

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Propuesta de Implementación de un Sistema SCADA en una Máquina
Empaquetadora Mediante el Uso del Software InduSoft en una Empresa
de Alimentos

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo la obtención del Título de:

Magister en Automatización y Control

Presentado por:

Daniel Gálvez

Diego Ricaurte

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios por brindarme Salud y el apoyo de mi familia para seguir adelante en momentos difíciles de mi vida. A mis padres por confiar siempre y apoyarme de forma incondicional, han sido mi principal inspiración para alcanzar este peldaño de mi vida.

Daniel José Gálvez Nan

El presente proyecto lo dedico a Dios por regalarme una bendición más, a mis padres por su empuje motivacional durante este proceso educativo y a mi esposa por su apoyo incondicional que ha sido primordial para alcanzar esta meta.

Diego Mauricio Ricaurte Segovia

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por ser mi fuerza y mi guía en mi camino, cristalizando mis sueños profesionales.

A la Escuela Superior Politécnica del Litoral y Profesores porque saben compartir y facilitar sus conocimientos.

A mis queridos padres por los consejos y apoyo brindados.

A mis amigos y aquellas personas que me brindaron su apoyo de una u otra manera para culminar con éxito esta etapa de mi vida

Daniel José Gálvez Nan

Mi más sincero agradecimiento a los distinguidos Docentes y a la Escuela Superior Politécnica del Litoral por abrirme sus puertas y compartir sus conocimientos con mis compañeros y mi persona, los mismos que serán de gran ayuda en nuestras vidas profesionales.

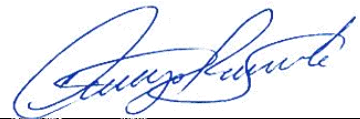
Diego Mauricio Ricaurte Segovia

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Daniel Gálvez y Diego Ricaurte, damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Daniel José Gálvez Nan



Diego Mauricio Ricaurte Segovia

COMITÉ EVALUADOR



firmado electrónicamente por:
**RICHARD MICHAEL
SANCHEZ ROSADO**



firmado electrónicamente por:
**CARLOS ALBERTO
SALAZAR LOPEZ**

.....
Richard Michael Sánchez Rosado

PROFESOR TUTOR

.....
Carlos Alberto Salazar López

PROFESOR EVALUADOR

RESUMEN

Actualmente, en la línea de producción de galletas recubiertas de chocolate de la Fábrica de alimentos el proceso de empaquetado es la etapa con mayor riesgo de generar retrabajo, y esto normalmente se debe a los problemas con la calidad de la envoltura del producto. Esta envoltura se realiza a través de una máquina Cavanna, la cual consta de bandas de transporte de producto y un sistema de sellado y corte del laminado.

Este proceso es supervisado únicamente por el operador y con la ayuda del Técnico verifican que la máquina esté ejecutando su función de forma normal. Así también, revisa que los productos a la salida estén bien sellados y de no ser ese el caso, entonces se detiene el proceso para buscar la causa y darle solución junto con el Técnico de turno.

Es por esto, que la necesidad de tener un sistema SCADA es esencial, poder visualizar y supervisar que los parámetros del equipo se encuentren dentro de sus valores normales de operación y el sistema permita encontrar fácilmente la causa del problema que afecta en la envoltura del producto.

Por estos fuertes motivos se desarrolló la presente propuesta de un sistema SCADA que cumpla con estas características y permita reducir las paradas no planificadas, el sistema SCADA fue diseñado en el Software InduSoft, uno de los más versátiles del mercado. A través de un breve análisis de la máquina y uso de técnicas de investigación se logró determinar las variables principales que se deben supervisar.

El control adecuado de estos parámetros permite el desarrollo eficaz del sistema SCADA, el operador muestra satisfacción por la gran ayuda que esta aplicación le ofrece en sus labores diarias y le permite evitar paros en el equipo, todo esto gracias a la completa información que el SCADA brinda a los usuarios.

Palabras Clave: Sistema SCADA, Empaquetado automático, InduSoft, Supervisión de procesos.

ABSTRACT

Currently, in the food factory's chocolate coated biscuit production line, the packaging process is the stage with the highest risk of generating rework, and this is usually due to problems with the quality of the product's packaging. This wrapping is carried out through a Cavanna machine, which consists of product transport belts and a system for sealing and cutting the laminate films.

This process is supervised only by the operator, also with the help of the Technician they can verify that the machine is performing its function in a normal way, as well as, they check the laminated products at the end of process are well sealed and if this is not the case, then stop the machine to find the cause and solve it with the Technician on duty.

This is why the need to have a SCADA system is essential, to be able to visualize and supervise the parameters of the equipment are within their normal operating values and the system makes it possible to easily find the cause of the problem that affects the packaging of the product.

For these strong reasons, the present proposal for a SCADA system that meets these characteristics and allows reducing unplanned stops was developed. The SCADA system was designed with InduSoft Software, one of the most versatile on the market. Through a brief analysis of the machine and the use of research techniques, it was possible to determine the main variables that should be monitored.

The adequate control of these parameters allows the effective development of the SCADA system, the operator shows satisfaction for the great help this application offers with his daily tasks and allows him to avoid stoppages in the equipment, all this thanks to the complete information the SCADA provides to users.

Keywords: SCADA system, Automatic packaging, InduSoft, Process supervision.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Justificación del problema	¡Error! Marcador no definido.
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
CAPÍTULO 2.....	3
2. Marco REFERENCIAL.....	3
2.1 Marco teórico.....	3
2.1.1 Proceso de empaquetado	3
2.1.2 Estructura de la máquina empaquetadora	3
2.1.3 Automatización Industrial	4
2.1.4 Pirámide de la automatización	5
2.1.5 Sistema SCADA.....	6
2.1.6 Estructura básica de un sistema SCADA.....	7
2.1.7 Partes de un sistema SCADA	8
2.1.7.1 Hardware.....	8
2.1.7.2 Software	9
2.1.8 Componentes de un sistema SCADA	9
2.1.8.1 Configuración	9
2.1.8.2 Interfase gráfica.....	9

2.1.8.3	Tendencias.....	10
2.1.8.4	Alarmas y eventos.....	10
2.1.8.5	Registro y archivado.....	10
2.1.8.6	Generación de informes	10
2.1.8.7	Control de procesos	11
2.1.8.8	Recetas	11
2.1.9	Interfaz Hombre – Máquina	11
2.1.9.1	Estándares para el diseño de HMI	11
2.1.9.2	Objetivo de un adecuado HMI	12
2.2	Marco metodológico	12
2.2.1	Métodos y técnicas	12
2.2.2	Sistemas de control de temperatura	13
2.2.3	Software de diseño SCADA InduSoft.....	14
2.2.4	Arquitectura e interfaz de desarrollo	15
CAPÍTULO 3.....		16
3.	PROPUESTA de IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA SCADA.....	16
3.1	Estado actual del equipo	16
3.1.1	Sistema de arrastre y transportadores.....	16
3.1.2	Sistema de envoltura	16
3.1.3	Sistema de sellado y corte.....	17
3.2	Descripción del funcionamiento de la máquina	18
3.3	Propuesta de diseño de un sistema SCADA para el proceso de empaquetado	19
3.3.1	Diagramas de Proceso	19
3.3.2	Desarrollo de sistema SCADA para máquina empaquetadora	20
3.3.2.1	Pantalla principal	20

3.3.2.2	Pantalla de alarmas.....	24
3.3.2.3	Tendencias.....	25
3.3.2.4	Pantalla Tabla base de datos	25
3.3.2.5	Pantalla reporte	26
CAPITULO 4.....		28
4.	Resultados esperados, conclusiones y recomendaciones.....	28
4.1	Resultados esperados.....	28
4.2	Análisis de datos obtenidos.....	28
4.3	Conclusiones	31
4.4	Recomendaciones.....	31

ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral
SCADA Supervisory Control and Data Acquisition
ASTM American Society for Testing and Materials
NACE National Association of Corrosion Engineer
HWL High Water Level
LWL Low Water Level

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 PROCESO PRODUCTIVO	3
FIGURA 2.2 PIRÁMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN	5
FIGURA 2.3 ARQUITECTURA BÁSICA DE UN SISTEMA SCADA	7
FIGURA 2.4 TOPOLOGÍAS BÁSICAS DE SISTEMA SCADA.....	8
FIGURA 2.5 SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA.....	14
FIGURA 2.6 LOGO INDUSOFT WEB STUDIO	14
FIGURA 2.7 CONECTIVIDAD INDUSOFT WEB STUDIO	15
FIGURA 3.1 SISTEMA DE ARRASTRE Y TRANSPORTADORES	16
FIGURA 3.2 SISTEMA DE SELLADO Y CORTE	17
FIGURA 3.3 DIAGRAMA DEL PROCESO DE EMPAQUETADO PROCESO	20
FIGURA 3.4 PANTALLA PRINCIPAL.....	21
FIGURA 3.5 BARRA DE NAVEGACIÓN.....	21
FIGURA 3.6 BARRA DE NAVEGACIÓN.....	22
FIGURA 3.7 ÁREA DE MONITOREO DE LAS VARIABLES CLAVE	22
FIGURA 3.8 ESQUEMÁTICO DE LA MÁQUINA EMPAQUETADORA.....	23
FIGURA 3.9 CONTADOR DE PRODUCTOS EMPAQUETADOS.....	23
FIGURA 3.10 SWITCH DE ESTADO ON/OFF DE SIMULACIÓN	24
FIGURA 3.11 PANTALLA DE ALARMAS	24
FIGURA 3.12 PANTALLA DE TENDENCIAS.....	25
FIGURA 3.13 PANTALLA TABLA BASE DE DATOS	26
FIGURA 3.14 PANTALLA REPORTES	26
FIGURA 4.1 PORCENTAJE DE AVERÍAS	29
FIGURA 4.2 PORCENTAJE DE HORAS DE PARO.....	29

