

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL MONITOREO, INFORMACIÓN DE FALLAS Y CONTROL DE UNA MÁQUINA ELABORADORA DE TABACOS CONTROLADA POR DOS PLCS, A TRAVÉS DE UN PANEL TÁCTIL

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y CONTROL

DANIEL ALEJANDRO CEVALLOS ZAMBONINO

daniel_cevallos@hotmail.es

DIRECTOR: Ing. YADIRA LUCÍA BRAVO NARVÁEZ, MSc.

yadira.bravo@epn.edu.ec

Quito, Agosto 2018

AVAL

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Daniel Alejandro Cevallos Zambonino, bajo mi supervisión.

YADIRA LUCÍA BRAVO NARVÁEZ
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Daniel Alejandro Cevallos Zambonino, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

DANIEL ALEJANDRO CEVALLOS
ZAMBONINO

DEDICATORIA

A mis padres, quienes han sido mi guía para este logro.

Daniel.

AGRADECIMIENTO

A mis padres Carlos y María Augusta, por ser el pilar fundamental de todos mis logros y por brindarme su apoyo y confianza incondicional.

A mi hermano Carlos, por ser siempre un apoyo.

A mi directora de tesis, MSc. Yadira Bravo, por compartir su conocimiento e ideas para realizar este proyecto.

Daniel

ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos	1
1.2 Alcance	1
1.3 Marco Teórico	3
Industria Tabacalera.....	3
El Tabaco.....	4
Máquina Elaboradora de Cigarrillos MARK9	5
Interfaz Hombre Máquina HMI	7
Características Básicas de los HMI's	8
Indicación del estado de un Proceso	8
Tratamiento e Indicación de Alarmas.....	8
Ejecución de Acciones de Mando	9
Clasificación de los HMI's	9
Clasificación de HMI's según la forma en que interactúan con el Usuario	9
Interfaces Alfanuméricas.....	10
Interfaces Gráficas de Usuario	10
Interfaces Táctiles	11
Clasificación de HMI's según su construcción	11
Interfaces de Hardware	11
Interfaces de Software	12
Evolución de los HMI's	12
Diferencias entre un sistema SCADA y HMI.....	15
Herramientas de Visualización y Supervisión	16
Paneles de Membrana.....	16
Paneles Táctiles	17

Paneles SCADA	17
Comunicación usada en HMI's	18
Servidor OPC	18
Conectividad de HMI's con Bases de Datos	20
Uso de Scripts en HMI's	20
Registro de Alarmas y Eventos en HMI's	21
Seguridad en HMI's	22
Sistema de Seguridad Propia	22
Sistema de Seguridad Informático donde se implantó el HMI	22
Criterios para la Selección del Sistema HMI	23
Controlador Lógico Programable	23
Campos de Aplicación de los PLC's	24
Ventajas y Desventajas del uso de PLC's	24
Clasificación de un PLC	25
Protocolos de Comunicación Industriales	27
Protocolo Profibus	28
Protocolo MPI	29
Protocolo Ethernet / IP	30
2. METODOLOGÍA	32
2.1. Descripción del Sistema Actual	33
Conexionado actual en los Dispositivos	34
2.3 Solución al Problema de Comunicación	36
Características del Panel Táctil KTP400 Comfort	37
2.4 Instalación Física del Panel Táctil KTP400 Comfort	38
2.5 Configuración de la Comunicación entre el Panel Táctil y los PLC's	39
2.6 Diseño de las Pantallas del Panel Táctil	41
Pantalla Principal del Proyecto (Pantalla N. 1)	44
Pantalla de Operación Normal (Pantalla N. 2)	44
Pantalla de Ajustes de la Máquina (Pantalla N.3)	46
Pantalla de Ajustes Secundarios (Pantalla N.4)	46
Pantallas de Históricos de Falla 1 y 2 (Pantallas N. 5 y N. 6)	47
Pantalla de Contadores (Pantalla N. 7)	48
Pantalla de Alarmas (Pantalla N. 8)	50
Pantalla de Ubicación de Fallas Principales (Pantalla N. 9)	50
Pantallas de Ubicación de Fallas Frontales (Pantallas N. 10 y N. 11)	51
Pantalla de Ubicación de Fallas Posteriores (Pantalla N. 12)	52

Pantallas de Ubicación de Fallas en MAXS (Pantallas N. 13 y N. 14).....	53
Pantalla de Estadística (Pantalla N. 15).....	54
Pantalla de Información del Proyecto (Pantalla N. 16)	54
Diseño de las Plantillas usadas en el HMI	55
Variables Usadas en el HMI.....	56
Diseño del Script del HMI	57
Administración de Usuarios del HMI	57
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
3.1. Instalación física del Equipo	58
3.2 Pruebas de Funcionamiento	59
Pruebas de control ON/OFF	59
Pruebas de Contadores	60
Pruebas en Cambio de Seteos	61
Históricos de Cada Falla.....	62
Pruebas de la Plantilla de Información de Fallas.....	63
Pruebas en la Ubicación de Fallas.....	64
Pruebas de la Pantalla de Alarmas.....	65
Pruebas de la Pantalla de Estadística.....	66
3.3 Programación de los PLC's del sistema.....	66
Programación del PLC L35E.....	68
Programación del PLC S7-300	69
3.4 Planos Eléctricos de la máquina	70
4. CONCLUSIONES	72
4.1 Conclusiones.....	72
4.2 Recomendaciones.....	73
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
6. ANEXOS.....	79
ANEXO I.....	80
ANEXO II.....	84
ANEXO III.....	86
ANEXO VI	91
Editar el programa del HMI	91
Manipulación del panel táctil.....	94
ORDEN DE EMPASTADO	100

RESUMEN

En la Tabacalera Andina TANASA S.A., en la máquina elaboradora de tabacos identificada como "M5", se detectó un problema al tener un panel táctil para el monitoreo del sistema que no disponía de una conexión eficaz hacia los dos PLC's que controlan la máquina. Al tratarse de equipos de distintas marcas que manejan protocolos de comunicación diferentes, el HMI solamente podía comunicarse solo con uno de ellos, mientras que el otro no tenía una conexión directa al HMI. Además, no se disponía del programa editable del HMI, por lo que, resultaba imposible agregar nuevos mensajes de información en la pantalla o modificar los existentes.

Considerando que la máquina puede producir alrededor de 5.500 tabacos por minuto, es sumamente importante que cualquier falla sea identificada inmediatamente en el HMI.

Para solucionar el problema de comunicación en la máquina, se instaló un nuevo panel táctil que implementa el protocolo de comunicación Ethernet/IP, por lo que se añade una nueva red al sistema haciendo que ambos PLC's estén directamente conectados al panel táctil, el uno mediante MPI y el otro mediante Ethernet/IP. De esta forma, se pudo diseñar el HMI con todas las variables de falla que producen un paro lógico de la máquina. Además, se hizo una depuración de los nombres de los sensores para que coincidan tanto en los planos eléctricos de la máquina como en los programas de los PLC's y en el HMI.

PALABRAS CLAVE: protocolo, monitoreo, PLC, HMI.

ABSTRACT

In the “Tabacalera Andina TANASA S.A.” company., in the tobacco maker machine identified as "M5", a problem was detected by having a touch panel for monitoring the system that did not have an efficient connection to the two PLC's that control the machine. As these are different brands of equipment that handle different communication protocols, the HMI could only communicate with one of them, while the other did not have a direct connection to the HMI. In addition, the editable HMI program was not available, so it was impossible to add new information messages on the screen or modify the existing ones.

Considering that the machine can produce around 5,500 cigarettes per minute, it is extremely important that any failure be identified immediately in the HMI.

To solve the problem of communication in the machine, a new touch panel that implements the Ethernet / IP communication protocol was installed, so a new network is added to the system making both PLC's directly connected to the touch panel, one by MPI and the other by Ethernet / IP. Then, the HMI could be designed with all the fault variables that stop the machine. In addition, the names of the sensors were modified to match in the electrical planes of the machine, PLC programs and the HMI.

KEYWORDS: protocol, monitoring, PLC, HMI.

1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describirá el objetivo general y los objetivos específicos del proyecto; además, se detalla el alcance del estudio técnico.

Se presentan los conceptos básicos que son necesarios para comprender el sistema implementado en la máquina elaboradora de tabacos, así como una pequeña introducción a la industria tabacalera, la máquina MARK9 y toda la teoría acerca de las interfaces hombre máquina (HMI), incluyendo su clasificación, características básicas, conectividad, etc.

Se describe las características básicas de los protocolos de comunicación necesarios para la ejecución de este proyecto y la teoría correspondiente a los controladores lógicos programables (PLC).

1.1 Objetivos

El objetivo general de este trabajo es:

Diseñar e implementar un sistema para el monitoreo, información de fallas y control de una máquina elaboradora de tabacos controlada por dos PLC's, a través de un panel táctil.

Los objetivos específicos son:

- Estudiar el sistema actual de la máquina elaboradora de tabacos para decidir posteriores acciones.
- Identificar cada una de las variables de control, falla y monitoreo de la máquina que deben ser usadas en el diseño del panel.
- Diseñar el HMI teniendo en cuenta los requerimientos de los operarios y personal eléctrico responsable de la máquina.
- Implementar la comunicación del panel táctil con los dos PLC's que controlan la máquina.
- Realizar pruebas para evaluar el funcionamiento del sistema implementado.

1.2 Alcance

- Se revisará y analizará el sistema de la Máquina Tabacalera, panel táctil presente y PLC's, para conocer el proceso y poder realizar un adecuado diseño e implementación del nuevo sistema.

- Se reemplazará el panel táctil actual por uno nuevo marca Siemens, que será instalado físicamente con las correspondientes conexiones a los dos PLC's que controlan el funcionamiento de la máquina elaboradora de tabaco "M5".
- Se realizará la configuración y programación necesaria en ambos PLC's (Allen Bradley y Siemens) para comunicarlos con el panel táctil mediante el protocolo Ethernet/IP con el fin de presentar la información correspondiente en la pantalla del panel.
- Se realizará una comprobación y corrección de ser necesario, de los nombres y descripciones de cada sensor involucrado en el sistema, tanto en los PLC's, panel táctil y planos eléctricos de la máquina.
- Se desarrollará por lo menos 15 pantallas para el panel donde intervendrán:
 - Variables de control, que permitirán modificar los seteos de parámetros de funcionamiento de la máquina, como: tiempo de activación y ciclo de la cuchilla de corte de tabacos, temperatura de los calefactores. Además, se realizará el control ON/OFF de funciones de la máquina como: conectar o desconectar el embrague de la tolva, encender el posicionamiento automático de las cuchillas de corte de tabaco, activar el nivel de tinta automático aplicado en la impresión de los tabacos.
 - Variables de Falla: alrededor de 60 variables que generan un paro de la máquina, por ejemplo: sensores de seguridad de las puertas frontales y posteriores de la máquina, nivel bajo de la tinta de la impresora, nivel insuficiente de material (hebra de tabaco) en la tolva, atasco en la banda transportadora, baja temperatura en el calefactor, bajo nivel de goma en el contenedor, paros de emergencia, paros programados.
 - Variables para mantenimiento: permiten pruebas de funcionamiento en vacío, sin materia prima en la máquina, por ejemplo, prender motores o válvulas para comprobar su funcionamiento, accionar manualmente actuadores.
 - Variables de monitoreo: permiten observar parámetros de funcionamiento de la máquina, como: cantidad de cigarrillos producidos, horas de trabajo de la máquina, temperatura actual de los calefactores, ciclos del cartucho de impresión, número de rodos producidos, número de filtros usados, bobinas de papel usadas.
- Cada alarma que genere una falla o un paro lógico de la máquina en cualquiera de los dos PLC's será debidamente identificada y mostrada en el panel táctil, además

de precisar su ubicación física para ayudar al operario a solucionar el problema oportunamente (en la máquina elaboradora de tabaco “M5” se manejan alrededor de 60 variables que generan un paro del sistema).

- Se realizarán las pruebas de funcionamiento necesarias del sistema integrado, teniendo en cuenta recomendaciones y requerimientos solicitados por los operarios y personal eléctrico responsable de la máquina.

1.3 Marco Teórico

En esta sección, se describirán los conceptos básicos referentes a la industria tabacalera y la máquina elaboradora de tabacos en la que se implementará el proyecto; además, se detallarán las características de los sistemas de interface hombre máquina (HMI), de los controladores lógicos programables (PLC) y de los protocolos de comunicación que serán usados para la ejecución del proyecto.

