

SCADA para máquinas industriales Semi-Automáticas

Diego Andrés Niño Bautista

Práctica empresarial para optar por el título de Ingeniero Mecatrónico

Director

John Leonardo Quiroga Pineda

Magíster en Ingeniería Electrónica

Universidad Santo Tomas, Bucaramanga

División Ingenierías y Arquitectura

Facultad de Ingeniería Mecatrónica

2024

Dedicatoria

Quiero dedicar esta práctica a mi familia y compañeros que siempre me han brindado su apoyo y que nunca han presentado duda en mí, ver que soy más capaz de lo que creo y que si te lo propones eres capaz de mover hasta montañas.

Agradecimientos

Quiero darle las gracias a mi madre que siempre me ha apoyado incluso cuando no sabía nada de lo que consistía mi carrera, a mi tío que me inspiró a la ingeniería mecatrónica, a mi padre que siempre me ayudó monetariamente y a mi abuelo porque siempre me ha dicho que podía hacerlo.

También a mis amigos que me ayudaron en todo, incluso ante la duda más pequeña o incluso cuando los ayudaba podía reforzar mis conocimientos y resolver cualquier reto que se nos presente.

Contenido

Introducción	9
1. SCADA para máquinas industriales Semi-Automáticas	10
1.1. Reseña de la empresa	10
1.2. Misión de la empresa	10
1.3. Visión de la empresa	10
1.4. Estructura orgánica de la empresa.....	11
2. Justificación	12
3. Identificación de la problemática	12
4. Marco de referencia	13
5. Objetivo general	15
5.1. Objetivos específicos	15
6. Plan de trabajo.....	15
7. Desarrollo del plan de trabajo.....	18
8. Resultados y discusiones	21
9. Conclusiones.....	23
Referencias.....	24

Lista de tablas

Tabla 1. *Tabla de plan de trabajo* 16

Lista de figuras

Figura 1. <i>Organigrama de la empresa Carbolsas S.A.S</i>	11
Figura 2. <i>Diagrama de secuencia de conexiones físicas y las tareas asignadas al Microcontrolador ESP32.</i>	18
Figura 3. <i>Diagrama del sistema de detección de estados de las troqueladoras</i>	19
Figura 4. <i>Diagrama del sistema de detección de estados y envío de información de las troqueladoras.</i>	20

Resumen

El presente Trabajo describe la implementación de un sistema de monitoreo y adquisición de datos (SCADA) para máquinas industriales semi-automáticas en la empresa Carbolsas S.A.S. Este proyecto, realizado como parte de una práctica empresarial, tiene como objetivo principal mejorar la eficiencia operativa y el control de los procesos de producción mediante la integración de tecnologías IoT (Internet de las Cosas) utilizando la plataforma Node-RED, el microcontrolador ESP32, y una base de datos MySQL.

El sistema SCADA desarrollado permite la monitorización en tiempo real del estado de las máquinas y el seguimiento de los ciclos de producción, optimizando el uso de energía y materiales, y reduciendo los tiempos de inactividad. Los resultados obtenidos demuestran la eficacia del sistema para gestionar y visualizar la información crítica de las operaciones, lo que contribuye a la mejora continua de los procesos productivos de la empresa.

Palabras clave: sistema SCADA, IoT, Node-RED

Abstract

This project describes the implementation of a Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system for semi-automatic industrial machines at Carbolsas S.A.S. This project, carried out as part of a business internship, aims to improve operational efficiency and control of production processes through the integration of IoT (Internet of Things) technologies using the Node-RED platform, the ESP32 microcontroller, and a MySQL database.

The developed SCADA system enables real-time monitoring of machine status and production cycle tracking, optimizing energy and material usage, and reducing downtime. The results obtained demonstrate the effectiveness of the system in managing and visualizing critical operational information, contributing to the continuous improvement of the company's production processes.

Keywords: SCADA system, IoT, Node-RED

Introducción

La mejora de la productividad y eficiencia de los procesos en las empresas es un objetivo esencial para mantenerse competitivo en el mercado y garantizar el crecimiento y sostenibilidad a largo plazo. Por lo tanto, se requiere tener un correcto monitoreo y control del material.

