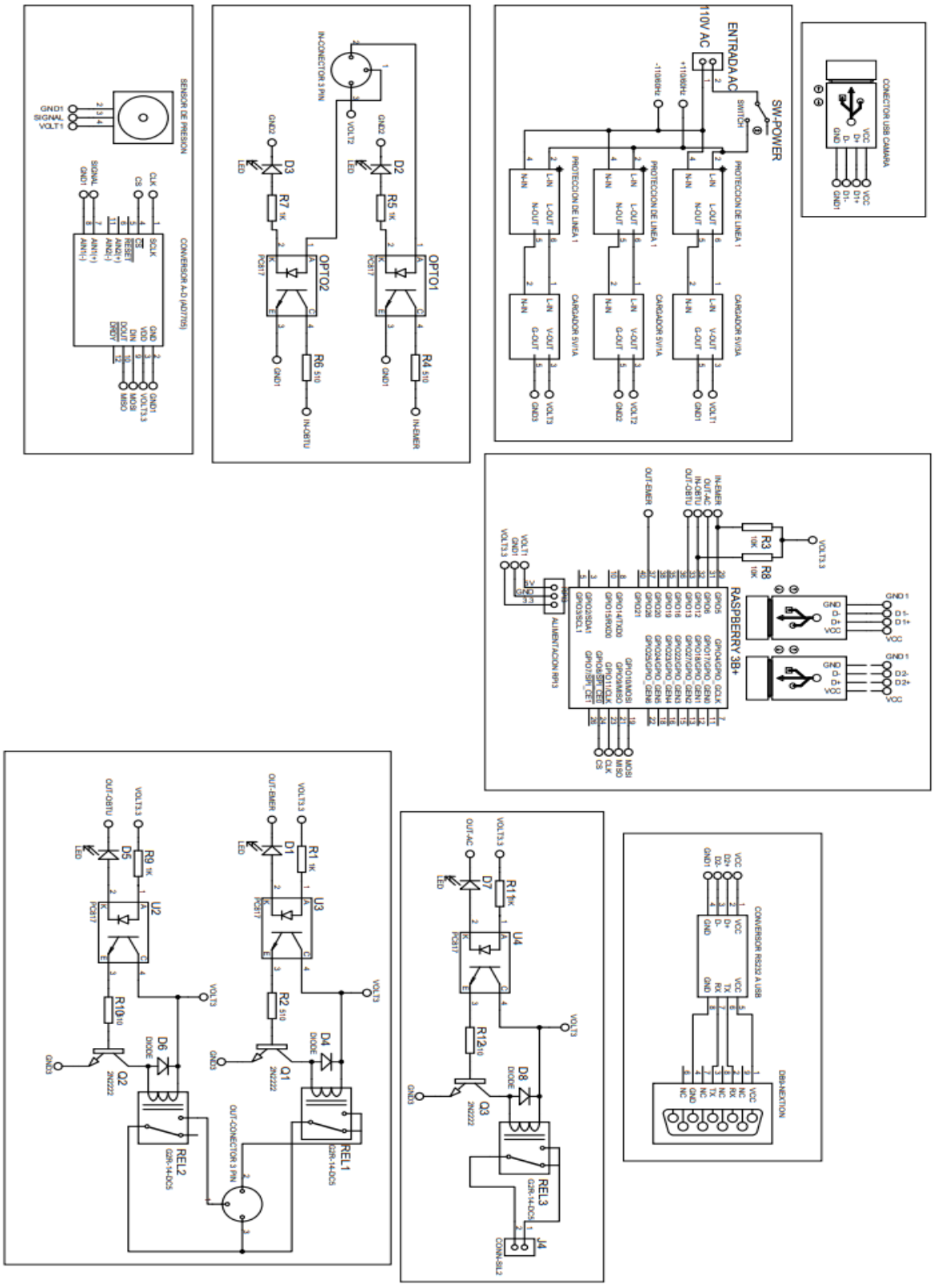


Figura 32. Esquemático de conexiones.

9. Conclusiones y Recomendaciones

Una vez realizada la investigación y los estudios pertinentes, que propiciaron la elaboración de este proyecto se permite llegar a las siguientes conclusiones

Se logra llevar a cabo el objetivo propuesto y de esta forma innovar y modernizar el sistema de la automatización de la HX-2015, partiendo de un punto en el cual, la automatización ayuda en la reducción del personal para la operatividad de la máquina.

Mediante los informes enviados se propone realizar un análisis estadístico, el cual permite verificar la eficacia de la producción total durante el proceso de sellado, el desgaste de la maquinaria por obturaciones y el tiempo empleado en cada uno de los procesos.