Industria Tabacalera

En el mundo, la Industria Tabacalera ha generado controversia a lo largo de los años de su existencia, se estima que este tipo de industria está valuada en alrededor de \$378 mil millones de dólares [1].

Sin embargo, a pesar de su gran éxito económico, estudios afirman que en 2008 alrededor de 5.8 millones de personas murieron a causa del humo de tabaco. Es por ello que hoy en día, Philip Morris International “PMI”, una de las industrias tabacalera líderes en el mundo está haciendo un cambio revolucionario a su matriz productiva, ofreciendo diversos productos libres de humo, ellos estiman que alrededor de 3.7 millones de personas han cambiado los cigarrillos por productos alternativos que no generan humo de tabaco [1].

En Figura 1.1 se muestra la facturación anual que proviene de la fabricación de productos relacionados al tabaco en la Unión Europea, en el periodo de 2011 a 2013, los datos mostrados se presentan en millones de euros. Se puede observar que en 2012 se consigue una facturación de 44.762,1 millones de euros [2].

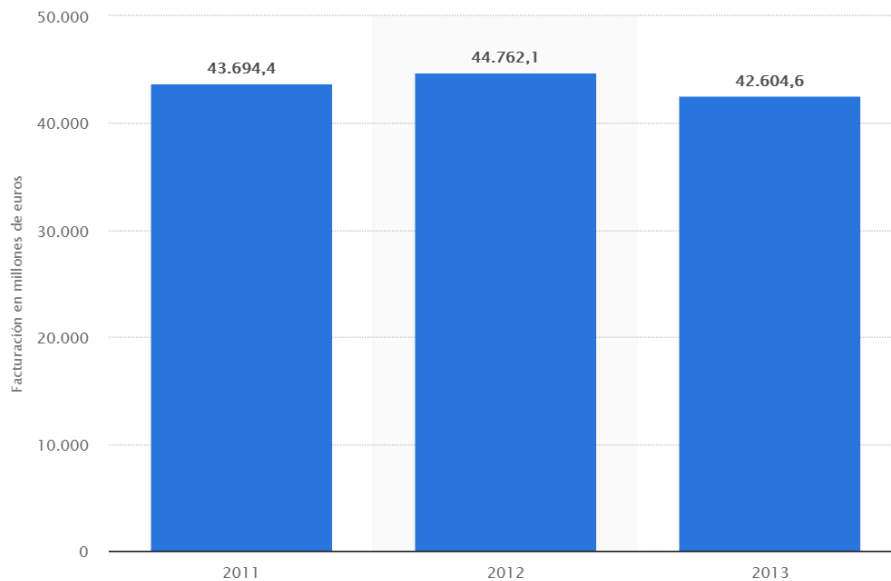


Figura 1.1 Facturación Anual en millones de euros de Productos Tabaqueros en la Unión Europea de 2011 a 2013 [2].

A pesar de toda la controversia generada por la Industria Tabacalera y el potencial daño causado a sus consumidores, es indudable que este tipo de industria contribuye económicamente y sustenta el desarrollo de miles de hogares a lo largo de muchos países del mundo.

Por ejemplo, PMI, opera en 180 países, teniendo 48 fábricas dedicadas a la producción de cigarrillos y 3 fábricas enfocadas en la investigación para el desarrollo de nuevos productos y técnicas; además, dispone de 80.000 empleados en total, de los cuales el 32.8% son mujeres, ubicadas en puestos de administración [3].

El Tabaco

El tabaco es la materia prima que se usa en la elaboración de cigarrillos, es una planta de origen americano, con un olor característico muy fuerte, tiene muchas ramas y es de tallo bastante grueso. Viene de la familia Solanáceas (Solanaceae) y del género Nicotina (Nicotiana); el nombre científico usado para la planta de tabaco es la Nicotina Tabacum [4].

En la Figura 1.2 se muestra una plantación de tabaco donde se puede apreciar el tamaño relativo de la planta comparada con un ser humano.

Durante siglos el tabaco fue usado como medicina, alucinógeno y como ofrenda en rituales de espiritismo; luego, su consumo no solo se vio limitado a América, sino que se expandió

a Europa, China y Japón. Actualmente, el uso del tabaco en diversas presentaciones es practicado en todos los países a nivel mundial [4].



Figura 1.2 Plantación de Tabaco [5].

El tabaco tiene diversas formas de ser consumido, la más practicada es fumarlo; sin embargo, también se puede masticar o aspirar. En un principio, el tabaco mayoritariamente era tratado como polvo y era aspirado por las personas.

La manera más común en la que se fuma el tabaco es a partir de cigarrillos, que son productos tubulares rellenos de tabaco picado y cubiertos por papel, la mayoría de sus presentaciones incluyen filtros, aunque también, se fabrican cigarrillos sin filtro, en la Figura 1.3 se muestran cigarrillos comerciales con filtro [4].



Figura 1.3 Cigarrillos con Filtro [6].

Máquina Elaboradora de Cigarrillos MARK9

Existen diversas formas de elaborar cigarrillos, la más común es el uso de maquinaria específicamente diseñada para dicho fin, una de las máquinas comercializadas para la fabricación de cigarrillos es la denominada MARK9 o MK9.

La máquina MARK9 es ampliamente conocida por ser un referente de calidad a nivel de fabricación de cigarrillos, puede producir alrededor de 5.500 cigarrillos por minuto,

convirtiéndola en una solución muy efectiva para la industria tabacalera, al tener una buena relación costo-efectividad [7].

La máquina dispone de varias opciones para fabricar distintos tipos de cigarrillos como: Slim, Super Slim, Oval o Kretek. MARK9 se conecta directamente con una máquina ensambladora que se encarga de colocar los filtros en el cigarrillo, la cual es denominada como MAXS; cada una de las máquinas es controlada por un PLC, teniendo como resultado un sistema que incluye dos PLC's en total, generalmente se usa PLC's de la misma marca, pero puede ser modificada por el usuario.

Todo el conjunto dispone de un sistema de monitoreo donde se presenta la información relacionada a la máquina, así como posibles fallas de la misma [7].

Dispone de decenas de sensores que permiten su funcionamiento y la detección pronta de fallas o deficiencias de seguridad para el operador; además, tiene la versatilidad para que la fábrica añada los sensores o actuadores que crea necesarios para acoplar la máquina en su sistema de producción.

Al tratarse de una máquina de alta velocidad de funcionamiento, la seguridad es uno de los puntos más preocupantes, por lo que, el fabricante añade microswitchs de seguridad en la mayoría de compartimentos, impidiendo el funcionamiento de la máquina cuando no esté completamente cerrada alguna puerta o guarda de seguridad.

En la Figura 1.4 se puede apreciar el sistema que incluye la máquina elaboradora de tabacos MK9 a la derecha, y la máquina encargada de ensamblar los filtros con el cigarrillo "MAXS", a la izquierda.

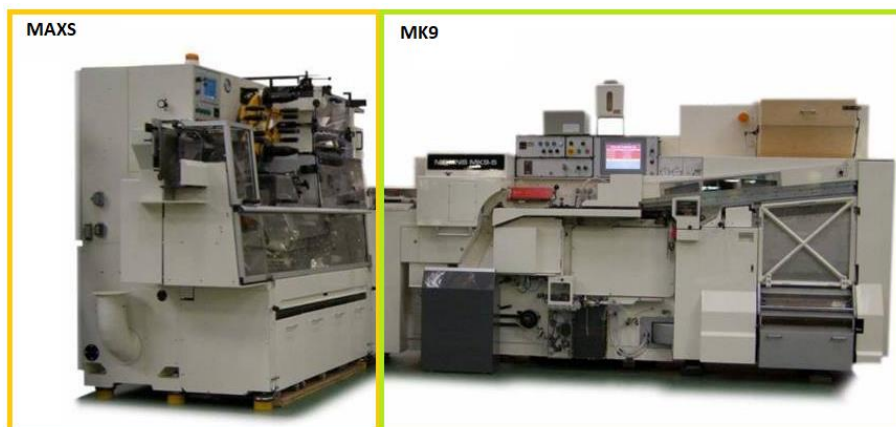


Figura 1.4 Máquina Elaboradora de Tabacos MK9 en conjunto con la Ensambladora de Filtros MAXS [7].

Interfaz Hombre Máquina HMI

Un HMI, o Human Machine Interface, por sus siglas en inglés, es definida como un entorno o sistema por el cual se puede presentar datos e información a un operador acerca de un sistema, además de controlar partes del proceso [8].

Al tener un sistema o proceso industrial, se ve la necesidad de monitorearlo y controlarlo; existen diversos tipos de datos que se pueden visualizar en un HMI, por ejemplo, en la industria, frecuentemente se necesita sensor valores de temperatura, flujo, nivel, distancia, posición, tiempo, etc.

Para realizar la toma de los valores se usan sensores, los cuales a su vez tienen una conexión directa con un PLC (Programmable Logic Controller) o en español, Controlador Lógico Programable, el cual es encargado del procesamiento de todos los datos adquiridos por los sensores para posteriormente enviarlos al HMI con el fin de presentarlos de forma ordenada y adecuada y ser una ayuda al operador para mejorar los procesos industriales [8] [9].

A los HMI's también se las ha definido como "Ventanas de Proceso" las cuales generalmente se presentan en una computadora o dispositivos especialmente diseñados como pantallas para presentar información a un operador, referente a un proceso específico [8].

El uso de los HMI's nació básicamente de la necesidad de estandarizar la forma en que se monitoriza y controla múltiples sistemas remotos, tales como PLC's y sistemas industriales en los que es necesario tener una visión precisa de las variables de proceso, además de tener un control preciso y disponer de toda la información relevante de manera oportuna y eficaz.

Uno de los principales retos de los HMI's es tratar de mantener la simplicidad en su diseño, a pesar de que los sistemas industriales cada vez son más complejos, ya que se necesita que un HMI sea fácil de usar y modificar, generando un error mínimo en la lectura de los datos presentados y dando satisfacción al usuario u operador [8] [10].

En la actualidad, casi todos los procesos industriales cuentan con un algún sistema HMI para la recolección y visualización de datos, utilizando diagramas, imágenes, tablas de datos y animaciones en diferentes pantallas del HMI. En la Figura 1.5 se puede observar un ejemplo de un HMI en el que se presentan datos referentes a un sistema de preparación

de una mezcla, en el que se puede ver información referente a la temperatura, presión, porcentaje completado de la reacción, etc.

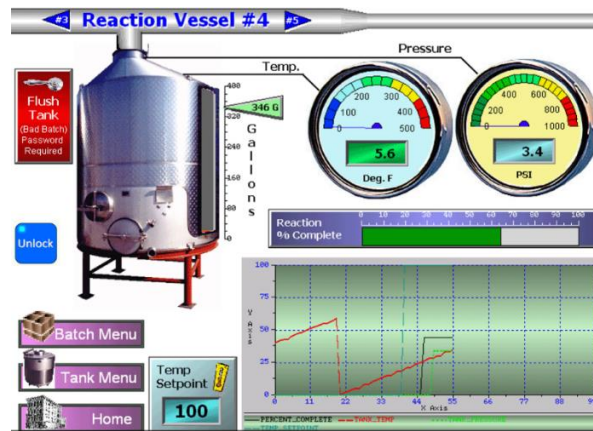


Figura 1.5 Ejemplo de un HMI [11].

Características Básicas de los HMI's

Para que un HMI presente la información de un proceso de manera eficaz, dispone de ciertas características básicas que son tomadas en cuenta al momento de su diseño, entre ellas, se pueden señalar: la indicación del estado de un proceso, la información de situaciones anormales y la ejecución de acciones de mando [12].

Indicación del estado de un Proceso

Una de las características más importantes de un HMI es mostrar el estado actual de un proceso, esto incluye el monitoreo en tiempo real de variables que son críticas para el sistema.

Para la visualización del estado del proceso se usan generalmente gráficos o tablas estadísticas que presenten la información de forma sencilla y entendible al operador para que éste pueda tomar decisiones [12].

Es imprescindible que la información presentada sea de manera oportuna y de ser posible en tiempo real, para que en caso de ser necesarias correcciones en el proceso, se realicen de manera oportuna.