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3.1 ESTADO ACTUAL DEL EQUIPO.....	18
TABLA 4.1 PARO DE PRODUCCIÓN EN LÍNEA DE RECUBIERTOS AÑO 2021	28
TABLA 4.2 PARO DE PRODUCCIÓN EN ÁREA DE EMPAQUE AÑO 2021.....	28
TABLA 4.3 PARO DE PRODUCCIÓN EN ÁREA DE FABRICACIÓN AÑO 2021	28
TABLA 4.4 DATOS DE PARO NO PLANEADO CAVANNA_3_RECU AÑO 2021.....	30

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En la antigüedad, la necesidad del hombre primitivo por cuidar sus productos que eran considerados como valiosos, lo llevó a buscar maneras de envolverlos y protegerlos. Así, por ejemplo, utilizó pieles de animales y hojas que incluso le facilitaron el transporte de estos.

Con el tiempo y la aparición de la cerámica empezaron a utilizar vasijas y recipientes rígidos. Es entonces cuando el empaque empezó su etapa de evolución, pasando por el grabado de papel para la distinción de productos, diseños en la forma de sus envases, uso del vidrio e incluso el uso de enlatados. En 1912, como un pliego de celofán se dio a conocer el plástico, este revolucionario producto cambió completamente la industria del empaque. Adicional a este descubrimiento, por el mismo año se inventaba la primera máquina empaquetadora que permitía reducir el tiempo de fabricación de los productos.

Posteriormente, a inicios de los años 60 se empezó a moldear y crear todo tipo de envase, recipiente o envoltorio según la necesidad del mercado y las características de los productos. Durante este período de tiempo también, se inventaron las primeras empaquetadoras horizontales Flow pack, la mismas que cumplían con el proceso de formado, llenado y sellado.

En la actualidad, la industria como tal está evolucionando por cuarta ocasión y la automatización y los robots dejaron de ser un lujo y se convirtieron en una necesidad. Mayor productividad, reducción del tiempo de fabricación, aumento de la calidad y disminución de costos de fabricación; son algunas de las ventajas de tener una planta automatizada y son los motivos principales que obligan a las grandes empresas a invertir en sus líneas de producción.

1.1 Descripción del problema

El proceso de empaquetado en la línea de producción actualmente está conformado por tres máquinas que cumplen dicha función. De las cuales, dos fueron adquiridas recientemente por la empresa y sus características tecnológicas permiten un rápido proceso de empaquetado. Sin embargo, no existe un control adecuado de las variables esenciales del proceso como son la temperatura en las mordazas, rodillos y las velocidades a las que éstos giran, motivando la presencia

de paradas no planificadas y el aumento de las actividades de mantenimiento correctivo. Al no poseer una supervisión sobre estos parámetros la única forma de determinar que el equipo está teniendo un problema es cuando el producto sale de la máquina con un sellado de mala calidad, en ese momento se obliga a detener la producción hasta encontrar y resolver el problema. La solución puede demorar unos minutos hasta varias horas y esto se debe a que el Técnico debe buscar e identificar el problema y su causa para finalmente darle una solución continuar con la producción normal.

1.2 Justificación del problema

Poder visualizar las variables principales de operación de la máquina empaquetadora, permite tener un mejor control de esta y sus partes. Además, facilita al diagnóstico de posibles problemas presentes en el activo durante su funcionamiento y con esto reducir al mínimo los paros no planificados. La implementación de un sistema SCADA contribuye a la mejora de los indicadores de confiabilidad y disponibilidad de la empaquetadora, así como también asegurar el correcto funcionamiento de la máquina y la reducción de costos por mantenimiento.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un sistema SCADA para la supervisión de una máquina empaquetadora a fin de tener un mejor control de su funcionamiento.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Analizar cada uno de los componentes de la máquina empaquetadora.
2. Identificar las variables significativas que serán supervisadas para el adecuado funcionamiento de la máquina empaquetadora.
3. Diseñar un SCADA apropiado para la visualización de las variables más importantes durante el proceso de empaquetado.

CAPÍTULO 2

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco teórico

2.1.1 Proceso de empaquetado

Es la etapa final del proceso productivo, el mismo que se compone de las áreas de fabricación y de empaque. Durante el desarrollo del presente proyecto nos enfocaremos en el área de empaque.

Esta etapa empieza a la salida del túnel de enfriamiento con el producto desnudo siendo trasladado por una banda transportadora hacia dos operadores que los alinean en la banda alimentadora de la máquina de empaquetado. Finalmente, estos son envueltos con una lámina y sellados para su posterior encartonado y paletizado.

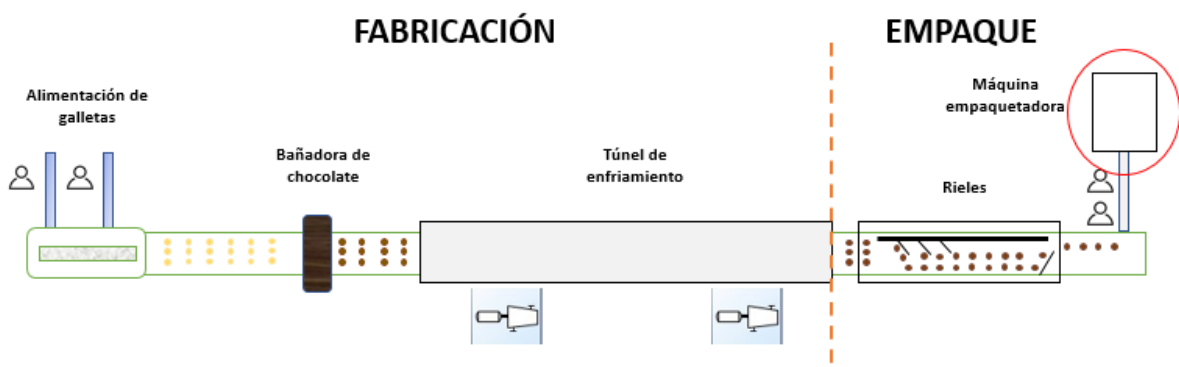


Figura 2.1 Proceso productivo

Fuente: Autores

2.1.2 Estructura de la máquina empaquetadora

La máquina empaquetadora Cavanna se compone de tres sistemas principales que son:

- Sistema eléctrico

Se refiere al conjunto dispositivos, conductores, sensores y actuadores que, conectados lógicamente entre sí permiten el correcto flujo eléctrico hacia un equipo para que éste pueda cumplir su función.

Dentro de este sistema se encuentran: sensores de temperatura, micros switch para seguridad de maquinaria, enconder, sensores inductivos y capacitivos, circuito de mando y potencia, motores eléctricos, motores reductores y resistencias eléctricas.

- Sistema mecánico

Dentro de este grupo están considerados los sistemas de transmisión que se necesitan para poder formar la lámina y generar el correcto empaquetado del producto. Los sistemas de transmisión presentes en la máquina son: transmisión por engranajes, por cadena, biela – manivela y tornillo sin fin.

- Sistema neumático

Varios de los actuadores presentes en la máquina son neumáticos y electroneumáticos, estos son: cilindros, válvulas y pinzas neumáticas.

2.1.3 Automatización Industrial

Puede definirse como, el uso de autómatas programables que tienen la función de ejecutar una operación específica en reemplazo de una persona.

Entre las principales ventajas de la automatización tenemos:

- Aumento de la productividad de una planta
- Mayor flexibilidad al proceso productivo
- Tareas más precisas y de alta calidad
- Reducción de tiempos muertos por ausentismo.

Según Barrientos y Gambao (2014), existen dos tipos de automatización:

- Automatización rígida. - aquella en la que la secuencia de las operaciones depende de la configuración de los equipos utilizados. Es rentable procesos de fabricación de productos en serie.
- Automatización flexible. – también conocida como programable, permite cambiar de producto a través de mínimos cambios en los parámetros de control del sistema, esto genera que las operaciones se adapten rápidamente al producto deseado. Es comúnmente utilizado en producción por lotes.