Para ello la empresa Carbolsas S.A.S que se enfoca en crear cajas de cartón por orden de cliente y necesita un sistema que le permita monitorear el estado de sus máquinas en tiempo real para evitar pérdidas de material, conocer los tiempos de trabajo que están empleando los operarios y tener un mejor control del inventario para evitar pérdidas.

Por eso en este informe se busca un método que permita satisfacer las necesidades actuales de la empresa, por medio de un sistema que cumplan con los requerimientos.

1. SCADA para máquinas industriales Semi-Automáticas

1.1. Reseña de la empresa

Carbolsas S.A.S es una empresa cuyos productos principales se enfocan en crear cajas de cartón compacto, cartón corrugado y bolsas de papel. Todo esto por medio de procesos Semi-Automáticos utilizando impresoras, troqueladoras y plastificadoras.

Es una de las principales empresas en Bucaramanga donde diferentes locales y negocios obtienen cajas con sus respectivos diseños, formas y tamaños según se solicita.

Existen 2 sedes, una que es la que se realiza el proceso de cada caja que consiste en la impresión, troquelado y a veces plastificado por orden que llega, en esta sede es donde se piensa trabajar principalmente este proyecto y la segunda sede que es la principal dónde está la gerencia, se manda y recoge por parte de los clientes los pedidos de las cajas ya terminadas [1].

1.2. Misión de la empresa

La misión de la empresa es liderar la industria de empaques mediante la fabricación y distribución de empaques de cartón y bolsas de papel con diseños personalizados, enfocándose en la transición hacia materiales totalmente biodegradables. [1]