Tratamiento e Indicación de Alarmas

En un proceso industrial, cuando se genera una alarma o una situación anormal en el sistema, es necesario informar al operador de manera oportuna y eficaz, ya que si el

proceso es detenido a causa de una falla, se generan pérdidas en el volumen de producción y consecuentemente, pérdidas económicas.

Generalmente, los sistemas HMI tienen secciones dedicadas al informe de alarmas y fallos en el sistema. Para informar estas situaciones se usan símbolos que pueden aparecer intermitentemente, o el cambio de color en objetos o variables de la pantalla del HMI; además, es posible usar alarmas sonoras, si el HMI dispone de dicha característica [12].

Ejecución de Acciones de Mando

Algunas HMI's incluyen la opción de ejecutar acciones de mando, pueden ser pulsadores, interruptores o potenciómetros, incluidos directamente en las pantallas del HMI para realizar el control de algunas variables en el proceso. Es necesario incluir únicamente las acciones de mando necesarias en el HMI para que el operador no cometa errores en la ejecución del proceso productivo.

Las pantallas de mando siempre deben presentarse de manera simple y totalmente entendible, de ser necesario, con la descripción de la acción que será ejecutada al modificar cada mando [12].

En ocasiones, es necesario colocar mandos un poco más avanzados, por ejemplo, activación de actuadores o motores para probar su funcionamiento, o el cambio de seteos en variables propias del sistema.

Estas opciones son necesarias para el personal encargado del mantenimiento del sistema, sin embargo, no son requeridas por los operadores de la máquina o sistema, por lo que, se puede optar por bloquear con una contraseña dichas secciones de mando para evitar que sean accionadas por error [12].

Clasificación de los HMI's

Los HMI's se pueden clasificar básicamente en dos tipos: según la forma de su construcción y según la forma en que interactúan con el usuario [13].

Clasificación de HMI's según la forma en que interactúan con el Usuario

Los HMI's se pueden clasificar según la forma en que interactúan con el usuario en: interfaces alfanuméricas, interfaces gráficas de usuario e interfaces táctiles.

Interfaces Alfanuméricas

Es un tipo de intérprete entre un usuario y la máquina que solamente tiene instrucciones en formato de texto o códigos, actualmente son poco usadas ya que tienen una alta complejidad para comprender los datos mostrados en la pantalla.

En la Figura 1.6 se presenta un ejemplo de una interfaz alfanumérica [13].

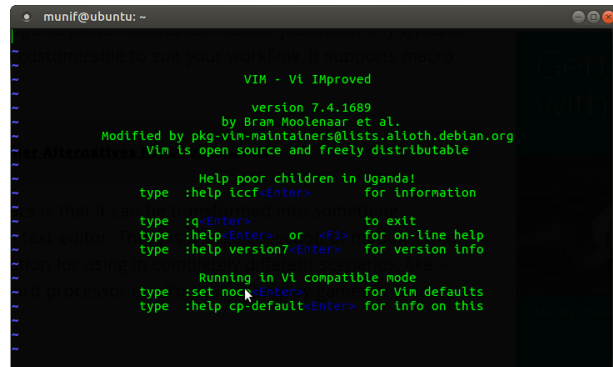


Figura 1.6 Ejemplo de una Interfaz de Usuario Alfanumérica [14].

Interfaces Gráficas de Usuario

Son interfaces que ayudan a comunicarse con el controlador de manera bastante intuitiva, ya que utilizan gráficos y tablas para mostrar los datos del proceso. Para su manipulación se pueden usar dispositivos de entrada, como teclados o mouse.

En la Figura 1.7 se aprecia un ejemplo de una interfaz gráfica de usuario de un proceso de llenado de tanques [13].

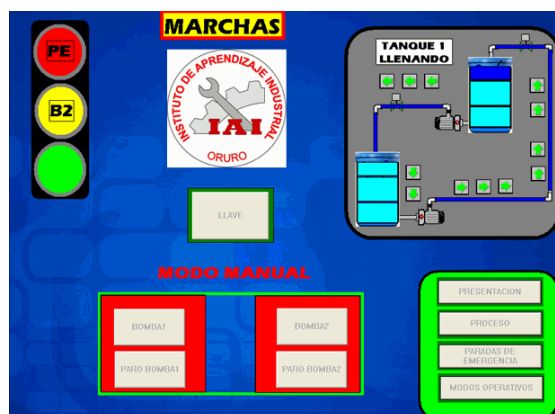


Figura 1.7 Ejemplo de una Interfaz Gráfica de Usuario [15].

Interfaces Táctiles

A diferencia de las Interfaces gráficas de usuario, las interfaces táctiles disponen de una pantalla con entrada touch que permiten una navegación más sencilla a través de la interfaz; generalmente, son usadas en procesos industriales en los que debido a la maquinaria presente es necesario simplificar el uso de dispositivos de entrada como teclados o mouse [13].

Las interfaces táctiles, suelen tener una estructura reforzada para soportar el trato agresivo que se les pueda dar en un ambiente industrial, incluyendo protecciones contra polvo, salpicaduras o choques eléctricos [13].

La Figura 1.8 muestra un panel táctil utilizado industrialmente para el monitoreo de fallas en un proceso.



Figura 1.8 Ejemplo de una Interfaz Táctil [16].

Clasificación de HMI's según su construcción

Según su construcción, los HMI's tienen dos clasificaciones: interfaces de software e interfaces de hardware, cada una de ellas presentan ventajas y desventajas que serán descritas en las siguientes secciones.

Interfaces de Hardware

En la Tabla 1.1 se muestran las ventajas y desventajas del una interfaz de hardware [17].

Tabla 1.1 Ventajas y Desventajas de una Interfaz de Hardware

Interfaz de Hardware	
Ventajas	Desventajas
El tablero de control se puede ubicar en la parte más conveniente para el proceso.	Cada elemento necesita una programación independiente para que realice la función que se desea en el sistema.
Todos los elementos que intervienen en el tablero de control tales como: botones, pulsadores, interruptores, potenciómetros, etc. son de fácil acceso y reemplazo.	Cuando algún elemento del panel de control falle, la función que desempeña quedará inhabilitada, comprometiendo el funcionamiento del sistema total.
Al reemplazar partes del tablero de control, el costo invertido es bajo, en comparación con un HMI por Software.	Se debe tener cables por cada elemento del panel de control, por lo que se necesita bastante espacio para cableados.

Interfaces de Software

En la Tabla 1.2 se pueden apreciar las ventajas y desventajas del uso de una interfaz de software [17].

Tabla 1.2 Ventajas y Desventajas de una Interfaz de Software

Interfaz de Software	
Ventajas	Desventajas
Todos los elementos y secciones necesarias pueden ser visualizados en una sola pantalla.	Si el cable de comunicación entre el HMI y el controlador sufre algún desperfecto, es posible que toda la comunicación se vea comprometida.
Se necesita solamente un cable de comunicación con el controlador, por lo que, no requiere mucho espacio para el cableado.	Al tratarse de un software, es necesario adquirir todas las licencias para su funcionamiento, lo que incurre en un aumento económico considerable del sistema.
Al tratarse de un programa, si se desea hacer una modificación, es mucho más sencillo que si se tratara de hardware.	Si en un determinado momento se requiere realizar una modificación del sistema, es necesario tener el programa original implementado en el HMI.

Evolución de los HMI's

Años atrás, cuando aparecieron los primeros tipos de HMI's, eran tan básicos como un par de botones asignados a funciones específicas en algún sistema, y su uso no era

generalizado. Sin embargo, actualmente en la industria, es prácticamente indispensable disponer de un sistema de monitoreo como un HMI [18].

En el mercado actual, existe un amplio número de opciones disponibles de sistemas HMI para satisfacer distintos tipos de necesidades, gracias a la evolución que ha sufrido la tecnología a lo largo de la última década, los sistemas con HMI tienen un costo inferior, haciendo posible que incluso pequeñas industrias sean capaces de disponer de sistemas completos de interfaz hombre – máquina [18].

Otro de los factores que ha contribuido positivamente para el avance de los HMI es la nueva disponibilidad de sistemas de comunicaciones, así como la posibilidad de integrar distintos tipos de sistemas. Es por ello que los nuevos sistemas industriales vienen integrados con PLC's y HMI's en un solo empaquetado [18].

Con los años, se vio la necesidad de disminuir la complejidad de los HMI's para simplificar los procesos, es así que las nuevas interfaces hombre máquina disponen de las siguientes características: [19].

- Se ha simplificado el entorno gráfico, eliminando cualquier figura que no sea indispensable.
- Se evita el uso de muchos destellos o parpadeos para indicar fallas o errores en el sistema.
- Se ha cambiado el concepto de que un HMI debe ser colorido; actualmente, se intenta usar básicamente dos colores, uno para indicar que el proceso se está ejecutando correctamente y otro, para indicar alguna falla.
- Se usan tablas o gráficas que muestren solo información primordial, evitando distracciones de los operadores.

En la Figura 1.9 se observa un ejemplo de la evolución de un HMI en un proceso industrial, en donde se aprecia la simplicidad del nuevo sistema y el uso de menos colores para evitar confusiones en el operador [19].

Teniendo en cuenta que las condiciones en la que va a operar un HMI en un ambiente industrial no siempre son las más adecuadas, se pueden encontrar situaciones no deseadas como temperaturas extremas, polvo, humedad o maltrato por parte de los operadores, los sistemas con HMI's han evolucionado para convertirse en sistemas cada vez más robustos y presentar una estabilidad de comportamiento [20].

Por otra parte, estéticamente se ha trabajado en la mejora de los HMI's, si bien es cierto, lo más importante en una industria es que el equipo funcione perfectamente, el apartado estético también juega un papel fundamental al momento de decidir la compra de los equipos, es así que actualmente se dispone de pantallas táctiles, cada vez más grandes y con estilo minimalista, además de tener resoluciones mayores [20].

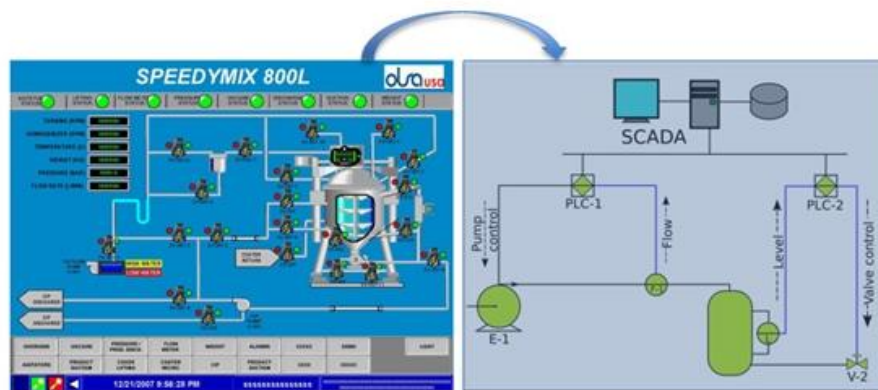


Figura 1.9 Ejemplo de la Evolución de un HMI [19].

En el ámbito comercial, las pantallas táctiles son uno de los pocos aparatos que fueron usados primero en las industrias que en el mercado de consumo, esto se debe a que al tener una pantalla táctil para el monitoreo o control de una máquina se pueden eliminar varios dispositivos de la interfaz como lo son teclados o mouse.

Sin embargo, por conceptos de simplicidad que aún se mantienen, muchas veces se combina la pantalla táctil con un par de botones que pueden ser de paro de emergencia o acciones de marcha y paro, tal como se ve en la Figura 1.10 [20].



Figura 1.10 Panel táctil comercial en el que se usa conjuntamente botones de emergencia, marcha y paro [20].

Diferencias entre un sistema SCADA y HMI

Un HMI - interfaz hombre-máquina, se describe como un panel que busca facilitar la interacción entre un operador y una máquina o proceso, en el que se pueden observar datos relevantes del proceso, así como, monitorear en tiempo real el estado del mismo.

Los sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) o en español sistema de supervisión, control y adquisición de datos; y los HMI's se encuentran cercanamente relacionados, ya que varios HMI's forman parte de un sistema SCADA.

Un SCADA es un sistema que se encarga de la recolección de datos de varias estaciones distantes, por lo que, se aplica mejor en situaciones en la que los procesos se extienden en grandes áreas. Generalmente los SCADA necesitan hardware mucho más potente que un HMI, ya que se usan para controlar y monitorizar varios dispositivos a la vez, a los cuales se los denomina Unidades Terminales Remotas (RTU) [21].