2.1.4 Pirámide de la automatización

Barrientos y Gambao (2014), comentan que la pirámide de la automatización se encuentra distribuida de la siguiente manera:

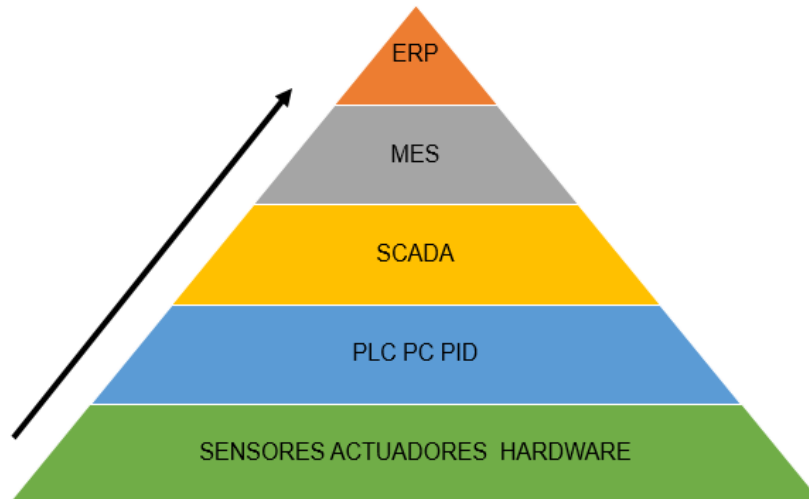


Figura 2.2 Pirámide de la automatización

Recuperado de: <https://realpars.com/automation-pyramid/>

- Nivel 1

Es el nivel más bajo en la jerarquía de la automatización y hace referencia a los dispositivos que adquieren datos del proceso y los que actúan sobre el mismo. Se compone de sensores, actuadores y otros elementos hardware que forman una máquina. Estos dispositivos que interactúan directamente con el proceso productivo suelen ser conocidos también como dispositivos de campo (field devices).

- Nivel 2

A este nivel pertenecen todas las máquinas individuales que intervienen en el proceso productivo. Entre estos tenemos: autómatas programables (PLCs), los sistemas de control numérico de las máquinas, los robots industriales, los computadores industriales, etc. Todos estos dispositivos se conocen de forma genérica como controladores de máquinas.

- Nivel 3

Este nivel contiene a los sistemas de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA), así como las interfaces hombre-máquina (HMI). Los datos de proceso se supervisan a través de interfaces de usuario, y se almacenan en bases de datos. El SCADA se utiliza normalmente para controlar varias máquinas en procesos complejos, incluyendo procesos que involucran múltiples sitios.

- Nivel 4

Conocido también como nivel de operación o de planificación. En este nivel se monitorea todo el proceso de fabricación en una planta o fábrica desde las materias primas hasta el producto acabado. Pueden ajustar los pedidos de materias primas o los planes de envío basándose en datos reales recibidos de los sistemas. Este nivel suele utilizar un sistema de gestión informática conocido como MES (Manufacturing Execution System).

- Nivel 5

La cima de la pirámide es lo que se llama el nivel de gestión. Este nivel utiliza el sistema de gestión integrado de las empresas que se conoce como ERP (Enterprise Resource Planning) o planificación de recursos empresariales. El ERP suele ser un conjunto de aplicaciones informáticas que pueden ver todo lo que sucede dentro de una empresa. Utiliza toda la tecnología de los niveles anteriores más algunos programas más para lograr este nivel de integración. Esto permite a la empresa ser capaz de monitorizar todos los niveles del negocio desde la fabricación, las ventas, las compras, las finanzas y la nómina, entre muchos otros. Mientras que el MES supervisa y controla una sola planta, ERP proporciona supervisión, informes y control para corporaciones enteras.

2.1.5 Sistema SCADA

Traducido al español como Control con Supervisión y Adquisición de Datos. Según Rodríguez (2013), se conoce como sistema SCADA al software que permite el acceso remoto a datos de un proceso, la comunicación y el control de este.

Los sistemas SCADA permiten una fácil comunicación con los dispositivos instalados en campo y su rápido control automático desde un elemento de transmisión gráfica. Así también, se puede visualizar la información generada en el proceso productivo y supervisar los datos en tiempo real. (Pérez, 2015)

2.1.6 Estructura básica de un sistema SCADA

Un sistema SCADA se divide en tres bloques fundamentales:

1. Software de adquisición de datos y control.

Se encarga del almacenamiento de los datos adquiridos del proceso a supervisar.

2. Sistema de adquisición y mando.

Son todos aquellos dispositivos que actúan en el proceso para modificar las desviaciones medidas por los sensores.

3. Sistema de interconexión

Supervisa el comportamiento de las variables de estado y variables de control, muestra históricos de funcionamiento y fallos que el proceso ha experimentado durante un período de tiempo.

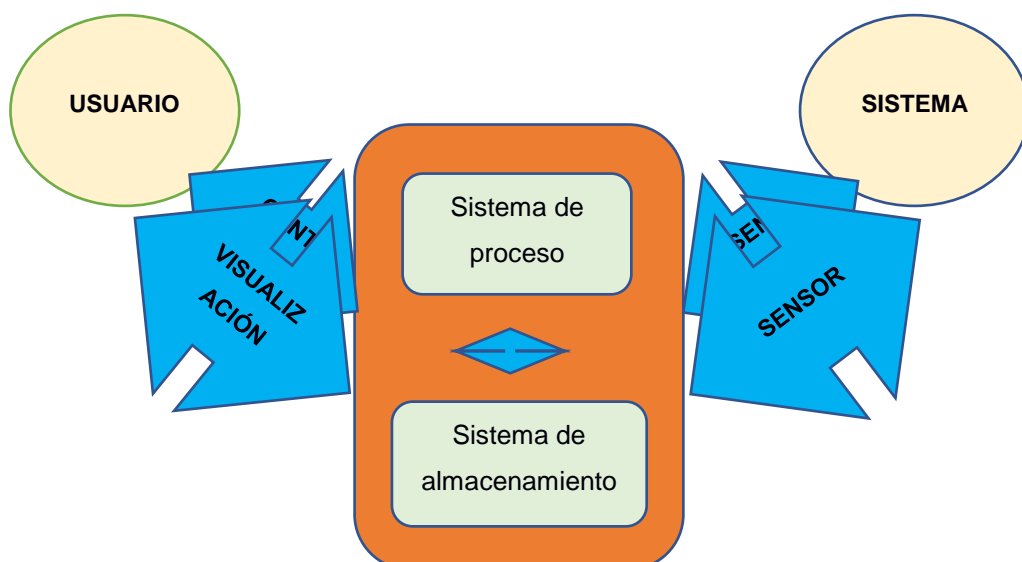


Figura 2.3 Arquitectura básica de un sistema SCADA

Fuente: Sistemas SCADA 3era Edición (Rodríguez, 2013)

2.1.7 Partes de un sistema SCADA

Los sistemas SCADA se clasifican en dos grupos que son:

- Hardware
- Software

2.1.7.1 Hardware

Según Rodríguez (2013), en este grupo se encuentran los servidores del sistema y los clientes. Los primeros se encargan de la captación de datos de los elementos de control para su posterior procesamiento, mientras que los clientes son aquellos que utilizan los datos recibidos y los analizan.

Rodríguez (2013), comenta que las distintas combinaciones de los elementos en comunicación dan lugar a unas topologías determinadas (p.36):

1. Punto a punto: es una relación del tipo Maestro – Esclavo. Un solo elemento RTU (Unidad Remota de Telemetría) conectado a un sistema de control MTU (Unidad terminal Maestra) mediante una sola línea de comunicación.
2. Multipunto dedicado: es una variante del modelo anterior. Un solo MTU conectado a varias estaciones RTU con enlaces permanentes.
3. Multipunto compartido estrella: son de tipo Maestro – Esclavo. Utiliza un puerto de comunicaciones realizando el intercambio de datos por turnos.
4. Multipunto compartido en bus: parecido al anterior, pero con una estructura Maestro – Esclavo, multimaestro o cliente-servidor. Uno o más MTU están conectadas a una o más RTU mediante un medio (BUS).
5. Multipunto compartido en anillo: Es más robusta al tener dos caminos para la información, en caso de fallo de un nodo el tráfico no se interrumpe.



Figura 2.4 Topologías básicas de Sistema SCADA

Fuente: Sistemas SCADA 3era Edición (Rodríguez, 2013)

2.1.7.2 Software

Un programa del tipo HMI es ejecutado en una PC o en un terminal gráfico y a través de otros programas denominados controladores o Driver le permiten comunicarse con los dispositivos de medición y control instalados en campo, a nivel de supervisión, gerencial y de administración.

Una parte del paquete contiene todos los controladores de comunicación entre la aplicación y el exterior ocupándose de gestionar enlaces de comunicación, el tratamiento de la información a transferir y protocolos de comunicación (Profibus, AS-i, CAN, Ethernet).