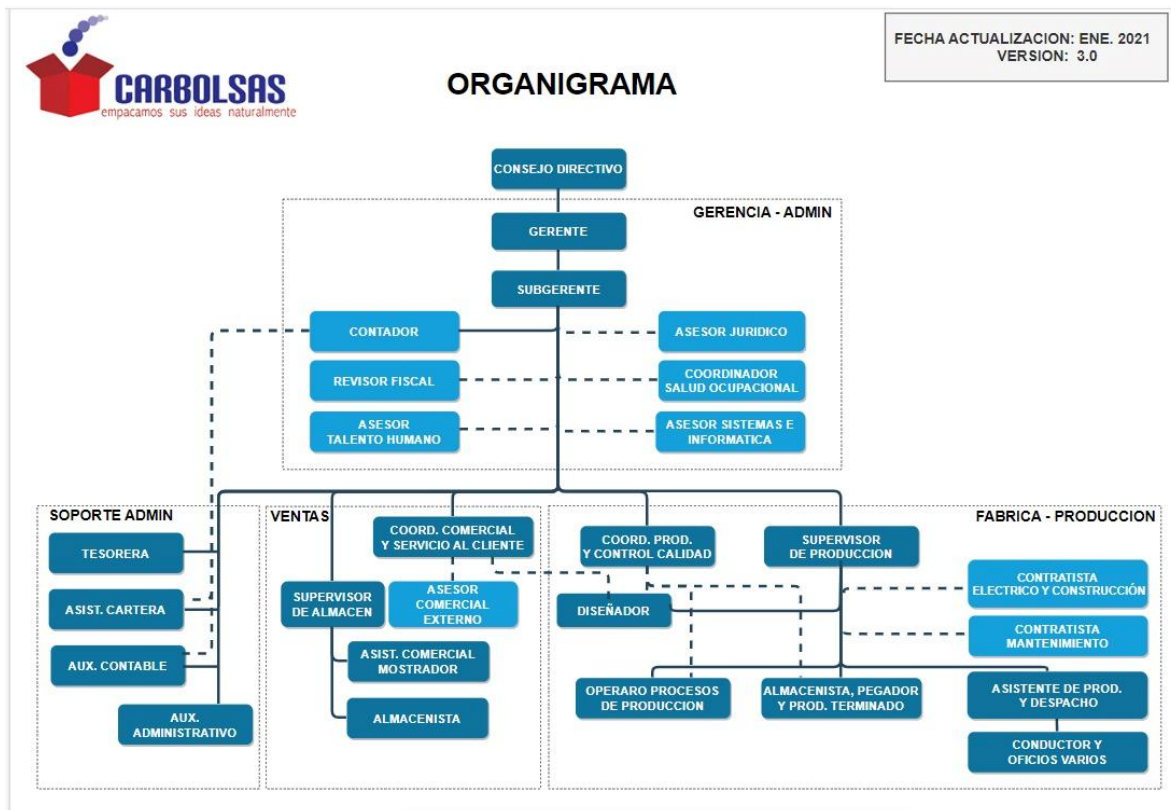
1.3. Visión de la empresa

La visión de la empresa es ser un referente en la región en la implementación de prácticas empresariales responsables, donde la eficiencia y la calidad son los pilares

fundamentales. También aspiran a ser reconocidos no solo por la funcionalidad y durabilidad de los empaques, sino también por su estética y su contribución a la imagen de las marcas que representan [1].

1.4. Estructura orgánica de la empresa

Figura 1. Organigrama de la empresa Carbolsas S.A.S



2. Justificación

En la industria actual es necesario optar por métodos que permitan tener una mejor gestión y control de cada uno de los procesos de las máquinas que conforman la empresa, por ello son necesarios sistemas automatizados que cumplan esta labor.

Por lo anterior, la empresa Carbolas S.A.S busca por medio de esta práctica el suplir aquella necesidad con el objetivo de mantenerse competente en el mercado. Para ello se tiene pensado optar por un sistema SCADA que permita brindar una mejor eficiencia en la preparación de la máquina, generar un conteo de cada lámina y gestionar las paradas de máquina para conocer los tiempos de espera y ejecución que realicen los operarios en su jornada laboral.

Una vez implementado lo anterior se podrá tener un mejor control de los tiempos y del material que se utilice en cada uno de los ciclos de producción de la empresa.

3. Identificación de la problemática

La empresa está presentando unas pérdidas de material y gasto en energía de las máquinas sin explicación aparente y busca de alguna forma tener monitoreada esa información para saber cuánto tiempo se están operando las máquinas haciendo la producción correcta y saber cuánto material se está gastando en las plastificadoras para poder mejorar la eficiencia de las máquinas.

Se cree que esta problemática puede deberse a tiempos en los cuales los trabajadores no están plastificando/troquelando láminas de las órdenes, lo que lleva a que la máquina tenga altos periodos de tiempo encendida gastando energía mientras no se realiza ninguna producción.

4. Marco de referencia

En este proyecto se basa principalmente en el uso de la placa ESP32 junto a Node-red para realizar un sistema S.C.A.D.A utilizando I.O.T.

Palabras/Conceptos Claves del Proyecto:

Base de datos: Una base de datos es un conjunto organizado de datos, generalmente almacenado y accesible electrónicamente desde un sistema informático. Las bases de datos permiten el almacenamiento, la recuperación y la gestión eficientes de los datos, y son fundamentales para aplicaciones que manejan grandes cantidades de información [4].

ESP32: El ESP32 es un microcontrolador económico y eficiente creado por Espressif Systems. Integra Wi-Fi y Bluetooth, lo que lo convierte en una opción perfecta para aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT). Su versatilidad y capacidad de procesamiento hacen que el ESP32 sea muy popular en proyectos de automatización y dispositivos conectados [2].

HMI: interfaz hombre-máquina (HMI) es un medio a través del cual los operadores interactúan con los sistemas de control y maquinaria industrial. Los HMIs pueden incluir pantallas táctiles, paneles de control y software especializado que permiten a los usuarios monitorear y controlar procesos y equipos [2].

Internet of things (I.O.T): El Internet de las cosas (IoT) son dispositivos físicos que se conectan a internet y su función es recopilar e intercambiar datos, permitiendo una mejor eficiencia y automatización en diferentes sectores [4].