Las RTU pueden desempeñar acciones tan básicas como controles ON/OFF hasta llegar a lazos de control más complejos como controladores PID, las RTU se comunican de manera digital con una unidad terminal maestra (MTU) que generalmente tiene ubicación central desde la cual es posible intervenir en el proceso y monitorizarlo [21].

En resumen, se puede afirmar que “El software HMI se utiliza para monitorizar sistemas SCADA”. Además, los SCADA se ubican más abajo en la pirámide de jerarquía de redes industriales, mientras que los HMI se los puede encontrar desde el primer hasta el último nivel, tal como se muestra en la Figura 1.11 [22].

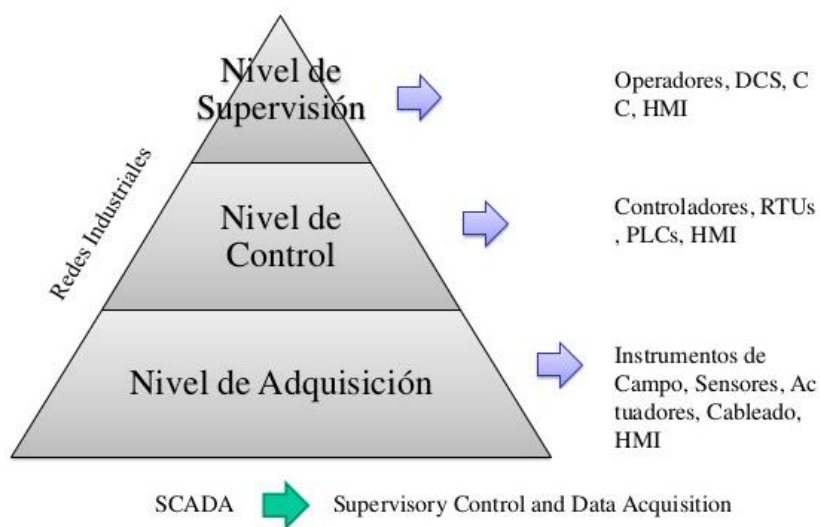


Figura 1.11 Pirámide de Niveles de Redes Industriales [22].

Herramientas de Visualización y Supervisión

Para realizar el monitoreo y control de un proceso industrial se tiene varios tipos de herramientas de visualización disponibles, dependiendo del costo y necesidad de la industria.

El principal reto manejado por estas herramientas es que deben recoger todos los datos necesarios del sistema de distintas fuentes, y además, presentar la información de manera oportuna y ordenada.

Algunas de las soluciones para realizar la supervisión de procesos industriales han sido los paneles de membrana, pantallas táctiles, paneles SCADA, supervisión WEB y supervisión móvil.

Paneles de Membrana

Son paneles usados a inicios de la aparición de los HMI por la necesidad que se tenía de presentar en una pantalla la información pertinente al proceso. Sus principales características son:

- Disponen de una pantalla de cristal líquido que puede ser gráfica o solo de texto, a color o monocromática.
- Dispone de botones de acción que se encargan de realizar acciones específicas de la pantalla.
- Dispone de un teclado numérico para ingresar valores al sistema, además de cursores para la navegación por la pantalla [23].

En la Figura 1.12 se presenta un ejemplo de un panel industrial de membrana, en el que se pueden observar los botones de acción y el cursor para el manejo de la pantalla.

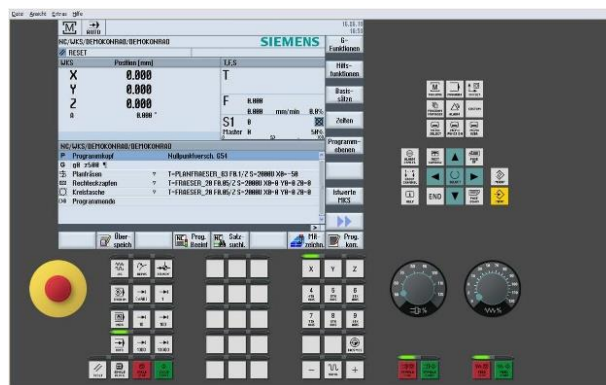


Figura 1.12 Ejemplo de un Panel de Membrana [24].

Paneles Táctiles

Luego del uso de los paneles de membrana, llegaron al mercado los paneles táctiles, con los que se pudo prescindir de los botones de acción, teclado numérico y cursor para la navegación en el panel, ya que solo con tocar la pantalla se puede acceder a todas las opciones del panel.

Sin embargo, suelen tener un costo más elevado por la tecnología avanzada que manejan, uno de los factores determinantes a la hora de elegir el panel es el tamaño de la pantalla, por lo que, dependiendo de la máquina y proceso, se pueden elegir paneles pequeños, desde 4 pulgadas hasta paneles mayores a 20 pulgadas [23].

En la Figura 1.13 se muestra un panel táctil comercializado por la marca Siemens de 5.7 pulgadas.

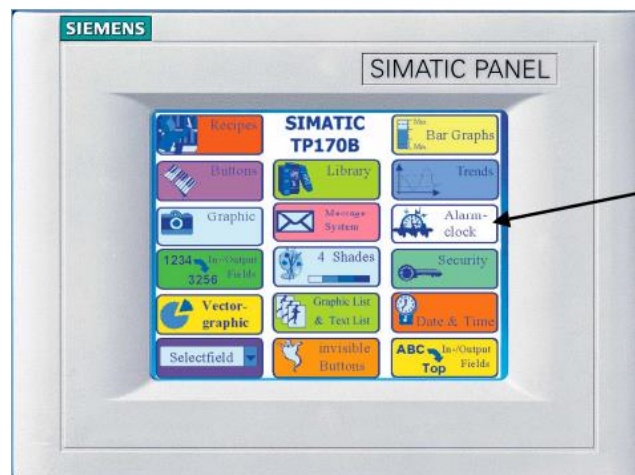


Figura 1.13 Ejemplo de un panel táctil comercial marca Siemens [23].

Paneles SCADA

Los paneles SCADA generalmente necesitan de un hardware mucho más potente que los paneles normales utilizados en los HMI's, ya que se encargan principalmente de la adquisición de datos de varias estaciones remotas, es por ello que disponen de muchas más opciones de desarrollo y diseño.

Pueden disponer de zonas de edición, ventanas de objetos predeterminados, estilos de objetos, acciones de control y opciones del dibujo, tal como se muestra en la Figura 1.14 [23].

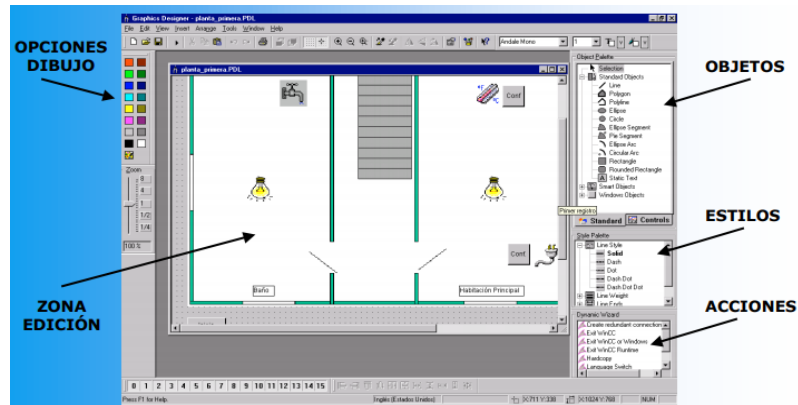


Figura 1.14 Ejemplo de un Panel SCADA [23].

Comunicación usada en HMI's

Para comunicar los dispositivos de campo con las interfaces de usuario se usan servidores de datos y registros de entrada/salida, estos servidores son funciones del HMI que permite tener una comunicación con aplicaciones que estén siendo ejecutadas en el mismo nodo o a un nodo distinto, pero que es accesible por una conexión de red [25].

Los servidores de datos pueden ser programas propios del HMI, es decir estar incluidos dentro del hardware o ser independientes, pero siempre realizan la función de convertir los datos de entrada y salida en un protocolo que sea legible para los dispositivos [26].

Para comunicarse con los servidores de datos de entrada/salida los HMI pueden usar alguno de los siguientes servidores de comunicación:

- OLE for Process Control (OPC)
- Intercambio Dinámico de Datos (Microsoft DDE y NetDDE)
- Objetos Activex
- Proprietarios, por medio de DLLs.

A pesar de existir algunos servidores de comunicaciones, generalmente los HMI's utilizan la técnica OPC, que básicamente da la posibilidad de que varias fuentes de datos puedan ser accedidas en el esquema Cliente-Servidor, permitiendo el intercambio de datos con un equipo de campo en su protocolo específico [26].

Servidor OPC

El OPC (OLE for Process Control) se trata de un estándar de comunicación basado en una tecnología de Microsoft que permite que una o más fuentes de datos se comuniquen utilizando sus protocolos nativos, utiliza una arquitectura Cliente – Servidor.

Las fuentes de datos se denominan como servidor OPC, puede tratarse de cualquier dispositivo de campo que provea de información a algún proceso, tal como PLC's, módulos de Entrada/Salida, controladores, etc.; mientras que un cliente OPC se trata de un dispositivo encargado de recoger información, típicamente HMI's, SCADAs, generadores de informes, hojas de cálculo, etc. [27].

En la arquitectura Cliente/ Servidor OPC la comunicación es bidireccional, por lo que los clientes son capaces de leer y escribir en los dispositivos a través del Servidor OPC.

Si no existiera el OPC, cada aplicación tendría que comunicarse directamente con la fuente de datos utilizando distintos protocolos, generando caos en la recolección de datos, tal como se muestra en la Figura 1.15.

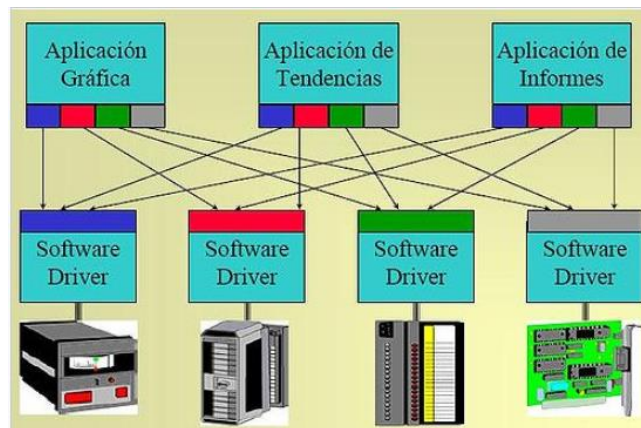


Figura 1.15 Proceso sin el Uso de OPC [28].

Sin embargo, en la Figura 1.16 se muestra el mismo proceso pero con el uso de OPC, se puede evidenciar que se simplifica sustancialmente el proceso.

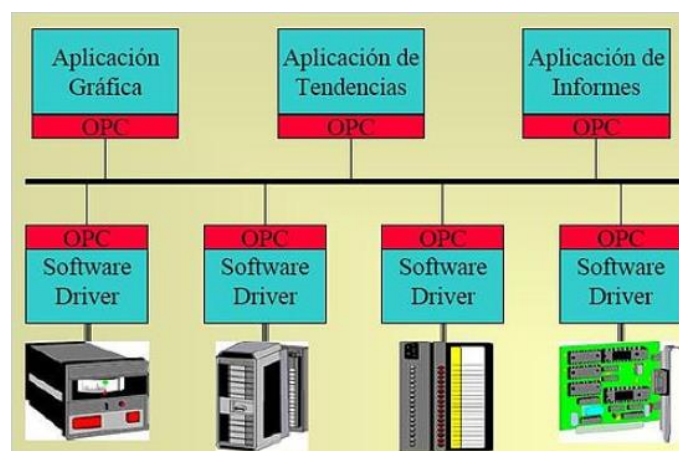


Figura 1.16 Proceso con el uso de OPC [28].

Conectividad de HMI's con Bases de Datos

Cuando aparecieron los primeros HMI's, ofrecían la posibilidad del uso de base de datos, pero en formatos propios de cada marca, por lo que la conectividad se veía limitada al fabricante. Sin embargo, actualmente, cada fabricante ofrece la posibilidad de conectarse con bases de datos estándar como lo son MS SQL, Oracle, IBM DB2, etc.