El controlador realiza la función de traducir el lenguaje de programación del SCADA y autómatas. Una vez que estos datos se hayan procesado se pueden transferir a otras aplicaciones del software como hojas de cálculo o base de datos. (Rodríguez, 2013, p.39)

2.1.8 Componentes de un sistema SCADA

Según Rodríguez (2013), un sistema SCADA como interfase gráfica presenta los siguientes módulos:

2.1.8.1 Configuración

Define el entorno de trabajo según la necesidad de la aplicación.

- La estructura de las pantallas se lo realiza de forma lineal y se organiza de la forma más conveniente.
- Los usuarios son clasificados de acuerdo con su importancia dentro del proceso productivo, limitando su influencia en el sistema según privilegios otorgados.
- Las pantallas de interfase brindan herramientas que permiten una ejecución de las tareas comunes de forma más rápida y sencilla.
- Las pantallas de alarmas se pueden organizar de manera centralizada o distribuida.

2.1.8.2 Interfase gráfica

Permiten la elaboración de pantallas de usuario con múltiples combinaciones de imágenes y/o textos, definiendo así las funciones de control y supervisión.

2.1.8.3 Tendencias

Permiten representar la evolución de las variables del sistema, entre las utilidades más comunes están las siguientes:

- Parámetros de representación ya definidos o pueden modificarse durante la ejecución de la aplicación online.
- Es posibles representar varios valores de forma simultánea en una misma carta.
- Representación en tiempo casi real de variables o recuperación de variables almacenadas.
- Visualización de valores.
- Desplazamiento a lo largo de todo el registro histórico.
- Ampliación y reducción de zonas concretas de una gráfica.

2.1.8.4 Alarmas y eventos

Las alarmas se enfocan en vigilar los valores de las variables del sistema. Estos sucesos son no deseables y su aparición pueden concluir con problemas de funcionamiento. Su solución requiere la atención de un operario previo a que el problema sea crítico y detenga el proceso.

2.1.8.5 Registro y archivado

Son aquellos valores temporales archivados basándose en un patrón cíclico y limitado tamaño. Comúnmente los datos de eventos y alarmas pueden ir acompañados de más identificadores.

2.1.8.6 Generación de informes

Es información capaz de ayudar a la toma de decisiones, muestra tendencias de registros de datos e históricos de alarmas. Estos registros disponen de información como:

- Situación de la planta
- Producción en tiempo real
- Generación y registro de alarmas
- Adquisición de datos por análisis históricos, control de calidad, cálculo de costes.
- Gestión de almacén, producción y almacenamiento.

2.1.8.7 Control de procesos

Los lenguajes de programación de alto nivel como Visual Basic, C, Java incluidos en los paquetes SCADA permiten programar tareas a eventos específicos del sistema como enviar correos, mensajes a un móvil, activarse alarmas específicas o incluso poner en marcha o detener parte de proceso productivo basado en los datos adquiridos.

2.1.8.8 Recetas

Brinda la posibilidad de almacenar y recuperar grupos de datos que permiten la configuración de las diferentes variables del sistema.

El sistema SCADA se encarga de enviar los datos a los correspondientes controladores, quedando el proceso listo para las nuevas condiciones de trabajo.

2.1.9 Interfaz Hombre – Máquina

Según Barrios y Galeano (2014), los interfaces Hombre – Máquina también conocidos como HMI (Human Machine Interface) proporcionan un medio de visualización entre el ser humano y el proceso, máquinas o dispositivos. Los HMI permiten controlar, monitorizar, diagnosticar y gestionar el proceso.

Un HMI consta de dos componentes:

1. Entrada. - Son las indicaciones que da el usuario humano a la máquina para indicar lo que se requiere o lo que se necesita que haga.
2. Salida. - Es la comunicación que le ofrece la máquina al usuario sobre las condiciones actuales del equipo, proceso o máquina para que este último ejecute los comandos necesarios.

2.1.9.1 Estándares para el diseño de HMI

El diseño de los HMI's actualmente se apegan a la norma ISA SP101 (2015), su finalidad es orientar al usuario a diseñar de una manera más sencilla y técnica un interfaz gráfico que permita la visualización del estado de una planta y facilitar la toma de decisiones.

La norma ISA es una asociación profesional sin fines de lucro que se dedica a establecer estándares aplicables a la ingeniería y mediante ello mejorar el desarrollo tecnológico, mejorar la gestión, la seguridad industrial y la seguridad cibernética de los sistemas de automatización y control modernos. (International Society of Automation, 2015)

La norma ISA SP 101 en su comité estableció un estándar, recomendaciones prácticas

y reportes técnicos pertinentes para aplicaciones en el desarrollo de interfaces humano-máquina aplicadas al control y monitoreo de procesos. (ISA101, Human-Machine Interfaces, 2015)

La filosofía del HMI, las plataformas orientadas, diseño del HMI y guía del estilo del HMI son los temas que se encuentran en la norma ISA SP 101.

2.1.9.2 Objetivo de un adecuado HMI

Para Filali (2014), los objetivos principales que debe un HMI son los siguientes:

- Optimizar la efectividad del usuario a través de la reducción del índice de errores.
- Aumentar la productividad del proceso.
- Mejora de la calidad reduciendo los costos operacionales y de mantenimiento.
- Reducir tiempos de aprendizaje en el manejo de software a operadores.

2.2 Marco metodológico

La investigación presentará una orientación cualitativa, esto se debe a que los resultados esperados serán considerados como propuesta para la implementación de un sistema SCADA en las líneas de producción en el proceso de empaquetado.

2.2.1 Métodos y técnicas

Los métodos y técnicas utilizadas en esta investigación son:

- Recolección de datos del proceso. - Utilizado para conocer las variables con sus parámetros a supervisar y controlar.
- Observación. - Esta técnica permite conocer el estado del equipo, el proceso y aportar al desarrollo adecuado del proyecto.
- Método experimental. - Una vez que se tenga la información suficiente sobre el proceso productivo, los parámetros que debe cumplir la máquina empaquetadora para que realice correctamente su función, los componentes y el estado actual del equipo, se desarrollará una propuesta de sistema SCADA que permita llevar un adecuado control y supervisión de las variables más relevantes de la máquina de empaquetado.

El proceso de empaquetado se compone de tres partes fundamentales que son: banda transportadora de alimentación, máquina empaquetadora y banda transportadora de

salida. La primera banda recibe el producto desnudo y alimenta a la máquina empaquetadora, una vez que ingresa el producto es cubierto por una lámina que va tomando su forma por medio de rieles guías y está listo para su sellado. El producto con el laminado atraviesa un canal en el cual se sella de forma longitudinal y después pasa a su sellado transversal y corte de la lámina. El proceso de sellado longitudinal es posible debido a la presión de dos rodillos que se encuentran a una cierta temperatura proporcionada por el par de resistencias que posee cada uno. En el sellado transversal y corte, intervienen dos mordazas (superior e inferior), las mismas que con la ayuda de 4 resistencias (dos en cada mordaza) y una cuchilla permiten el sellado y corte preciso del empaque. Finalmente, el producto ya empaquetado se traslada por la banda transportadora de salida hacia un elevador de cangilones para su proceso de disposición final.

Durante este corto proceso de empaquetado se pudieron observar las variables más importantes para un efectivo sistema SCADA, estos fueron:

- Temperatura en los rodillos y las mordazas,
- Velocidad de las mordazas y
- Velocidad de las bandas.

La coordinación de estas tres variables garantiza un sellado perfecto del producto.

Además, se debe tener en consideración el sistema de seguridad de maquinaria, el cual permite al operador trabajar de forma segura y libre de cualquier peligro al que pueda estar expuesto.

2.2.2 Sistemas de control de temperatura

Es uno de los más utilizados dentro de la automatización industrial. La necesidad de poder manipular la variable física de la temperatura se ha convertido en uno de los objetivos más buscados por la automatización. Las aplicaciones para estos sistemas de control son cada vez más precisos y adaptables a la tecnología actual. Dentro de lagunas limitaciones se pueden encontrar son la velocidad de captación de la medida y respuesta por un actuador, precisión inestable por el entorno, distancia entre el objeto a medir y el sensor, la incompatibilidad de dispositivos o controladores con los sensores, entre otros.

Gutiérrez e Iturralde (2017), comentan que la temperatura es una magnitud escalar relacionada directamente con la energía cinética generada por el movimiento de las partículas de un sistema termodinámico.

Se pueden encontrar en el mercado diferentes dispositivos que miden la temperatura de un objeto y envían este valor medido en forma de señal eléctrica hacia un controlador, finalmente esta señal es tratada y mostrada al operador en unidades de temperatura (Figura 2.5).