M.Q.T.T: (Message Queuing Telemetry Transport) es un protocolo de mensajería ligero y de publicación-suscripción diseñado para la transmisión de mensajes entre dispositivos con recursos limitados y redes con anchos de banda restringidos. Se utiliza

bastante para aplicaciones que requieren internet de las cosas debido a su eficiencia y bajo consumo de energía. MQTT permite que los dispositivos se comuniquen de manera fiable y en tiempo real a través de un intermediario llamado "broker", que gestiona la distribución de mensajes entre los clientes suscriptores y publicadores [5].

MySQL: es un sistema de gestión de bases de datos, y es de código abierto. Es utilizado para almacenar, organizar y recuperar grandes cantidades de datos de manera eficiente. MySQL es conocido por su fiabilidad, rendimiento y facilidad de uso, se utiliza bastante en aplicaciones web [4].

Node-RED: es una herramienta de desarrollo basada en flujos que facilita la integración de hardware y servicios en línea. Creada inicialmente por IBM, ofrece una interfaz visual que permite a los usuarios conectar nodos (que representan hardware y servicios) en un flujo de trabajo de forma sencilla utilizando programación visual [3].

Sistema S.C.A.D.A: Un sistema S.C.A.D.A es una arquitectura de control de procesos industriales y de infraestructura, que permite supervisar, controlar y recopilar datos de equipos y procesos en tiempo real. Utiliza una combinación de hardware y software para controlar dispositivos industriales y recopilar datos, los cuales son visualizados por los operadores para tomar decisiones informadas [2].

Wi-Fi Network: es una red inalámbrica que utiliza ondas de radio para proporcionar conexiones de red y acceso a Internet. Las redes Wi-Fi son comúnmente utilizadas en hogares, oficinas y lugares públicos para permitir la conectividad sin necesidad de cables [5].

5. Objetivo general

Desarrollar un sistema SCADA por medio de I.O.T's, Node Red, H.M.I's y My SQL para tener un mejor control de la información del estado y número de ciclos de la máquina así mismo y tiempos de trabajo de los operarios a la hora de preparar cada una de las máquinas de la empresa.

5.1. Objetivos específicos

1. Seleccionar la mejor HMI con mayor costo/beneficio que permita tener una correcta visualización de los estados de cada máquina.
2. Diseñar la interfaz gráfica de la HMI utilizando el DashBoard del Node Red
3. Implementar I.O.T's con ESP32, NodeRed.
4. Obtener la información de los datos en tiempo real utilizando la información obtenida del Node red y enviarla a una base de datos de My SQL

6. Plan de trabajo

Tabla 1. *Plan de trabajo.*

Objetivos específicos	Evaluación de objetivos	Actividades a realizar	F/I	F/F	Estado la actividad	Observaciones	%
Seleccionar la HMI Adecuada	Investigar las empresas distribuidoras de HMI presentes en Colombia	Investigación de precios y proveedores que posee la empresa	18/03/2024	19/04/2024	T	Se decidió utilizar el computador principal y dispositivos móviles que	100 %
	Clasificar las HMI		18/03/2024	22/04/2024	T	hagan la labor de HMI, esto	100 %

Objetivos específicos	Evaluación de objetivos	Actividades a realizar	F/I	F/F	Estado la actividad	Observaciones	%
	investigadas por tamaño, precio y resistencia					con el objetivo de parte de la empresa para reducir costos	
	Seleccionar la HMI disponible con mejor calidad/precio	Mirar la HMI menos costosa que pueda cumplir las funciones que se requieren	18/03/2024	26/04/2024	T		100%
Diseñar la interfaz gráfica de la HMI deseada para permitir una mayor facilidad de poder observar de manera correcta la información	Descargar software de programación para configurar y manejar adecuadamente el HMI	Descargar software de programación para configurar y manejar adecuadamente el HMI	26/02/2024	25/05/2024	T	Ya está instalado y programado el Node-red, se decidió que se usarán los dispositivos móviles y el PC principal de la empresa para observar los estados de las máquinas	100%
	Diseñar una interfaz que cumpla la norma ansi/isa101.01	Diseñar una interfaz que cumpla la norma ansi/isa101.01	26/02/2024	17/03/2024	T	Se creó una interfaz que cumple de manera correcta la Norma ANSI	100%
	Cumplir las especificaciones que me pide el Tutor de la empresa	Cumplir las especificaciones que me pide el Tutor de la empresa	26/02/2024	26/04/2024	P	Se pudo instalar el contador de la plastificadora, así como también saber los estados de todas las 6 troqueladoras, Pero no se pudo instalar la galga extensiométrica	70%