Para el uso de base de datos en los HMI's, se crea una memoria RAM que mantiene actualizada la información con las variables que contiene la base de datos, luego esta información es accedida por un disco duro físico que almacena los datos periódicamente.

Para obtener los datos deseados en la base de datos se usan "Tags", que son variables que almacenan distintos tipos de datos según la necesidad o tipo de información, es así que un "Tag" puede ser de tipo entero, discreto, real, alfanumérico, o asociado con eventos de alarma [26].

Uso de Scripts en HMI's

Un Script se describe como un pequeño archivo de texto que tiene varias órdenes escritas en su interior, dichas órdenes pueden ser ejecutadas continuamente o cada vez que ocurra un evento en el HMI, además, pueden ejecutarse línea por línea o todas a la vez [29].

En los HMI's los scripts son usados para ejecutar diversas funciones que pueden ser muy complejas de lograr con solo la programación gráfica, por ejemplo [26]:

- Cálculos matemáticos o lógicos.
- Activación o desactivación de pantallas activas cuando ocurra algún evento.
- Uso de sentencias condicionales como If – Then – Else.
- Uso de sentencias repetitivas como For, While, Loop Until.
- Reproducción de sonidos.
- Enviar correos electrónicos disparados con cierto evento.
- Manejo de acciones tomadas cuando ocurren eventos de alarma.
- Generación de reportes.
- Conexión con base de datos.

Para programar los Scripts en el HMI se puede usar un lenguaje propio del ambiente de desarrollo, o algunos fabricantes optan por el uso de lenguajes estándar como Visual Basic o Java [26].

Cuando se utilicen algoritmos repetitivos o muy extensos, también se tiene la posibilidad de crear subrutinas que sean usadas varias veces en el script para simplificarlo.

En la Figura 1.17 se puede ver un ejemplo del entorno de desarrollo de un script propuesto por el programa TIA PORTAL de Siemens.

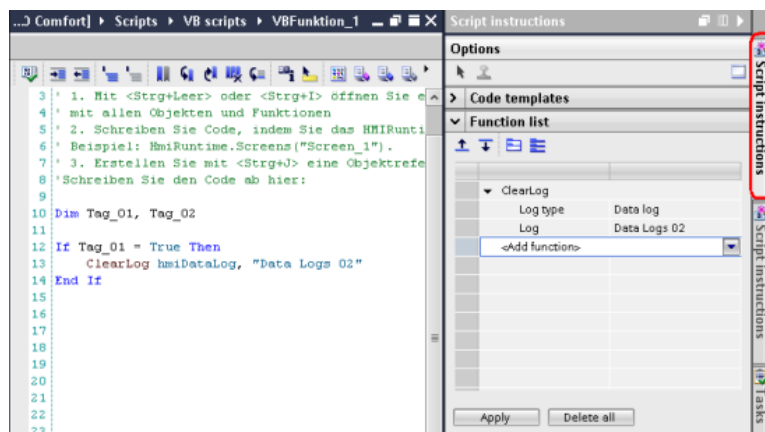


Figura 1.17 Entorno de Desarrollo de Scripts en TIA PORTAL V13 [30].

Registro de Alarmas y Eventos en HMI's

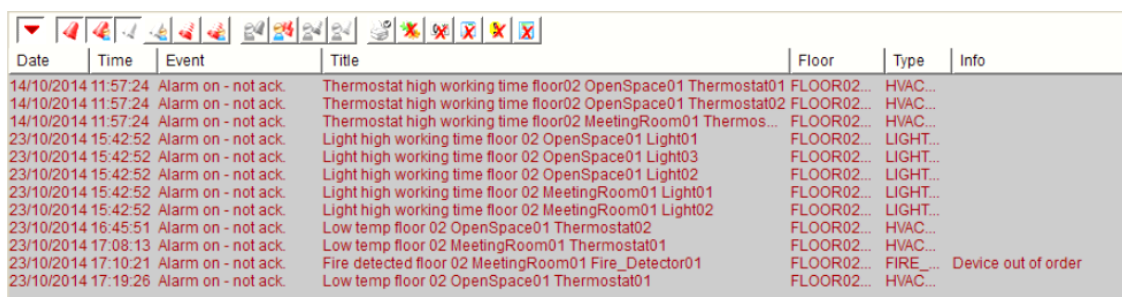
Los registros de alarma y eventos en HMI's permiten que un operador tenga una visión y registro de cualquier variable que presente un error en el proceso, en general las variables que son monitoreadas son las de Entrada / Salida [26].

Las alarmas son generadas cuando ciertas variables analógicas salen del rango de operación normal, o si algunas variables digitales se activan o desactivan de manera atípica, por lo que una alarma indica que el proceso tiene algún problema, o hay alguna anomalía en el sistema, la detección pronta de estas variables es necesaria porque indican que el producto que se está realizando está fuera de los estándares de fabricación [26].

Los registros de alarma pueden ser almacenados en un disco rígido o incluso imprimirse directamente. Pueden definirse en el HMI tipos de alarma que sean clasificados según el estado de urgencia que necesiten para ser atendidas [26].

Los eventos, por otra parte, son situaciones particulares en la operación del proceso que son reconocidos por el software del HMI pero que no necesariamente representan una falla en el sistema, dichos eventos se detectan cuando los Tags presentan valores fuera de rangos específicos.

En la Figura 1.18 se ve un ejemplo de registros de alarmas y eventos de una aplicación [26].



Date	Time	Event	Title	Floor	Type	Info
14/10/2014	11:57:24	Alarm on - not ack.	Thermostat high working time floor02 OpenSpace01 Thermostat01	FLOOR02...	HVAC...	
14/10/2014	11:57:24	Alarm on - not ack.	Thermostat high working time floor02 OpenSpace01 Thermostat02	FLOOR02...	HVAC...	
14/10/2014	11:57:24	Alarm on - not ack.	Thermostat high working time floor02 MeetingRoom01 Thermos...	FLOOR02...	HVAC...	
23/10/2014	15:42:52	Alarm on - not ack.	Light high working time floor 02 OpenSpace01 Light01	FLOOR02...	LIGHT...	
23/10/2014	15:42:52	Alarm on - not ack.	Light high working time floor 02 OpenSpace01 Light03	FLOOR02...	LIGHT...	
23/10/2014	15:42:52	Alarm on - not ack.	Light high working time floor 02 OpenSpace01 Light02	FLOOR02...	LIGHT...	
23/10/2014	15:42:52	Alarm on - not ack.	Light high working time floor 02 MeetingRoom01 Light01	FLOOR02...	LIGHT...	
23/10/2014	15:42:52	Alarm on - not ack.	Light high working time floor 02 MeetingRoom01 Light02	FLOOR02...	LIGHT...	
23/10/2014	16:45:51	Alarm on - not ack.	Low temp floor 02 OpenSpace01 Thermostat02	FLOOR02...	HVAC...	
23/10/2014	17:08:13	Alarm on - not ack.	Low temp floor 02 MeetingRoom01 Thermostat01	FLOOR02...	HVAC...	
23/10/2014	17:10:21	Alarm on - not ack.	Fire detected floor 02 MeetingRoom01 Fire_Detector01	FLOOR02...	FIRE...	Device out of order
23/10/2014	17:19:26	Alarm on - not ack.	Low temp floor 02 OpenSpace01 Thermostat01	FLOOR02...	HVAC...	

Figura 1.18 Ejemplo de Registro de Alarma y Eventos [26].

Seguridad en HMI's

Un sistema con HMI's debe garantizar la seguridad del usuario, así como la confidencialidad e integridad de los datos, es por ello que cada HMI suele tener dos tipos de seguridad, uno que se denomina seguridad propia y el otro, seguridad del sistema informático [26].

Sistema de Seguridad Propia

Se trata del sistema que permite identificar diferentes tipos de usuarios dentro del software del HMI, cada uno identificado con un nombre y contraseña distinta, de esta forma se puede restringir cierto tipo de funciones del HMI a los operadores y presentar distintos modos de operación (operación normal, mantenimiento y pruebas).

Muchas veces se puede optar por usar los mismos usuarios que el sistema operativo, cada usuario puede tener acceso a distintas pantallas así como tener restringidas otras, según el nivel de permiso que sea otorgado por el HMI, el usuario administrador tiene acceso a las funciones completas del panel [26].

Sistema de Seguridad Informático donde se implantó el HMI

Cuando el HMI forma parte de un sistema SCADA o está integrado a una red industrial más grande, es necesario tomar en cuenta que medios externos tratarán de acceder a la información del panel, por lo que hay que definir un usuario con los permisos adecuados para el acceso al HMI.

Se debe tener en cuenta que cuando un medio externo, un proceso de auditoría, accede al panel, se debe restringir el acceso al control o botones de mando presentes en el HMI y solo dar libre acceso a la lectura de datos [26].

Para garantizar la seguridad del sistema informático es necesario que se den auditorías continuas, tanto virtuales como físicas para verificar la seguridad de la red, además, se debe usar únicamente los protocolos de comunicación necesarios en el HMI y eliminar los que no cumplan una función importante [26].

Criterios para la Selección del Sistema HMI

Antes de elegir un HMI, es necesario definir claramente cuál es la aplicación que se va a realizar y reunir al grupo de interesados en el proyecto (ingenieros mecánicos, electrónicos, operadores, gerente, etc.) con el fin de establecer todos los puntos que van a ser necesarios al momento de la compra de los equipos para la aplicación del HMI.

Es necesario investigar todos los productos que se ajusten a las necesidades del proyecto y seleccionarlos dependiendo del soporte que se dé por parte del proveedor y de la relación calidad – precio ofrecida por cada producto [26].

Otro aspecto necesario a la hora de comprar un HMI es el número de Tags que permite manejar, ya que generalmente su hardware está limitado para cierto número de Tags predeterminado, además, verificar todos los módulos adicionales de comunicación que se deberán usar para comunicar el sistema con la red existente de la empresa [26].

Controlador Lógico Programable

Un Controlador Lógico Programable (Programmable Logic Controller – PLC), se define como un dispositivo digital electrónico que tiene una memoria programable para almacenar instrucciones. Con la ejecución de las instrucciones un PLC permite el control de máquinas y procesos, estas instrucciones pueden ser de tipo secuencial, lógicas, temporizadas, aritméticas y de conteo [31].

Los PLC's son dispositivos ampliamente usados en el ámbito industrial, dan la posibilidad de recibir y procesar señales de tipo digital y analógicas, para posteriormente aplicar estrategias de control.

También se lo suele definir como un dispositivo electrónico que realiza la ejecución cíclica de un programa.

La ejecución de este programa es la principal tarea del PLC ya que al ser usado en las industrias el PLC debe tomar decisiones de forma muy rápida, en tiempo real, para no comprometer el proceso [31].

Los PLC's son generalmente de tamaño compacto para adaptarse perfectamente en un tablero de control industrial, en la Figura 1.19 se aprecia un ejemplo un PLC de la marca Siemens, serie S7-300 [32].



Figura 1.19 PLC Siemens S7-300 [32].

Campos de Aplicación de los PLC's

Hoy en día, los PLC's son usados por casi todas las industrias en cualquier proceso que sea necesario controlar variables de salida. Gracias al avance que ha tenido la tecnología tanto en hardware como software, es posible que los PLC's tengan un tamaño bastante reducido y presenten una gran facilidad para montarlos en el sistema productivo.

Gracias a la fácil programación y puesta en marcha del programa del PLC's se vuelve un dispositivo ideal para su uso en industrias con espacio reducido, o procesos que tienen un cambio constante y necesitan modificación de las acciones ejecutadas por el PLC [31].

Es por ello, que los PLC's son la primera opción considerada cuando se requiere maniobrar máquinas o procesos industriales, control y señalización de una empresa, aplicaciones de domótica, seguridad industrial, maniobra de instalaciones de aire acondicionado y calefacción, etc. [31].

Ventajas y Desventajas del uso de PLC's

En la Tabla 1.3 se presentan las principales ventajas e inconvenientes que se pueden encontrar al usarse PLC's.

Tabla 1.3 Ventajas y Desventajas del uso de PLC's [31].