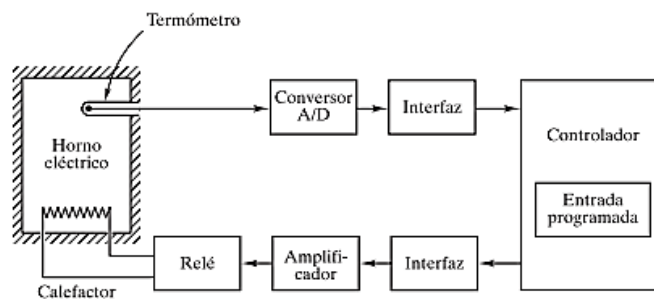


Figura 2.5 Sistema de control de temperatura

Fuente: Ingeniería de control moderna (Ogata, 2010)

2.2.3 Software de diseño SCADA InduSoft



Figura 2.6 Logo InduSoft web studio

Recuperado de: <https://maskinellc.com/indusoftwebstudioprogramming/>

InduSoft Web Studio está considerado como uno de los softwares más utilizados en la automatización en el desarrollo de aplicaciones, estas van desde simples interfaces Hombre-Maquina (HMI) hasta complejos sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA), el mismo que puede ser utilizado bajo cualquier plataforma basada en Windows y así también en la Internet o Intranet. Su amigable entorno de desarrollo

permite representar hasta los comportamientos más complejos de los diferentes procesos industriales utilizando los siguientes protocolos de comunicación:

- ODBC (Open Database Connectivity)
- DDE (Dynamic Data Exchange)
- NetDDE (Network Dynamic Data Exchange)
- OPC (Open Connectivity)
- TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)

Logicbus S.A. De C.V. © 2019. Recuperado de: <https://www.logicbus.com.mx/indusoft.php>

2.2.4 Arquitectura e interfaz de desarrollo

El desarrollo de las diferentes aplicaciones puede ser realizadas a diferentes niveles por la flexibilidad que brinda InduSoft web studio. Así también, puede ser implementado en todos los HMI que soporten Microsoft independiente de la marca.

Además de ser compatible con todos los sistemas operativos actuales de Microsoft, está considerado como el software SCADA más versátil del mercado debido a que cuenta con un paquete de drivers para cientos de modelos de PLC.

Este software nos permite configurar alarmas en tiempo real e histórico, eventos, recetas, tendencias, generar reportes, crear una base de datos e incluso limitar accesos por niveles de seguridad.



Figura 2.7 Conectividad InduSoft web studio

Recuperado de: <http://www.icpdas.com/products/Software/InduSoft/indusoft.htm>

CAPÍTULO 3

3. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA SCADA

3.1 Estado actual del equipo

La máquina empaquetadora CAVANNA instalada en el 2013, culmina el proceso productivo entregando un producto sellado con una lámina protectora.

Para un mejor análisis del estado del equipo se lo dividirá en los siguientes sistemas:

3.1.1 Sistema de arrastre y transportadores

Se componen por las bandas transportadoras, motor - reductor y estructura de soporte.



Figura 3.1 Sistema de arrastre y transportadores

El motor - reductor convierte la energía eléctrica en mecánica generando el giro de los engranajes, los mismos que convierten este movimiento giratorio en lineal y lo transmite hacia la banda transportadora.

3.1.2 Sistema de envoltura

Mediante el uso de rieles plegadores y guías, el laminado toma la forma del producto y lo cubre para su posterior sellado.



Figura. 3.2 Sistema de envoltura

3.1.3 Sistema de sellado y corte

Formado por dos rodillos que giran de 160 a 190 rpm (según el producto) en conjunto con una mordaza cada una, permite el sellado longitudinal y transversal adecuado del laminado mediante resistencias eléctricas que alcanzan los 140 °C.



Figura 3.2 Sistema de sellado y corte

Las mordazas además de sellar el laminado, a través de una cuchilla permite realizar el corte de este.

El estado actual de la máquina una vez realizado la revisión y análisis de su funcionamiento, es el siguiente:

Tabla 3.1 Estado actual del equipo

Descripción	Bueno	Regular	Malo
Sistema de arrastre y transportadores	X		
Sistema de envoltura	X		
Sistema de sellado y corte	X		

3.2 Descripción del funcionamiento de la máquina

Esta máquina empaquetadora se encuentra constituida de varias secciones implementadas y sincronizadas de tal manera que permiten realizar una función específica.

Como parte motriz tiene un motor que transmite la potencia hacia una caja de engranajes que sincroniza todos los mecanismos que conforman la máquina, estos son los siguientes:

- Mecanismo de sellado transversal
- Mecanismo de sellado y arrastre longitudinal
- Mecanismo de alimentación del laminado
- Mecanismo de transporte de producto

Estos cuatro mecanismos trabajan en forma sincronizada para lograr un solo objetivo que es realizar la envoltura y sellado perfecto del producto.

La caja de engranajes permite el desplazamiento continuo del producto desnudo sobre la banda transportadora que los lleva hasta unos rieles que los encarrilan y a su vez forman al laminado que lo va cubriendo completamente hasta colocarlos entre unos dedos de arrastre que son movidos por medio de una cadena. Estos se encuentran dispuestos y calibrados de forma que, al girar las mordazas calentadas por resistencias, producen el sellado longitudinal, transversal y corte del laminado obteniendo así un producto perfectamente empaquetado.

Durante todo este proceso, el operador es el encargado de monitorear el equipo y verificar que los productos a la salida cumplan con las condiciones de sellado ideales. Es común que después de un mantenimiento o calibración de los equipos previo al arranque del proceso, aparezcan ciertas desviaciones que el operador no puede identificar fácilmente y peor aún si no tiene experiencia trabajando con esta máquina. La falta de supervisión de los parámetros clave de la empaquetadora, provocan paros imprevistos, pérdida de producción y retrabajo.

3.3 Propuesta de diseño de un sistema SCADA para el proceso de empaquetado

La máquina empaquetadora para poder realizar la envoltura y sellado adecuado del producto, además de ser calibrada y sincronizada, debe tener una supervisión y un fácil control de sus principales parámetros de funcionamiento que son:

- Temperatura en los rodillos y las mordazas-. Encargadas del sellado longitudinal y transversal, son responsables de garantizar la inocuidad del producto y la buena conservación de este.
- Velocidad de las mordazas y cuchilla-. Estos deben girar a una rapidez adecuada para que el corte sea preciso y el empaque esté correctamente alineado.
- Velocidad de las bandas-. Permiten un transporte idóneo del producto evitando acumulaciones o retrasos en la línea productiva.

3.3.1 Diagramas de Proceso

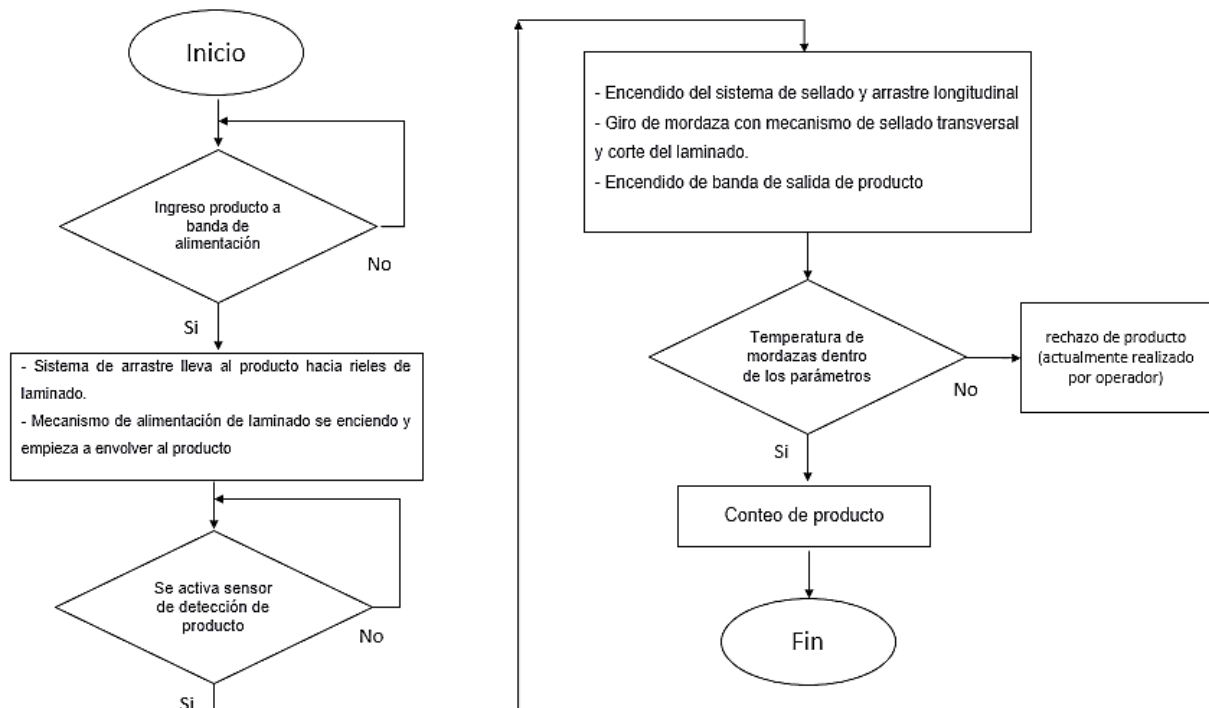


Figura 3.3 Diagrama del proceso de empaquetado proceso

El producto desnudo al salir del túnel de enfriamiento ingresa a la banda de alimentación de la máquina empaquetadora y son transportados mediante el sistema de arrastre hacia los rieles del laminado, este último envuelve al producto y es sellado longitudinalmente. Finalmente, las mordazas producen el sellado transversal y corte del laminado; a la salida de la máquina empaquetadora se encuentra un operador que verifica el sellado del producto y la calidad del empaquetado.