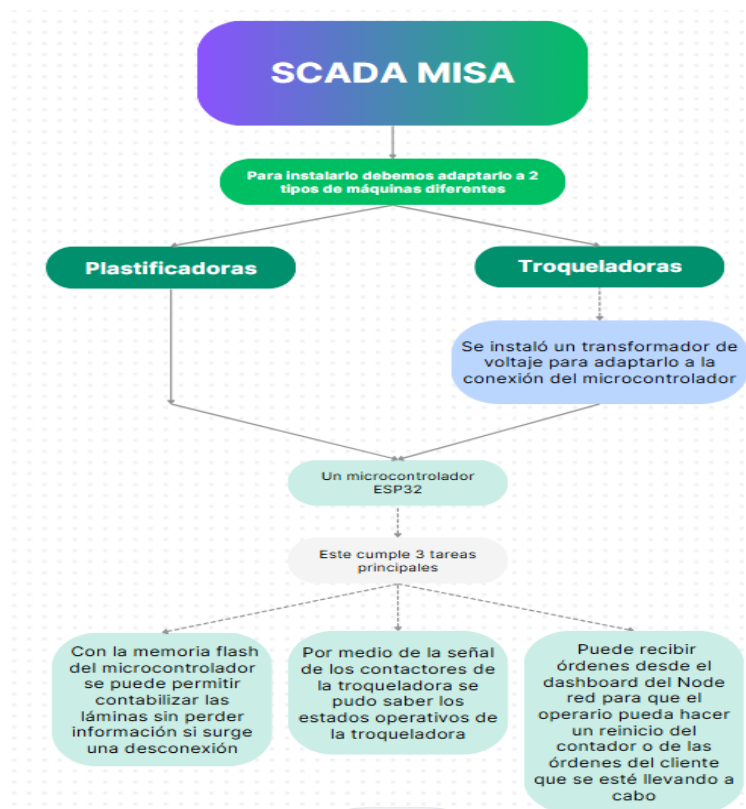
Objetivos específicos	Evaluación de objetivos	Actividades a realizar	F/I	F/F	Estado la actividad	Observaciones	%
Implementar IOT's con ESP32, NodeRed, protocolos de comunicación y los sensores para la obtención de cuantas láminas han pasado por cada proceso	Conectar e instalar el protocolo de comunicación ESP32 y el sensor ultrasonico de la troqueladora	Para esto se tuvo que tomar los voltajes que se obtienen de los contactores de las troqueladoras cuando hacen sus procesos y programar la ESP32 en base a ellos	13/04/2024	24/05/2024	P	Se pudo instalar el protocolo de comunicación ESP32 en todas las plastificadoras y troqueladoras. Pero no se pudo instalar el sensor ultrasonido en la troqueladora ya que no es capaz de detectar y contar adecuadamente las láminas	50%
	Conectar correctamente el protocolo de comunicación ESP32 con los sensores de presencia de la plástificadora	Para ello se utilizaron los pines Vin y el pin 12 como salida de voltaje de 5V que alimenten cada uno a un sensor de presencia	4/03/2024	15/03/2024	T	Ya se encuentran instalados, ahora está en proceso de prueba de conexión para descartar posibles fallas	100%
	Utilizar los programas como el node red para crear CSV y posteriormente subirlos en la nube	Se utilizará los bloques "Write" del node red para crear los CSV y estos se abrirán con excel.	1/03/2024	14/06/2024	T	Ya se pueden crear CSV y se decidió utilizar el computador y los propios dispositivos móviles que hagan la función de HMI	100%
	Conectar sensor de presencia	Se necesita una placa de presión y galga.	15/03/2024	12/04/2024	P	Por temas monetarios y tiempo no se llevó a cabo	0%