En el desarrollo de la implementación y diseño del proyecto se evidencio que, es preciso incluir nuevas tecnologías que permitan incrementar el buen funcionamiento de la máquina, mediante sensores que generen una alerta por desajuste de altura en la vástago y de esta forma garantizar la seguridad y el monitoreo en la maquinaria.

10.Referencias

BIBLIOGRAFÍA

[1] B. A. Torres Malaver and B. A. Baquero Cardozo, "Aplicación para teléfono móvil con sistema operativo Android que permite detectar somnolencia y emitir una alarma sonora a conductores de automóvil mediante procesamiento de imágenes," Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., 2019. Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/22359.

[2] W. F. Rodríguez Fernández, "Diseño de un sistema portátil para la detección de obstáculos por medio de kinect, como apoyo a personas con efectos visuales limitados.," Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., 2018. Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/14039.

[3] E. Y. Ahumada Salcedo and H. D. Casas Pira, "Diseño de una arquitectura de software para la detección de objetos en un sistema de vigilancia, integrado en un robot autobalanceado," Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., 2021. Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/28929.

[4] D. F. Rodríguez Lamus, "Modelo para la detección de anomalías sobre objetos en movimiento en bases de datos espacio temporales," Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., 2019. Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/29420.

[5] H. S. Suárez Prada, "Protocolo de procesamiento de imágenes satelitales para el entrenamiento y prueba de una red neuronal de predicción de daño ecológico por extracción ilegal de minerales dentro del marco de celebración de los 100 años de la Fuerza Aérea Colombiana," Bogotá D.C., Jan. 01, 2019. Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/22530.

[6] C. I. Sánchez Ariza and A. Calderón Muñoz, "Procesamiento digital de imágenes obtenidas con dron mediante el uso de software libre," Universidad Distrital Francisco José de Caldas,

Bogotá D.C., 2020. Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/26169.

[7] J. N. Cumaco Pesca and W. R. Mendoza Romero, "Estrategia de navegación para la plataforma robótica NAO usando landsmarks mediante reconocimiento de figuras geométricas," Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., 2019. Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/16006.

[8] H. A. Solórzano Gil, "Diseño e implementación de interfaz gráfica de usuario entre el sistema de control de proceso T5554 y un PLC Siemens S7-300," Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., 2015. Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7347.

[9] E. J. CAJAS OÑA, D. X. CARRERA ANDRANGO, and D. D. SILVA PILAGUANO, "MÁQUINA DISPENSADORA DE SNACKS, CON UN SISTEMA DE CONTROL SINCRÓNICO BASADO EN SOFTWARE LIBRE," Quito -Ecuador, 2022. Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://ojs.estudiantesucre.edu.ec/index.php/sucre_review/article/view/21/48.

[10] H. D. Parra Martinez, "Implementación de un sistema para medir y controlar el abastecimiento del agua para el acueducto comunitario del Barrio Pablo Neruda del Municipio de Sibate Cundinamarca.," Corporación Universitaria Minuto de Dios, Soacha, 2019. Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/14002.

[11] A. C. Bento, "An Experiment with Arduino Uno and Tft Nextion for Internet of Things," 2018 International Conference on Recent Innovations in Electrical, Electronics and Communication Engineering, ICRIEECE 2018, pp. 1238–1242, Jul. 2018, doi: 10.1109/ICRIEECE44171.2018.9008416.

[12] V. Mane, S. Kore, P. S. Pillai, C. I. Nalini, and A. Puri, "Real-Time Data Monitoring System for User Conveyance," Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 191, pp. 761–769, 2022, doi: 10.1007/978-981-16-0739-4_72/COVER.

[13] "¿Qué es soldadura ultrasónica? Y sus principios básicos." Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://www.dukane.com/es/proceso-de-soldadura-de-plastico/que-es-soldadura-ultrasonica/.

[14] Dukane Drive, "Guide to Ultrasonic Plastics Assembly," Dukane Intelligent Assembly Solutions, 2011. Accessed: Jul. 23, 2022.

[15] "Máquina de soldadura de plástico por ultrasonidos CE (HX-2015) Hecho en China.com." Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://m.made-in-china.com/product/CE-Ultrasonic-Plastic-Welding-Machine-HX-2015-662604812.html.

[16] "Raspberry Pi for industry – Raspberry Pi." Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://www.raspberrypi.com/for-industry/ .

[17] "NX8048P070-011R-Y." Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://nextion.tech/datasheets/nx8048p070-011r-y/.

[18] "El Relé: para qué es, para qué sirve y qué tipos existen | Blog SEAS." Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://www.seas.es/blog/automatizacion/el-rele-para-que-es-para-que-sirve-y-que-tipos-existen/.