3.3.2 Desarrollo de sistema SCADA para máquina empaquetadora

Una vez conocido el diagrama de proceso del empaquetado y las variables clave a ser supervisadas y controladas, se puede dar inicio al desarrollo del sistema SCADA en el software InduSoft.

3.3.2.1 Pantalla principal

Es la pantalla inicial del sistema SCADA, en esta se muestra una imagen referencial de la máquina empaquetadora con los datos de las variables clave que permiten tener una supervisión y control adecuada por parte del operador.

También cuenta con una barra de navegación que es constante en cada pantalla, esto facilita al operador el ingreso hacia otras pantallas del SCADA, estos de detallarán más adelante.

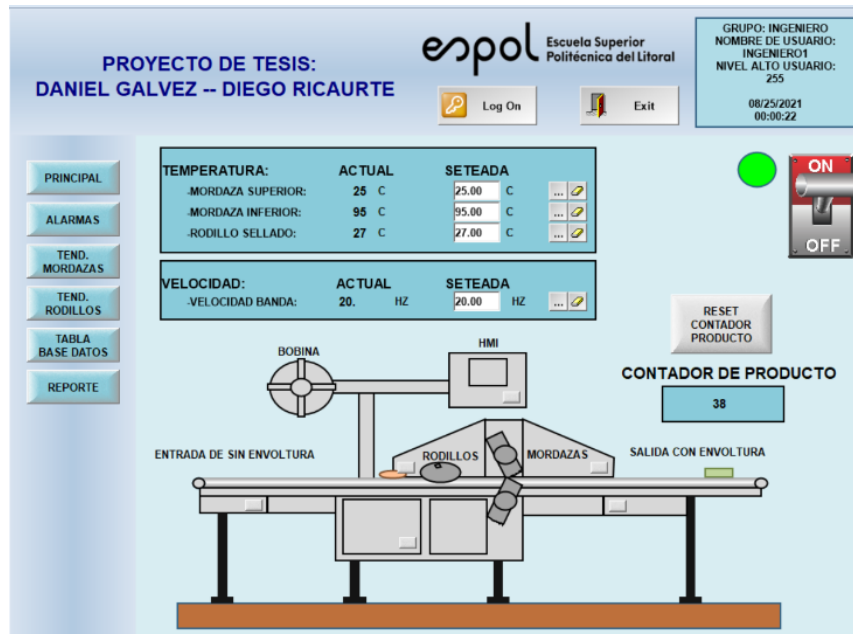


Figura 3.4 Pantalla principal

Dentro de la pantalla principal se encuentran los siguientes elementos:

- a) Barra de navegación

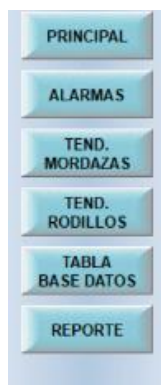


Figura 3.5 Barra de navegación

Se compone de varios botones que nos permiten trasladarnos entre las diferentes pantallas del sistema SCADA. El ingreso a estas ventanas dependerá del usuario, existe la necesidad de restringir ciertas pantallas para evitar el uso inadecuado de la información o así también la manipulación de parámetros que afecten a la producción.

b) Barra de usuario e información



Figura 3.6 Barra de navegación

Muestra la información formal del SCADA como son: nombres de autores, logo de la empresa, botón de ingreso de usuario, botón de salida de simulación y cuadro informativo que contiene la fecha y hora actual, nivel de acceso según el nombre del usuario y el grupo al que pertenece.

En lo que se refiere a nivel de acceso (Log On), se tiene configurado tres figuras de operarios que son:

- Invitado. - Es para aquellos usuarios que están en entrenamiento y no tienen aún las competencias necesarias para manipular o extraer información del equipo.
- Operador. - Se refiere a la persona que normalmente se encuentra a cargo del funcionamiento normal de la máquina, la experiencia le permite conocer y determinar parámetros adecuados, posibles problemas que presente el equipo y brindar soluciones rápidas.
- Ingeniero. - Es la persona con acceso a todas las pantallas del sistemas SCADA, está altamente capacitado en su operación, configuración y resolución de problemas complejos.

c) Área de monitoreo de valores de las variables clave

TEMPERATURA:	ACTUAL	SETEADA	
-MORDAZA SUPERIOR:	25 C	25.00 C	... [icon]
-MORDAZA INFERIOR:	95 C	95.00 C	... [icon]
-RODILLO SELLADO:	27 C	27.00 C	... [icon]

VELOCIDAD:	ACTUAL	SETEADA	
-VELOCIDAD BANDA:	20. HZ	20.00 HZ	... [icon]

Figura 3.7 Área de monitoreo de las variables clave

Nos permite visualizar el estado de la máquina mediante el seguimiento en tiempo real de los parámetros de funcionamiento establecidos por el operador según el producto a empaquetar. En los cuadros de texto del área “SETEADA” se introduce el valor del parámetro deseado según el tipo del laminado.

Cualquier dato que esté fuera de lo seteado se puede identificar de forma rápida, darle una solución oportuna y evitar paradas extendidas e incluso fuertes averías en el equipo.

d) Esquemático de máquina empaquetadora

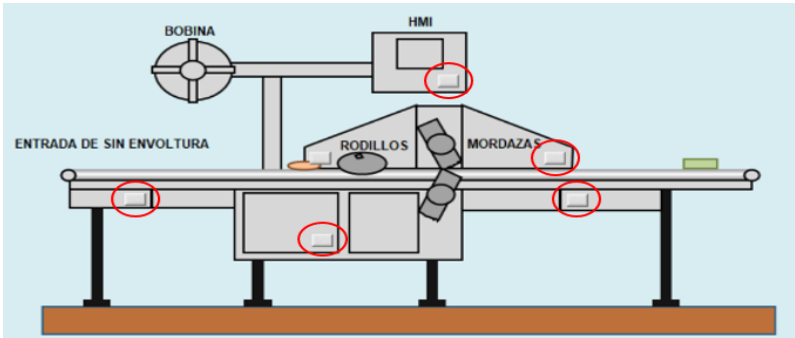


Figura 3.8 Esquemático de la máquina empaquetadora

Muestra el funcionamiento básico del equipo y nos permite visualizar el estado de los diferentes mecanismos que actúan en el mismo. Así también, brinda la facilidad de detectar si un algún micro switch de seguridad de maquinaria se encuentra activado y no permite el encendido de la máquina. Estos dispositivos se encuentran identificados en la Figura 3.9 dentro de un círculo rojo, cada uno cumple la función de cuidar al operador de sufrir un accidente por riesgo mecánico y/o eléctrico, este es un requerimiento por políticas internas de la empresa.

e) Contador de productos empaquetados



Figura 3.9 Contador de productos empaquetados

Una vez que el equipo entra en funcionamiento y alcanza los valores establecidos de temperatura y velocidad, el SCADA nos muestra la cantidad de productos fueron empaquetados. Al finalizar el turno este valor es importante para el área de producción, el mismo les permite tener un registro más preciso de la productividad y confiabilidad del equipo.

f) Switch y luz indicadora de estado ON/OFF sistema SCADA



Figura 3.10 Switch de estado On/Off de simulación

Esta función permite iniciar con la simulación del sistema SCADA, la luz indicadora puede ser de color rojo o verde y su significado es un estado de OFF y ON respectivamente. Es utilizado únicamente para comprobar el funcionamiento correcto de cada función en el sistema SCADA propuesto, una vez que este diseño sea instalado en el proceso de empaquetado, esta característica será eliminada debido que la simulación iniciará inmediatamente al encender la máquina empaquetadora.

3.3.2.2 Pantalla de alarmas



Figura 3.11 Pantalla de alarmas

Si durante la operación de la máquina, se presenta alguna desviación de sus variables clave de en esta pantalla se podrá tener una visual de qué, cuándo y dónde se produjo el problema. El operador con esta información puede determinar rápidamente el problema y comunicarse con el Técnico de ser necesario. Además, en esta pantalla podemos revisar el historial de alarmas que ha tenido el equipo y poder determinar posibles modos de fallo.