Ventajas	Desventajas
Reducción de costos a largo plazo, comparado con otros sistemas de control.	Costo elevado al adquirir el PLC y los módulos de comunicación necesarios.
Reducción de espacio necesario para implementar el controlador, el tablero de control necesita menos espacio y es más ordenado.	Adiestramiento necesario para el personal encargado del sistema para la programación y mantenimiento del PLC.
Facilidad al momento de modificar el programa del controlador.	Cada cierto tiempo, los programas para la configuración del PLC se actualizan y necesitan de nuevas licencias de funcionamiento que resultan costosas.
Fácil mantenimiento del PLC y módulos de entrada y salida.	
Se puede ampliar las entradas y salidas propias del PLC con el uso de módulos de expansión compatibles.	
Se puede modificar el funcionamiento del sistema, sin la necesidad de hacer cambios en el cableado ni añadir aparatos.	
Es posible controlar varias máquinas diferentes con el mismo PLC.	
Si por alguna razón el sistema implementado decide eliminarse de la empresa, el PLC puede ser sacado y utilizado en cualquier otro proceso, al igual que sus módulos de entrada y salida.	

Clasificación de un PLC

Generalmente, a los PLC's se los suele clasificar principalmente por el número de entradas y salidas (E/S) que presentan, el fabricante decide la capacidad de procesamiento basado en el número de E/S ya que éste representa una referencia al tamaño que va a tener el sistema [31].

Es así, que se los puede clasificar en:

- Micro → Menos de 64 E/S.
- Pequeño → Menos de 256 E/S.

- Mediano → Menos de 1024 E/S.
- Grande → Más de 1024 E/S.

Sin embargo, también es posible clasificar a los PLC's según el tipo de estructura que presentan, éstos pueden ser compactos o modulares.

Los PLC's son compactos cuando todas sus partes o componentes están presentes en el mismo chasis o la misma caja, como se aprecia en la Figura 1.20.

Mientras que un PLC es modular cuando se lo puede armar a base de módulos de expansión, tal como se muestra en la Figura 1.21, por lo que, generalmente son más poderosos pero tienen un tamaño mayor que un PLC compacto [31].



Figura 1.20 PLC de tipo Compacto [33].



Figura 1.21 PLC de tipo Modular [34].

Para saber cuál de los dos tipos de PLC's es conveniente en la aplicación deseada, se puede comparar sus ventajas en la Tabla 1.4.

Tabla 1.4 Comparación de PLC's tipo Compacto y Modular [31].

PLC de Tipo Compacto	PLC de Tipo Modular
Generalmente son más baratos y de menor tamaño.	El usuario arma su PLC a necesidad de la aplicación, pero suelen ser más caros y tener un mayor tamaño que los PLC's compactos.
Solamente pueden ser ampliados con pocos módulos de E/S.	Puede agregarse un número mayor de módulos de E/S para su expansión y posibles modificaciones futuras en el sistema.
Son de fácil instalación y remoción.	Tienen un lenguaje de programación más complejo e instrucciones más avanzadas, lo que hace que tengan más posibilidades a la hora de programar.

Protocolos de Comunicación Industriales

Un protocolo de comunicación industrial se refiere al conjunto de reglas que permiten el intercambio y transferencia de datos entre varios dispositivos de una red. En empresas grandes, existen subsistemas automatizados que para ser comunicados entre sí, necesitan de un protocolo de comunicación industrial.

Gracias al avance de la tecnología y los nuevos descubrimientos en microprocesadores, actualmente se tienen protocolos de comunicación mucho más precisos y con mayor disponibilidad de la información presentada por los dispositivos de campo [35].

Es así, que se puede numerar algunos de los protocolos de comunicación industrial más usados a la largo de la historia de la industria de automatización [35]:

- Profibus.
- HART
- Modbus RTU
- DeviceNet
- Ethernet

Los protocolos de comunicación especifican qué tipo de datos pueden ser enviados y cómo va a ser identificado cada mensaje, en dónde necesita ser ubicada cada trama de información y cómo se desea que sea interpretada [35].

Protocolo Profibus

Profibus se define como un protocolo de red de campo abierto e independiente de proveedores, este protocolo ha sido de gran aceptación a nivel mundial por lo que se ha convertido en uno de los más usados a lo largo de la historia de los protocolos de comunicación industrial.

Profibus se deriva de las palabras Process Field Bus [36].

Para finales de 1999 se calcula que existían más de 3.5 millones de dispositivos que usan el protocolo de comunicación Profibus. En la Figura 1.22 se observa el porcentaje que representan algunas de las compañías de automatización más importantes del mundo en el uso de Profibus [36].

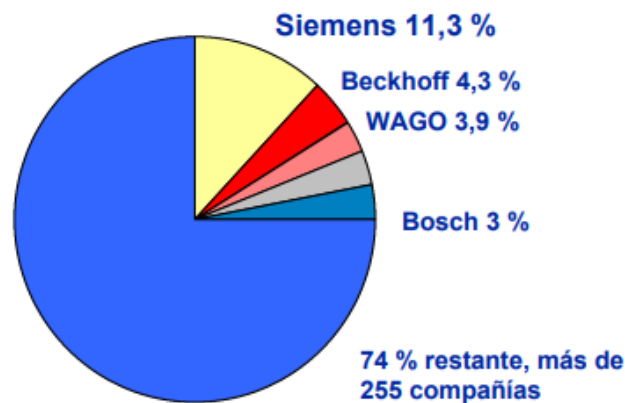


Figura 1.22 Porcentaje que representa cada compañía en el uso de Profibus [36].

Profibus ofrece una amplia gama de componentes y sistemas en el mercado de automatización, además de ser una red abierta y estándar, por lo que se ha convertido en un protocolo que es soportado por los principales fabricantes de PLC's del mundo.

Gracias al uso de cable de par trenzado o de fibra óptica, entre sus características también destaca que se trata de un protocolo de comunicación muy seguro en la transmisión de datos a nivel de campo, además de tener una gran flexibilidad en sistemas con interfaces para varios tipos de necesidades [36].

El protocolo de comunicación Profibus está presente en 3 de las capas del modelo de referencia OSI, tal como se puede apreciar en la Figura 1.23.

La conexión física más utilizada en el protocolo Profibus es la RS-485, en la que se utiliza un cable de par trenzado y apantallado. Sin embargo, existen otras versiones como la MBP o fibra óptica, en las que varía la velocidad de transmisión de datos [36].

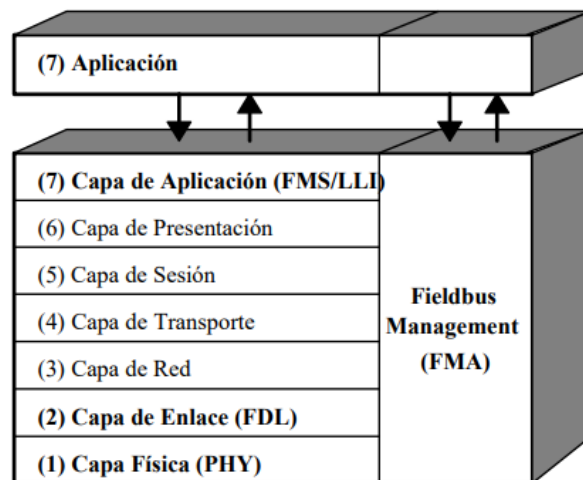


Figura 1.23 Aplicación de Profibus en el modelo OSI [36].

Protocolo MPI

El protocolo MPI (Multi Point Interface) es básicamente una variación de Profibus con algunas diferencias, es utilizado por equipos Siemens un poco antiguos.

Las principales diferencias que tiene MPI con Profibus se pueden destacar en la Tabla 1.5 [37].

Con el protocolo MPI se comunican los PLC's S7 de la marca Siemens, resulta sencilla la comunicación al ser únicamente necesario especificar a qué dirección de memoria deseamos apuntar y en dónde se desean guardar los datos obtenidos [37].

Tabla 1.5 Diferencias del Protocolo Profibus y MPI.

Profibus	MPI
Puede alcanzar una velocidad de hasta 12 MBPs.	Solamente alcanza velocidades de 187.5 KBPs.
Alcanza distancias de transmisión de hasta 1.2 Km.	Su cable no tiene aislamiento galvánico, por lo que solo alcanza distancias hasta 50 metros.
Profibus puede tener 32 nodos por segmento, lo que da un total de 125, usando repetidores.	Puede tener un máximo de 32 nodos.
Profibus es diseñada nativamente para intercambios de comunicación de gran velocidad en forma Maestro – Esclavo.	MPI no soporta comunicación Maestro – Esclavo.

Protocolo Ethernet / IP

Ethernet/IP se trata de un protocolo de comunicación que ha entrado en el mercado industrial con gran aceptación, yendo desde computadoras personales, impresoras y cualquier dispositivo que tenga una tarjeta de red Ethernet.

Este protocolo ha tenido tanto éxito en el campo de la automatización gracias a que su estándar no es modificado y se basa en varios protocolos a la vez, tales como, el protocolo de control de transmisión (TCP) y el protocolo de internet (IP) [38].

Uno de los factores que hacen que Ethernet sea ampliamente aceptado es que se usó a partir de la década de los setenta y a partir de ahí ha venido creciendo su soporte a nivel mundial, tal como se muestra en la Figura 1.24 [38].

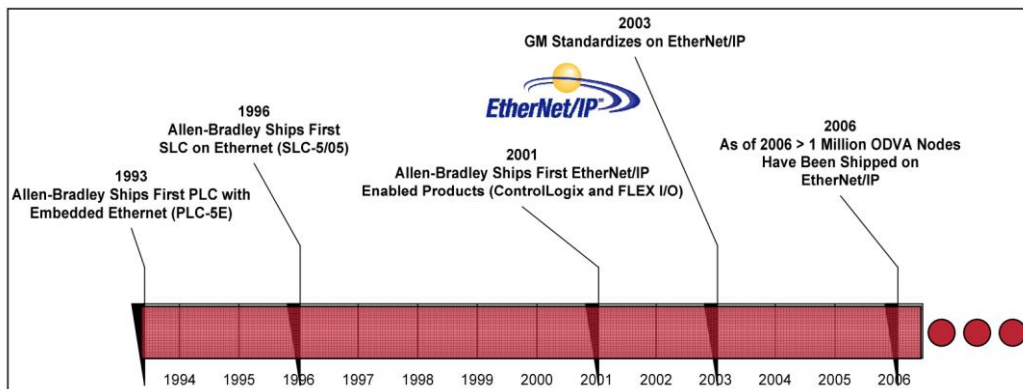


Figura 1.24 Evolución del protocolo Ethernet [38].

Actualmente, más de 240 fabricantes a nivel mundial prefieren Ethernet/IP como protocolo de comunicación de sus dispositivos, se pueden encontrar desde instrumentos de medición, válvulas, sensores, módulos de entradas y salidas, hasta robots, HMI's, controladores, drives, etc.

El principal beneficio en el uso de Ethernet/IP es que se puede acceder a varios dispositivos desde un solo punto, no necesita de una programación compleja para el acceso y se usa siempre el mismo montaje independiente a los dispositivos de la red [38].

Muchas veces, en una red industrial se disponen de distintos protocolos de comunicación, pero si algún dispositivo de cada subred dispone de la posibilidad de comunicarse mediante Ethernet/IP, se podrá acceder desde un solo punto a todos los dispositivos conectados a la red, éste es el caso mostrado en la Figura 1.25 [38].

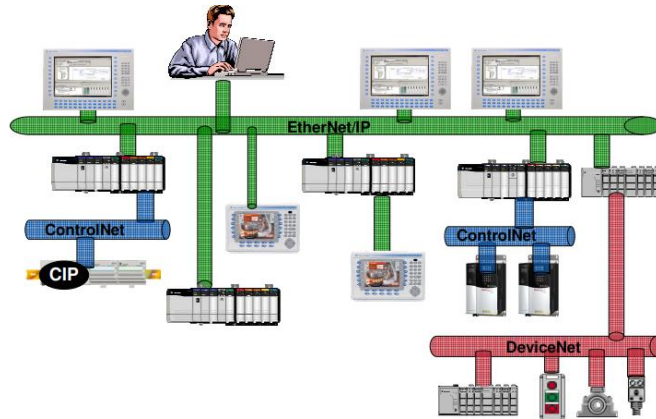


Figura 1.25 Ejemplo de una red con el uso de Ethernet/IP [38].