[19] "Que es una webcam: Cámara de computadora - Tecnología + Informática."Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://www.tecnologia-informatica.com/camara-web-comprar-webcam/ .

[20] "Transductor de presión | Omega Engineering." Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://es.omega.com/prodinfo/transductores-de-presion.html.

[21] "Diferencia entre RS232 y RS485 | Comparación de Protocolos Serie." Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://www.virtual-serial-port.org/es/article/what-is-serial-port/rs232-vs-rs485.html.

[22] "Python: qué es, para qué sirve y cómo se programa | Informática Industrial." Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://www.cursosaula21.com/que-es-python/

[23] "¿Qué es OpenCV? – Un poco de Java." Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://unpocodejava.com/2013/10/09/que-es-opencv/ (accessed Jul. 23, 2022).

[24] E. Alegre Gutiérrez, "Procesamiento digital de imagen : fundamentos y prácticas con Matlab," 2003. Accessed: Jul. 23, 2022.

[25] "¿Qué es OpenCV y para qué sirve? [2021]." Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available:https://www.crehana.com/blog/desarrollo-web/que-es-opencv/.

[26] L. Rodríguez. Modelo de seguimiento de la movilidad peatonal en la Universidad del Valle sede Meléndez. Universidad Del Valle, 2012

[27] T. Bouwmans & F. Porikli, B. Hoferlin, A. Vacavant. Background modeling and foreground detection for video surveillance, 201

[28] Fernando, L., & Tafurt, E. (s/f). EVALUACION DE ALGORITMOS DE SUSTRACCION DE FONDO PARA CONTEO DE PERSONAS. Edu.co. de Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/15687/CB0565487.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

[29] "¿Qué es la impresión 3D?" (2021, octubre 6). Autodesk.com. Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/3d-printing.

[30] "Clasificación calidad aire comprimido - Guía del Aire Comprimido - Puska aire comprimido." Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://www.puska.com/es/manual-guia-aire-comprimido/clasificacion-calidad-aire-iso85731.

[31] "EIA/TIA-232-F:1997 (R2012)." Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://www.normadoc.com/spanish/eia-tia-232-f-1997-r2012.html.

[32] "Sistemas neumáticos. Reglas generales y requisitos de seguridad para los sistemas y sus componentes | INTECO."Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://www.inteco.org/shop/inte-iso-4414-2018-sistemas-neumaticos-reglas-generales-y-requisitos-de-seguridad-para-los-sistemas-y-sus-componentes-2976#attr=.

[33] "ANSI/ISA-101.01-2015, Interfaces hombre-máquina para sistemas de automatización de procesos." Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://www.isa.org/products/ansi-isa-101-01-2015-human-machine-interfaces-for.

[34] P. Blanch Gonzálbez, "NTP 235: Medidas de seguridad en máquinas: criterios de selección."

[35] International Electrotechnical Commission. and International Electrotechnical Commission. Technical Committee 95 : Measuring relays and protection equipment., "Measuring relays and protection equipment. Part 26, Electromagnetic compatibility requirements," p. 92.

[36] N. Yáñez, "4 API 1165," 2007. Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://fdocuments.in/document/4-api-1165pdf.html.

[37] "5 normas de calidad para el diseño de productos que debes conocer - NC Tech." Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: https://nctech.com.mx/blog/ingenieria-digital/normas-de-calidad/.

[38] F. López Beneyto, "NTP 256: Prensas verticales: elección de los sistemas de protección."

11. Anexos

11.1. Licencia de uso OPEN CV: (http://opencv.org/license.html)

License Agreement For Open Source Computer Vision Library (3-clause BSD License) Redistribution and use in source and binary forms, with or without modification are permitted provided that the following conditions are met: Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer. Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution. Neither the names of the copyright holders nor the names of the contributors may be used to endorse or promote products derived from this software without specific prior written permission. This software is provided by the copyright holders and contributors "as is" and any express or implied warranties, including, but not limited to, the implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose are disclaimed. In no event shall copyright holders or contributors be liable for any direct, indirect, incidental, special, exemplary, or consequential damages (including, but not limited to, procurement of substitute goods or services; loss of use, data, or profits; or business interruption) however caused and on any theory of liability, whether in contract, strict liability, or tort (including negligence or otherwise) arising in any way out of the use of this software, even if advised of the possibility of such damage.

11.2. Manual de Operación HX-2015- NEXTION-RASPBERRY

https://docs.google.com/document/d/1NczyEWox6jD5z2-F6wN767HXN0h1nSmaiQe_HZTTjSY/edit?usp=sharing