3.3.2.3 Tendencias

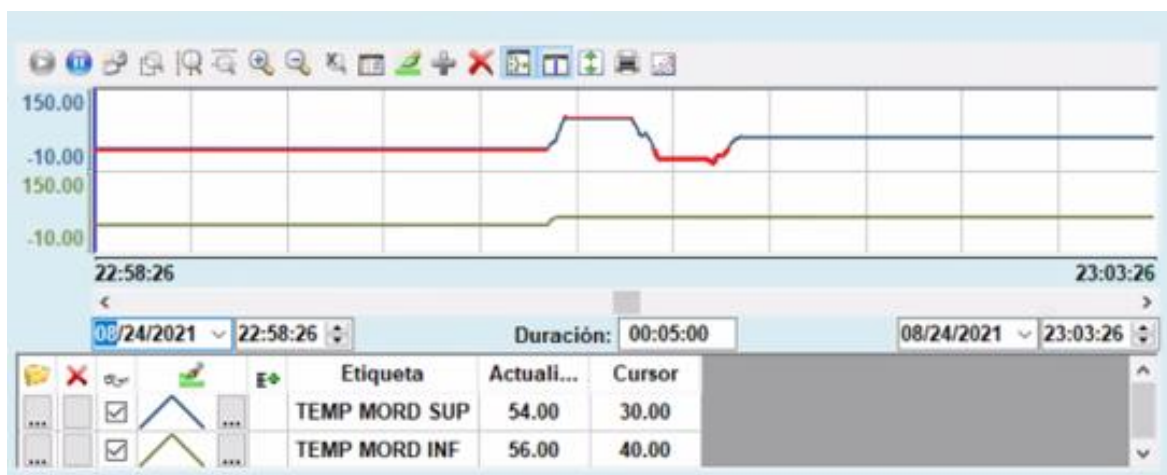


Figura 3.12 Pantalla de tendencias

Esta ventana nos brinda una información más clara de las variaciones que han sufrido las variables clave de la máquina. Muestra el comportamiento actual e histórico de los parámetros medidos, esto permite identificar problemas en el equipo, señales de los sensores e incluso modos erróneos de operación. Se ha creado dos pantallas relacionadas a tendencias, estas son: Tendencias en Mordazas y Tendencias en rodillo. El gráfico muestra los picos de temperatura en estos elementos y así asegurar el adecuado sellado del producto.

3.3.2.4 Pantalla Tabla base de datos

TABLA TEMPERATURA RODILLO			TABLA TEMPERATURA MORDAZAS			
ID	TIEMPO	TEMPERATU...	ID	TIEMPO	TEMP_SUP	TEMP_INF
4424	08/25/2021 03:47:18.100	0	1480	08/21/2021 07:44:48.053	30	0
4425	08/25/2021 03:47:19.101	5	1481	08/21/2021 07:44:49.049	30	0
4426	08/25/2021 03:47:20.097	17	1482	08/21/2021 07:44:50.049	30	0
4427	08/25/2021 03:47:21.100	31	1483	08/21/2021 07:44:51.051	30	0
4428	08/25/2021 03:47:22.098	45	1484	08/21/2021 07:44:52.050	30	13
4429	08/25/2021 03:47:23.099	50	1485	08/21/2021 07:44:53.050	30	29
4430	08/25/2021 03:47:24.098	50	1486	08/21/2021 07:44:54.050	30	40
4431	08/25/2021 03:47:25.097	50	1487	08/21/2021 07:44:55.052	30	40

TABLA ALARMAS				
ID	TIEMPO	TAG	MENSAJE	VALOR
1	08/19/2021 17:16:44.919	TEMP_MORD_SUP	TEMPERATU...	26
2	08/19/2021 17:12:59.577	TEMP_MORD_INF	TEMPERATU...	0
3	08/19/2021 17:12:59.578	TEMP_ROD	TEMPERATU...	0
4	08/19/2021 17:20:14.729	TEMP_MORD_SUP	TEMPERATU...	90
5	08/19/2021 17:20:17.526	TEMP_MORD_INF	TEMPERATU...	98

Figura 3.13 Pantalla Tabla base de datos

En esta ventana se registra todos los estados de las variables medidas durante la operación de la máquina. Estos valores se guardan automáticamente cada segundo y son enviados hacia una base de datos en Microsoft Access, este último contendrá los históricos de funcionamiento del equipo que podrán ser de mucha utilidad para los departamentos de Producción y Mantenimiento.

3.3.2.5 Pantalla reporte

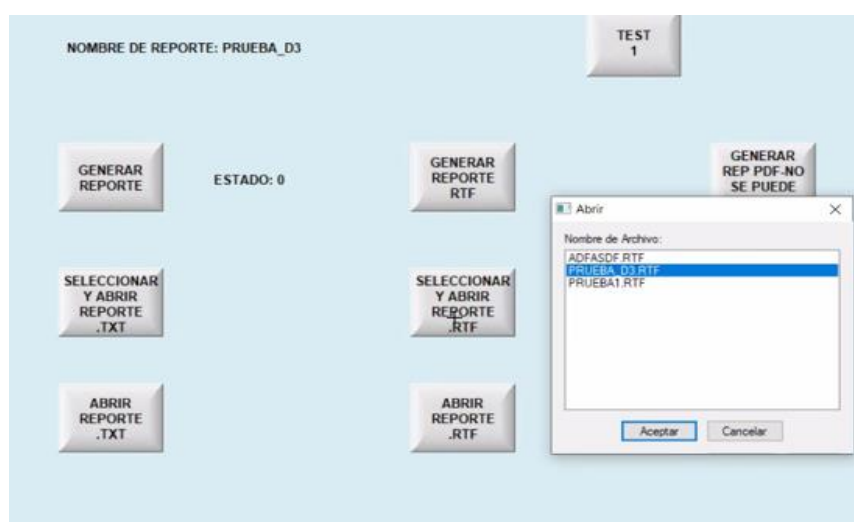


Figura 3.14 Pantalla reportes

Al finalizar cada turno se debe entregar un reporte de producción de la línea, esta pantalla permite generar automáticamente este documento de manera rápida y sin obviar ningún dato. Los reportes pueden ser generados en formatos .TXT o .DOC, este último ofrece la opción también de generarlo en PDF de ser necesario.

Este documento es un registro de la producción de la línea durante el turno, se muestra a detalle la cantidad de productos empaquetados, temperaturas de rodillos, mordazas y las velocidades de las bandas con la descripción del horario para poder calcular tiempos de paro y definir indicadores de mantenimiento.

CAPITULO 4

4. RESULTADOS ESPERADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Resultados esperados

Después de ver la simulación del sistema SCADA para el proceso de empaquetado, haber verificado el funcionamiento y familiarizado la idea con los operadores y Técnicos del área, todos concuerdan que los resultados de esta implementación serán positivos para el proceso. Entre las ventajas más representativas se encuentran: disminución de tiempos por paradas imprevistas, aumento de la confiabilidad del equipo, fácil detección de anomalías y modos de defecto en la máquina, reducción de mantenimientos correctivos y mayor efectividad en los mantenimientos preventivos.

4.2 Análisis de datos obtenidos

Durante el año 2021, la línea de Recubiertos presentó 113 averías en total, de las cuales el 16,81% corresponden a la parte de empaque. La máquina Cavanna aportó con el 52,63% de estas últimas.

Tabla 4.1 Paro de producción en Línea de Recubiertos año 2021

Descripción	Averías	% Averías	Paro (horas)	%Horas
FABRICACIÓN	94	83,2%	48,18	78,4%
EMPAQUE	19	16,8%	13,31	21,6%
Total	113	100%	61,49	100%

Tabla 4.2 Paro de producción en área de empaque año 2021

Descripción	Averías	% Averías	Paro (horas)	%Horas
RICCIARELLI_RECU	5	26,32%	3,13	24%
CAVANNA_3_RECU	10	52,63%	5	38%
TECKNOPACK_RECUBIERTOS	4	21,05%	5,18	39%
Total	19	100%	13,31	100%

Tabla 4.3 Paro de producción en área de fabricación año 2021

Descripción	Averías	% Averías	Paro (horas)	%Horas
BAÑADORA_RECUBIERTOS	92	97,9%	44,01	91,3%
CORTADORA_RECUBIERTO	2	2,1%	4,17	8,7%
Total	94	100%	48,18	100%

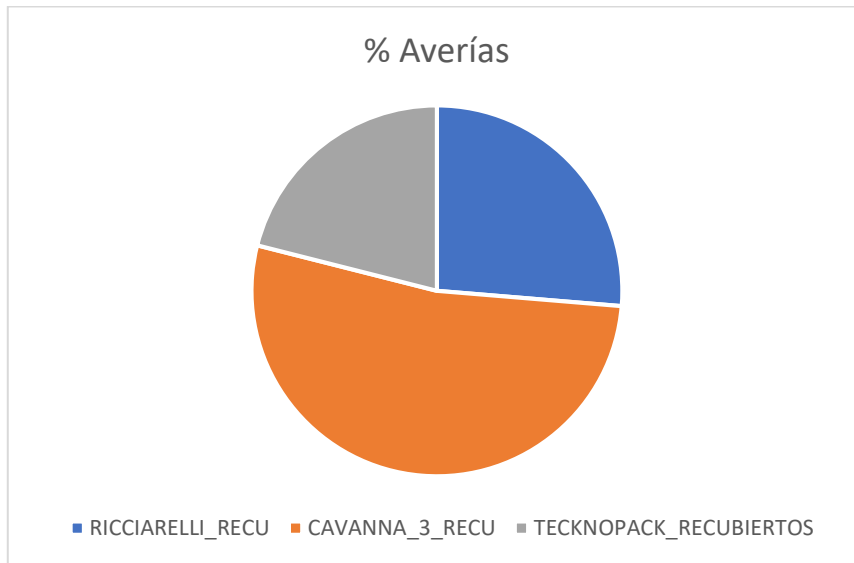


Figura 4.1 Porcentaje de averías

Las averías en la máquina Cavanna representaron más del 50% del total de averías presentadas en el área de empaque de la línea de recubiertos.