Las principales características técnicas que se pueden destacar del protocolo de comunicación Ethernet/IP son:

- Tiene una velocidad de 100Mbps.
- Tiene un número limitado de nodos.
- Cada nodo debe tener una conexión punto a punto con un switch.
- Maneja distancias de 100m para cable de cobre o 20Km para fibra.
- Se puede aumentar su distancia con el uso de repetidores.
- Puede tener topologías de conexión en árbol, estrella, troncal, anillo, etc.

En cuanto al medio físico utilizado para Ethernet/IP, generalmente es el cable UTP, que es un tipo de cable de par trenzado forrado con un blindaje exterior, sin embargo, también puede usarse cable STP, que además del blindaje exterior, incluye una aislación especial en contra de la radiación electromagnética, lo que da más confiabilidad a las redes.

Actualmente, también es posible utilizar fibra óptica para la red con Ethernet/IP, sin embargo, esto constituye un aumento considerable en los costos.

2. METODOLOGÍA

En este trabajo se hace uso de la investigación aplicada, ya que se introduce el diseño e implementación de un panel táctil para una máquina elaboradora de tabacos, con la finalidad de mejorar el monitoreo y control del sistema.

Para esto, se utiliza estudio de máquinas similares pertenecientes a la empresa con el fin de tener una base para el diseño del nuevo panel, se aplican técnicas de programación en PLC's y HMI's para el diseño de las pantallas del panel táctil.

También se utilizan técnicas de control que son empleadas para comandar secciones fundamentales de la máquina así como para tener un monitoreo óptimo del sistema.

Para las referencias bibliográficas utilizadas, se hace uso de información obtenida de trabajos de titulación, documentos científicos, revistas científicas y sitios web académicos que servirán como base para la elaboración del marco teórico del trabajo de titulación.

Las fases metodológicas aplicadas en el trabajo desarrollado son las siguientes:

A. Fase teórica

- Se realizará un estudio del panel táctil instalado en un principio en la máquina elaboradora de tabacos con el fin de obtener información relevante para el diseño del nuevo panel.
- Se realizará un estudio de los protocolos de comunicación Ethernet/IP y MPI que van a ser utilizados para la red de comunicación de los dispositivos del sistema.
- Se definirá los parámetros de configuración de los equipos para comunicarse al nuevo panel táctil.

B. Fase de diseño

- Se diseñará cada una de las pantallas del HMI tomando en cuenta las recomendaciones del personal que opera la máquina.
- Se diseñará las dos redes de comunicación para integrar a todos los dispositivos del sistema.
- Se diseñarán los planes eléctricos de la máquina que hayan sido modificados durante el diseño de este proyecto.

C. Fase de simulación

- Se simulará el funcionamiento de cada una de las pantallas del HMI probando cada una de las variables que intervienen en ellas.
- Se simulará la conexión de los dispositivos del sistema para garantizar el funcionamiento del sistema.
- Se simularán las variables de control del sistema, para garantizar que al instalar el panel táctil no existan fallas.

D. Fase de análisis de resultados

- Se tendrá un seguimiento de la máquina elaboradora de tabaco luego de ser instalado el panel táctil para garantizar que los resultados obtenidos sean los deseados.
- Se verificará que cada una de las fallas que hayan ocurrido en el sistema sean informadas correctamente y guardadas en el histórico de información de fallas de la máquina.

2.1. Descripción del Sistema Actual

Actualmente, en el proceso secundario de la Tabacalera Andina S.A. TANASA, en la máquina elaboradora de tabacos, identificada como "M5" se dispone de un panel táctil, marca Siemens que se usa para identificar las posibles fallas que han producido un paro de la máquina, así como variables de control de la misma.

Sin embargo, al disponer de dos PLC's de distinta marca (Allen Bradley y Siemens) y tratándose de un panel antiguo, que no se puede enlazar a ambos PLC's, no es posible tener una comunicación eficaz entre las variables involucradas en el sistema.

Es por ello que muchos de los sensores utilizados en la máquina son enlazados al panel táctil mediante relés, lo que convierte el sistema en poco eficiente y con muchas limitaciones.

En la máquina se manejan alrededor de 60 mensajes de falla, por lo que, es necesario tener claramente identificado y ubicado cada uno, para tener un tiempo de respuesta corto y una solución pronta ante un eventual problema.

El sistema presenta el problema que muchos de los sensores utilizados en la máquina se encuentran mal etiquetados, tienen diferentes identificaciones en los planos eléctricos de

la máquina y en los programas de los PLC's, por lo que se producen confusiones al momento de realizar verificaciones o correcciones en los programas de los PLC's.

Otro de los problemas que presenta el sistema es que no se dispone del programa editable implementado en el panel táctil actual, por lo que resulta imposible añadir elementos informativos en la pantalla de monitoreo.

La máquina elaboradora de tabacos "M5" puede producir alrededor de cinco mil cigarrillos por minuto, por lo que es de suma importancia que cuando exista una falla que impide que la máquina funcione, sea identificada inmediatamente; sin embargo, con el panel táctil antiguo, muchas de las fallas estaban mal etiquetadas o no se mostraban en lo absoluto, por lo que una simple falla podía tardar minutos u horas en ser corregida.

Conexión actual en los Dispositivos

El sistema cuenta con un PLC de la marca Allen Bradley, modelo CompactLogix L35E, mostrado en la Figura 2.1, que es conectado mediante cuatro salidas digitales directamente al PLC Siemens de la serie S7 300, mostrado en la Figura 2.2.

Al tener cuatro salidas digitales se dispone de un total de 16 combinaciones binarias para enviar mensajes, como se muestra en la Tabla 2.1. Por otra parte, el PLC Siemens S7 300 se comunica mediante el protocolo MPI al panel táctil Simatic OP177B.

El sistema se convierte en poco eficiente ya que para comunicar cualquier anomalía por parte del PLC CompactLogix L35E se debe enviar una señal física mediante una salida digital, lo que limita a 16 el número de mensajes que se pueden enviar (al tener 4 bits para realizar combinaciones). Es por ello que se hace muy difícil la creación de nuevos mensajes necesarios para la máquina.



Figura 2.1 PLC CompactLogix L35E utilizado en la Máquina.



Figura 2.2 PLC Siemens S7 300 Utilizado en la Máquina.

El sistema fue realizado en un principio de esta forma ya que el panel táctil utilizado en esta aplicación, solamente dispone del protocolo de comunicación MPI y carece de Ethernet/IP, por lo que le es imposible comunicarse directamente al PLC de Allen Bradley que por el contrario, carece de comunicación MPI y únicamente dispone del protocolo Ethernet/IP.

En la Figura 2.3 se aprecia el diagrama de las conexiones utilizadas inicialmente en los PLC's y el panel táctil de la máquina.

Tabla 2.1 Combinaciones para 4 bits.

A3	A2	A1	A0	Mensaje
0	0	0	0	Falla número 1
0	0	0	1	Falla número 2
0	0	1	0	Falla número 3
0	0	1	1	Falla número 4
0	1	0	0	Falla número 5
0	1	0	1	Falla número 6
0	1	1	0	Falla número 7
0	1	1	1	Falla número 8
1	0	0	0	Falla número 9
1	0	0	1	Falla número 10
1	0	1	0	Falla número 11
1	0	1	1	Falla número 12
1	1	0	0	Falla número 13
1	1	0	1	Falla número 14
1	1	1	0	Falla número 15
1	1	1	1	Falla número 16

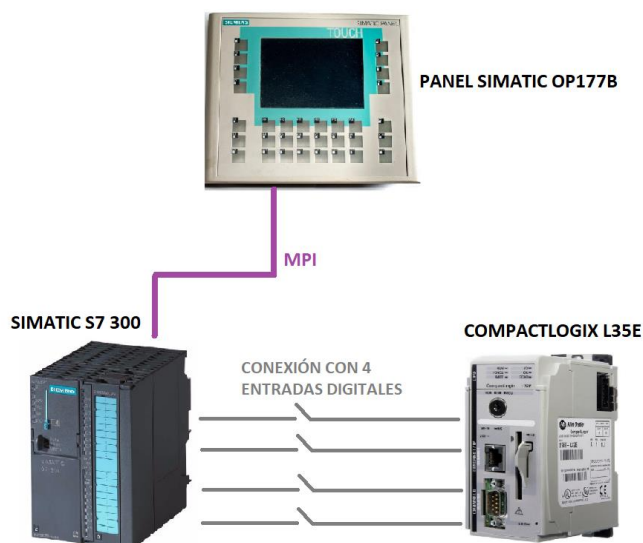


Figura 2.3 Diagrama de las Conexiones del Sistema Antiguo de la Máquina.

2.3 Solución al Problema de Comunicación

Para solucionar los problemas de comunicación entre los PLC's del sistema y el HMI, se plantea instalar un nuevo panel táctil que incorpore la posibilidad de comunicar ambos PLC's presentes en la máquina, reduciendo el tiempo de identificación de las fallas.

También se debe determinar qué ha producido un paro lógico en la máquina, ayudando al personal encargado a solucionar rápidamente el problema.

Se podrá monitorear parámetros de operación del sistema, realizar el seteo de parámetros de funcionamiento de la máquina y control ON/OFF de ciertas variables.

Se busca mejorar la comunicación de los equipos que intervienen en el sistema, mediante la instalación de un nuevo panel táctil, marca Siemens modelo KTP400 Comfort, que cuenta con el protocolo de comunicación Ethernet/IP.

Al tener disponible el protocolo Ethernet/IP será posible integrar los dos PLC's que maneja la máquina, a pesar de ser de distinta marca.

El PLC Siemens S7 300 será comunicado mediante el protocolo MPI al nuevo panel táctil, mientras que el PLC Allen Bradley L35E será comunicado directamente al panel táctil, gracias a la incorporación de una conexión Ethernet/IP, tal como se muestra en la Figura 2.4.

Por otra parte, se busca mejorar y optimizar los mensajes mostrados en el mismo, con el fin de presentar una clara ayuda hacia el operador de la máquina, logrando mejorar el sistema productivo de la misma.

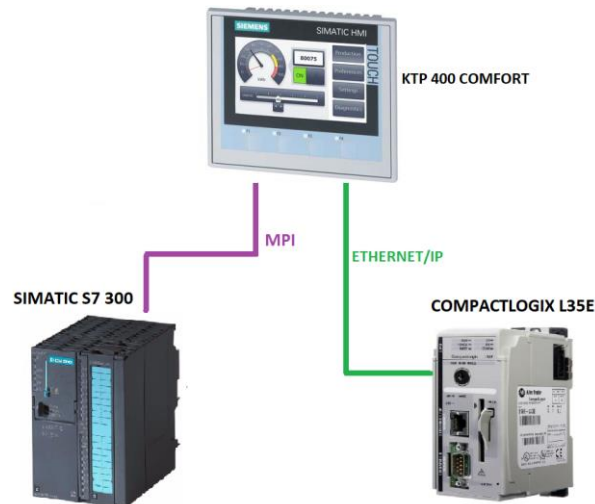


Figura 2.4 Diagrama de Conexiones del Nuevo Sistema Implementado en la Máquina.

Características del Panel Táctil KTP400 Comfort

El panel táctil que se instaló en la máquina, se trata de un Siemens KTP400 Comfort, este panel fue elegido ya que se lo pudo obtener de una máquina que salió de funcionamiento de la empresa, por lo que, el panel se encontraba inutilizado y disponible.

El panel táctil cumple con las características necesarias del sistema al dar soporte para la creación de una red Ethernet/IP para conectarlo directamente con el PLC de Allen Bradley, las principales características del panel táctil KTP400 se detallan a continuación [39]:

- Pantalla panorámica táctil de 4 pulgadas.
- Interface Profinet.
- Interface Profibus / MPI.
- Interface Ethernet/IP.
- Memoria de configuración de 4 MB.
- Sistema Operativo Windows CE 6.0.
- Es configurable con WinCC Comfort V11 o superiores.
- Voltaje de alimentación 24V, rango permisible de 19.2 V a 28.8 V.
- Entrada de USB 2.0, USB Mini.
- IP65 en la parte frontal, IP20 en la parte posterior.

2.4 Instalación Física del Panel Táctil KTP400 Comfort

Para la instalación del nuevo panel táctil, primero se hizo una prueba de funcionamiento, sin red de comunicación, con una fuente de voltaje de 24V externa.

Luego de que se verificó el funcionamiento del panel, el programa guardado en la memoria del panel táctil fue respaldado en un CD-ROM.