Objetivos específicos	Evaluación de objetivos	Actividades a realizar	F/I	F/F	Estado la actividad	Observaciones	%
Conectar la información de la base de datos de la empresa con la información obtenida de los objetivos anteriores	Tomar los datos obtenidos en la nube y mandar esa información para la creación de informes	Se necesita tomar la librería de MySQL para insertar el bloque en el node red	25/04/2024	21/06/2024	T		100%

7. Desarrollo del plan de trabajo

En este plan de trabajo se desea crear un sistema que permita monitorear y controlar la información del estado y número de ciclos de la máquina, así mismos tiempos de trabajo de los operarios a la hora de preparar cada una de las máquinas de la empresa.

Figura 2. Diagrama de secuencia de conexiones físicas y las tareas asignadas al Microcontrolador ESP32.



Sistema de conteo del número de láminas de la Plastificadora:

En la plastificadora se instalaron dos sensores de presencia para detectar el número de láminas plastificadas hasta ahora en el proceso. Esta información se almacena en la memoria Flash del microcontrolador ESP32, de manera que, si hay desconexión con el servidor o desconexión de la energía, no hay pérdida de la información almacenada.

Figura 3. Diagrama del sistema de conteo del número de láminas de la Plastificadora



La plastificadora tiene un camino donde pasan las láminas

Ponemos 2 sensores de presencia en el camino para que detecten cuando pase una lámina

Cuando se detecte una lámina empiece a hacer un conteo y guardado en la memoria Flash

Sistema de lectura del estado de las troqueladoras

En el caso de las troqueladoras se instalaron convertidores de voltaje para conectar al microcontrolador. Se tuvo en cuenta que cada troqueladora tiene un circuito de control diferente por lo cual cada microcontrolador tuvo que adaptarse a cada una de las máquinas.

Para las troqueladoras

Figura 4. Diagrama del sistema de detección de estados y envío de información de las troqueladoras



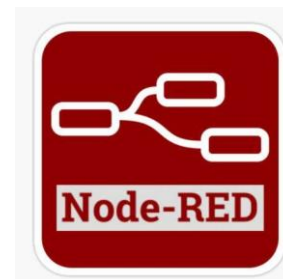
Las troqueladoras funcionan con contactores



Transformamos los voltajes obtenidos de 220v AC a 5v DC



Convertimos los voltajes en información importante en el ESP32



El node red recibe el mensaje de la ESP32, toma la fecha y hora actuales y envía esa información a MySQL



Toda la información observable llega a la pantalla del operario por medio del dashboard del node red.



MySQL recibe la información del Node red y lo guarda en 2 tablas, una para las troqueladoras y otra para la plastificadora.

Sistema de recopilación de la información para subirla al HMI y envío a la base de datos

Para este procedimiento se realizó de dos formas diferentes, una para las troqueladoras y otra para las plastificadoras.

Para la Plastificadora el microcontrolador toma el conteo de las láminas y lo envía al Node-red, después esta toma la fecha y hora y por último se le envía a MySQL en la base de datos, diciendo el número de lámina que se lleva contabilizada y la hora donde se tomó dicha lectura.

Para las troqueladoras la ESP32 envía 4 mensajes según el estado que recibió de la troqueladora que son: “Maquina desconectada”, “Motor apagado”, “Motor encendido” y “Maquina operando”, luego dichos mensajes son enviados al dashboard de Node-red de modo que el operario pueda visualizar el estado actual de las máquinas.

Por último, en el mensaje se agrega el número de la troqueladora que está trabajando, se toma la fecha y hora de la lectura para al final ser enviado a la base de datos del MySQL.