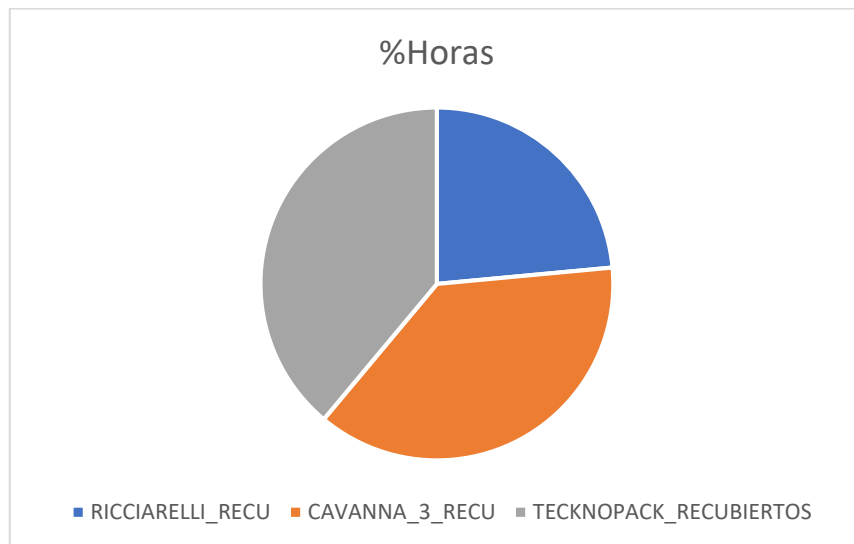


Figura 4.2 Porcentaje de horas de paro

La duración de los paros en la máquina Cavanna fueron considerables para el área de empaque.

Tabla 4.4 Datos de paro no planeado cavanna_3_RECU año 2021

Original Line	Original Equipment	Categoría original	Descripción del material	Fecha final	ID de turno	Duración (min)	Duración (horas)	Velocidad nominal	Comentario
EMP RECU1	CAVANNA_3_RECU	Paros no Planeados	NESTLE PRODUCTO1 Packing Primary 9g	2021-01-25	Turno 1	201,00	3,35	308	Demora arranque por falla en micro de seguridad
EMP RECU1	CAVANNA_3_RECU	Paros no Planeados	NESTLE PRODUCTO1 Packing Primary 9g	2021-08-30	Turno 3	88,00	1,47	308	paro de línea por falta de producto problemas con cobertura contiene trazas de maní
EMP RECU1	CAVANNA_3_RECU	Paros no Planeados	PRODUCTO2 Black Packing Primary 25g	2021-04-16	Turno 1	50,00	0,83	600	paro por banda deshilachada y descascarada, presencia de cuerpos extraños se realiza la tarjeta azul y se cauteriza las lonas de semi elaborados y bandas de alimentación tecno 1 y 2
EMP RECU1	CAVANNA_3_RECU	Paros no Planeados	PRODUCTO3 Packing Primary 15g	2021-08-10	Turno 2	39,00	0,65	430	paro por problema con temperatura en rodillos, no alcanza la temperatura de estándar y genera retrabajo
EMP RECU1	CAVANNA_3_RECU	Paros no Planeados	PRODUCTO2 Mini Black Packing Primary	2021-03-19	Turno 2	30,00	0,50	445	paro por problemas con la cuchilla, está quemando el laminado
EMP RECU1	CAVANNA_3_RECU	Paros no Planeados	PRODUCTO2 Black Packing Primary 25g	2021-12-03	Turno 1	20,00	0,33	600	paro por acumulación de producto en la richarrelly

EMP REC U1	CAVAN NA_3_R ECU	Paros no Planead os	PRODUCTO2 Black Packing Primary 25g	2021 -06- 23	Turn o 1	20,00	0,33	600	PARO DE LINEA POR DAÑO DE SENSOR
EMP REC U1	CAVAN NA_3_R ECU	Paros no Planead os	PRODUCTO2 Black Packing Primary 25g	2021 -02- 26	Turn o 1	15,00	0,25	600	problemas con rodillos de sellado longitudinal se recalienta cuando está parada la maquina
EMP REC U1	CAVAN NA_3_R ECU	Paros no Planead os	PRODUCTO2 Black Packing Primary 25g	2021 -07- 08	Turn o 1	35,00	0,58	600	Demora en el arranque por micro desconectad o
EMP REC U1	CAVAN NA_3_R ECU	Paros no Planead os	PRODUCTO2 White Packing Primary 25g	2021 -07- 12	Turn o 2	3,00	0,05	600	falta de bobina

De los datos obtenidos por producción presentados en la tabla 4.4, se determinó que el 60% de los problemas ocurridos durante el año 2021 pudieron ser evitados con el sistema SCADA propuesto en este trabajo de titulación.

4.3 Conclusiones

- El sistema SCADA ha sido desarrollado a partir de la información obtenida de la máquina y el proceso de empaquetado. Con estos datos la propuesta de implementación fue cada vez más sólida.
- Conocer el funcionamiento de la máquina y el proceso de empaquetado, así como también los mecanismos del equipo y sus sistemas mecánicos y electromecánicos nos permitieron desarrollar de mejor manera el sistema y cumplir con las necesidades del operador.
- El sistema SCADA propuesto fue revisado, simulado y aprobado por el personal a cargo del área.

4.4 Recomendaciones

- Para la implementación del sistema SCADA se debería considerar aumentar el alcance del proyecto para que se pueda llevar un monitoreo y supervisión de toda la línea de producción.

- Implementar paralelamente a este proyecto, el envío de los resultados obtenidos a la nube con la finalidad de encaminar el proceso de empaquetado hacia una actual industria 4.0.

Bibliografía

- Castells, M. & Subirats, M. (2007). Mujeres y hombres, ¿un amor imposible? Alianza.
- Barrientos, A. & Gambao, E. (2014). Sistemas de Producción Automatizados. Dextra.
- Rodríguez, A. (2013). Sistemas SCADA 3era Edición. ALFAOMEGA.
- Pérez-López, E. (2015). Los sistemas SCADA en la automatización industrial. Revista Tecnología En Marcha.
- Filali, D. (2014). Evaluación de estándares HMI/SCADA y aplicación de la guía GEDIS a los Sistemas SCADA del NAP (Network Access Point) de Canarias.
- Mandado Pérez, E., Marcos Acevedo, J., Fernández Silva, C., Quiroga, I., Rivas, J. y Núñez, J. (2018). Sistemas de automatización y autómatas programables. España
- Calvache B. y Edison A., Diseño y simulación del sistema de control para la operación de tres plantas de generación: hidroeléctrica, eólica y fotovoltaica. (2019). Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20246>,
- Calderón E. y Christian D., Automatización de la operación de la compuerta plana del desarenador de la represa de la Central Hidroeléctrica Agoyán. (2020). Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/22388>
- Altamirano C. y Edwin I., Diseño e implementación de un prototipo automatizado para el llenado y tapado de botellas de gel antibacterial Bio-Comfy. (2020). Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/22386>
- Ogata, K. (2010). Ingeniería de control moderna. Pearson
- Gutiérrez e Iturralde (2017), Manual de Instrumentación. UPSE

Linkografía

- Cope, K. (2018). WHAT IS THE AUTOMATION PYRAMID?. Realpars.com.
Recuperado de: <https://realpars.com/automation-pyramid/>
- Maskine provides industrial automation and PLC Programming services for a wide range of platforms including Beckhoff TwinCAT, Allen-Bradley and Siemens (2022). InduSoft Web Studio. maskinellc.com
Recuperado de: maskinellc.com/indusoftwebstudioprogramming/
- Logicbus S.A. De C.V. © 2019. Software para programar las HMIs de Fatek.
<https://www.logicbus.com.mx/>.
Recuperado de: <https://www.logicbus.com.mx/indusoft.php>.
- Industrial Automation Technology Innovator and Enhancer.2020. InduSoft.FAQ.
[icpdas.com.tw/](http://www.icpdas.com.tw/)
Recuperado de: <http://www.icpdas.com/products/Software/InduSoft/indusoft.htm>
- norma ISA SP101 (2015)