Como ambos procesos suceden y son enviados al instante, toda la información es tomada y enviada a la base de datos en tiempo real. Lo cual permite conocer los tiempos de trabajo de los procesos y hacer un histórico con ellos.

8. Resultados y discusiones

En esta sección se hablará directamente sobre los resultados y discusiones que se tuvo durante el periodo de la práctica empresarial, en este apartado se mostrará que tanto se logró cumplir los objetivos tanto generales como específicos.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Una correcta instalación de la placa ESP32 en todas las troqueladoras de la empresa:

a) Fue posible instalar la ESP32 a cada una de las troqueladoras utilizando transformadores/cargadores 220v AC/110v DC a 5v DC permitiendo que los altos voltajes de estas máquinas no dañaran la placa y permita una correcta toma de estados.

b) Se conectó todas las placas ESP32 a un Switch de seguridad que permitirá reiniciar las placas sin entrar en contacto con los circuitos internos de las troqueladoras.

Una red Wi-fi fija que permita la comunicación de la ESP32 con el servidor local de la empresa:

a) Se utilizó un repetidor de señal que permite que toda la red pueda llegar correctamente a cada una de las placas ESP32 para reducir atrasos en el envío de la información y que esta sea toda recibida en tiempo real.

b) Se pudo obtener y mostrar correctamente la información en el Dashboard del node red y conectar correctamente a la base de datos de MySQL

La creación de una tabla donde la información recibida se guarda y almacena de forma segura en la base de datos del My SQL.

a. En la tabla de la base de datos tiene una restricción de acceso donde se digita el usuario y contraseña, esto con el objetivo de que solo si estas conectado a la red de CARBOLSAS y conoces el usuario y contraseña, se sea capaz de acceder a dicha base de datos. También a esa base de datos se agregó una restricción que no acepte 2 datos iguales para evitar la creación de información basura.

Se pudo instalar correctamente los sensores de presencia para hacer el conteo de las láminas que pasa por la plastificadora.

a) Se instaló 2 sensores de presencia en la plastificadora de la planta el cual cuando ambos detecten la presencia de una lámina, esta aumentará el contador para mantener un conteo de cuantas láminas se hacen al día.

Se pudo realizar un convenio entre la empresa Carbolsas S.A.S y el S.E.N.A recibiendo ayudas en obtención de materiales.

9. Conclusiones

En este apartado se hablará de lo que se puede concluir y que se obtuvo de esta práctica empresarial

1. Fue posible la implementación de un sistema S.C.A.D.A en cada una de las máquinas que se pidió trabajar de la empresa utilizando las herramientas ya mencionadas como el node red y el My SQL.
2. Se pudo obtener la información en tiempo real de los estados, fecha y hora de cada una de las máquinas, permitiendo la facilidad de crear informes y gráficos en el futuro.
3. Se pudo aprender como es el entorno profesional, la forma de trabajo y planificación que se necesita para un proyecto en general, pero en este caso específico en una empresa.
4. Se entendió la importancia de la utilización de las bases de datos en una empresa y lo importante de tener control de la información, así como también la importancia de protocolos de seguridad.

Referencias

- [1]. W. Prada “Entrevista sobre la reseña, visión y misión de la empresa Carbolsas S.A.S”
entrevista realizada por Diego Niño, febrero 24, 2024
- [2] L. Aghenta and M. Iqbal, "Low-Cost Open Source IoT-Based SCADA System Design Using Thinger.IO and ESP32 Thing", *Electronics*, vol. 8, no. 8, pp. 822, 2019.
- [3]. M. Lekić and G. Gardašević, "IoT sensor integration to Node-RED platform", *2018 17th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH)*, pp. 1-5, 2018.
- [4]. V. Pravalika and Ch. Rajendra Prasad, "Internet of Things Based Home Monitoring and Device Control Using Esp32", *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, vol. 8, no. 4, pp. 58-62, 2019.
- [5]. R. K. Kodali and S. Soratkal, "MQTT based home automation system using ESP8266", *2016 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)*, pp. 1-5, 2016.