Luego, se procedió a retirar la puerta que contenía el HMI antiguo, mostrado en la Figura 2.5.

Por solicitud del personal eléctrico encargado de la máquina, además de la puerta que sostiene el HMI, se reemplazó la puerta aledaña que contiene pulsadores e interruptores de control de la máquina, mostrada en la Figura 2.6, esto debido a que las puertas antiguas no se ajustaban bien al cerrarse, causando inseguridad al operador.

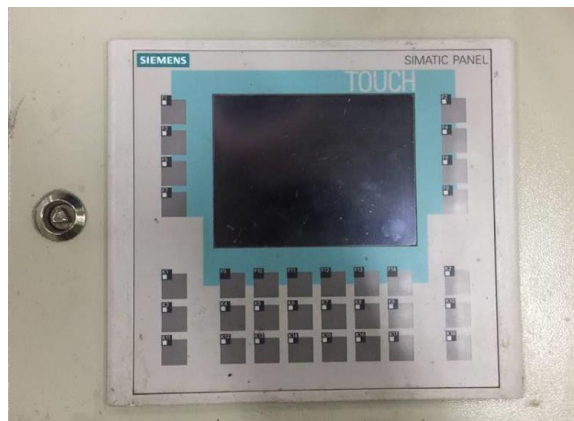


Figura 2.5 Puerta con el Panel Táctil Antiguo.



Figura 2.6 Puerta Aledaña al Panel Táctil.

Posteriormente, se confeccionaron nuevas puertas con materiales más gruesos y resistentes, teniendo en cuenta la medida del nuevo panel táctil a ser instalado y de los botones de la puerta aledaña.

El panel táctil KTP400 instalado en la nueva puerta se aprecia en la Figura 2.7.



Figura 2.7 Panel KTP400 Instalado en la Nueva Puerta.

Una vez instalado el nuevo panel táctil KTP400 en la máquina, se procedió a conectar los cables de red y alimentación para el panel, tal como se muestra en la Figura 2.8.



Figura 2.8 Instalación del cable de alimentación y red para el panel KTP400.

2.5 Configuración de la Comunicación entre el Panel Táctil y los PLC's

Como se explicó en la sección 2, para solucionar el problema de comunicación presente en el sistema antiguo, se optó por la creación de una nueva red Ethernet/IP que logre comunicar al panel KTP400 con el PLC L35E.

Se mantuvo la conexión MPI para comunicar el panel táctil al PLC Siemens S7 300.

Para lograr la configuración de las comunicaciones, fue necesario configurar parámetros en el programa de desarrollo del panel táctil Tia Portal V13 en la sección de conexiones, con las siguientes características:

Conexión_1:

MPI → Enlace entre el Panel KTP400 y el PLC Siemens S7 300

- Velocidad de Transferencia: 187.5 Kbps.
- Dirección: 1.
- Punto de Acceso: S7ONLINE.
- Tipo de Panel de Operador: Simatic.
- Perfil de Red: MPI.
- Dirección más alta de estación (HSA): 31.
- Número de maestros: 1.
- Dirección del controlador: 2.

Estas configuraciones, fueron realizadas en el software Tia Portal V13, mismas que se pueden verificar en la Figura 2.9.

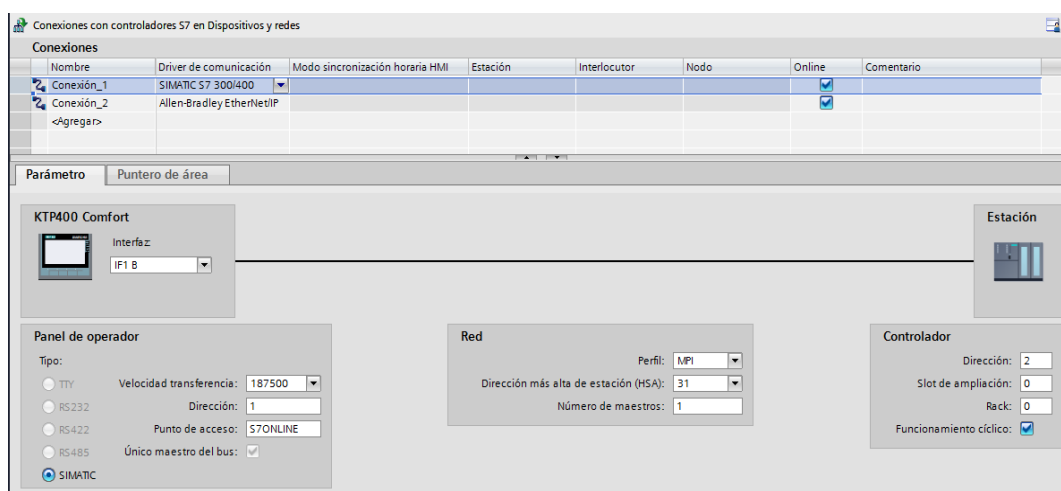


Figura 2.9 Configuración de la Comunicación MPI.

Conexión_2:

Ethernet/IP → Enlace entre el Panel KTP400 y el PLC CompactLogix L35E.

- Interfaz de comunicación: Ethernet.
- Tipo de CPU: ControlLogix, CompactLogix,
- Dirección IP de Host: 192.168.60.205

- Ruta de Comunicación: 1,0.

Estas configuraciones se pueden verificar en la Figura 2.10.

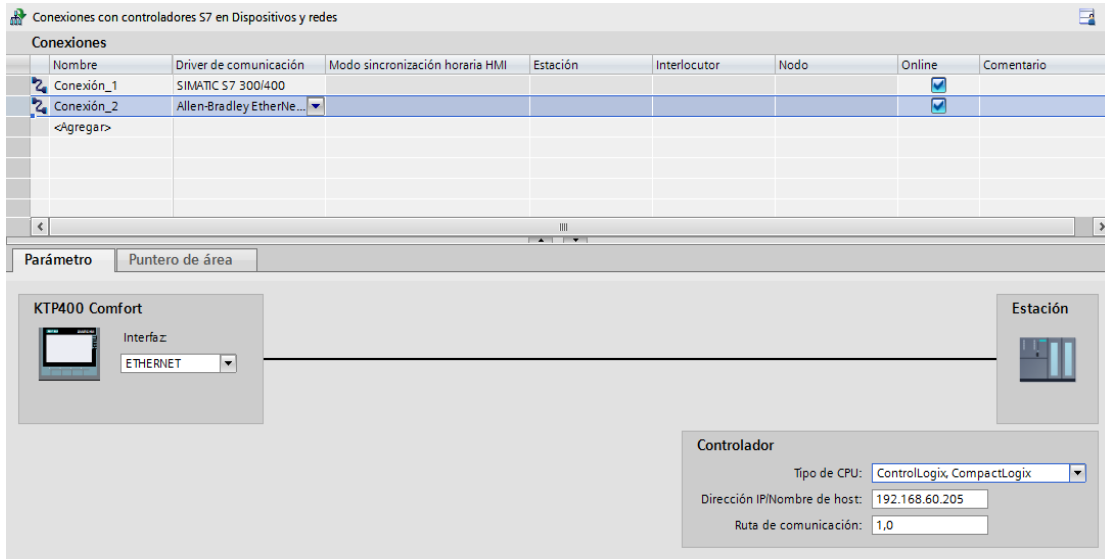


Figura 2.10 Configuración de la Comunicación Ethernet/IP.

Para que el panel táctil nuevo pueda acceder a la red Ethernet/IP es necesario configurarlo con una dirección IP libre que tenga acceso a la misma red del PLC L35E.

2.6 Diseño de las Pantallas del Panel Táctil

Para realizar el diseño de cada una de las pantallas del nuevo panel táctil, se tomó en consideración las recomendaciones y necesidades expuestas por los operadores y personal eléctrico encargado de la máquina.

Las pantallas diseñadas se realizaron de manera similar a las presentes en los otros HMI's de las máquinas de la empresa, con el fin de presentar la información de manera familiar al operador de la máquina.

El panel táctil terminado cuenta con 16 pantallas diferentes, con botones de navegación intuitivos y claros para que el operador pueda realizar todas las operaciones necesarias en el HMI.

En la Figura 2.11 y Figura 2.12 se puede evidenciar un diagrama de bloques de la secuencia que siguen las pantallas del HMI al ser accionadas por cada uno de los botones correspondientes. También se aprecia una breve reseña de la función de cada una de las secciones del HMI, cada pantalla de encuentra numerada para su posterior descripción.

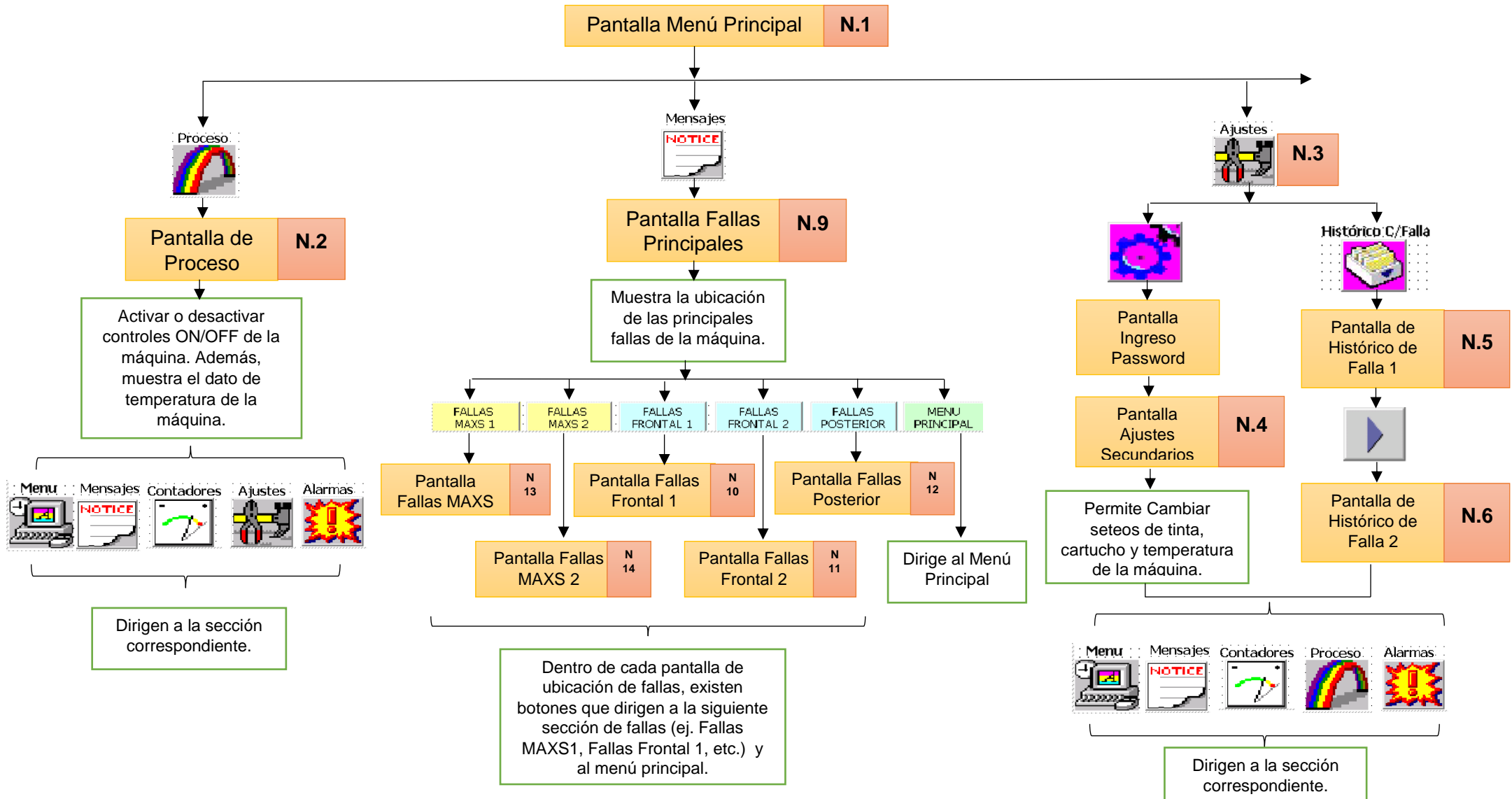


Figura 2.11 Secuencia de las pantallas del HMI, parte 1.

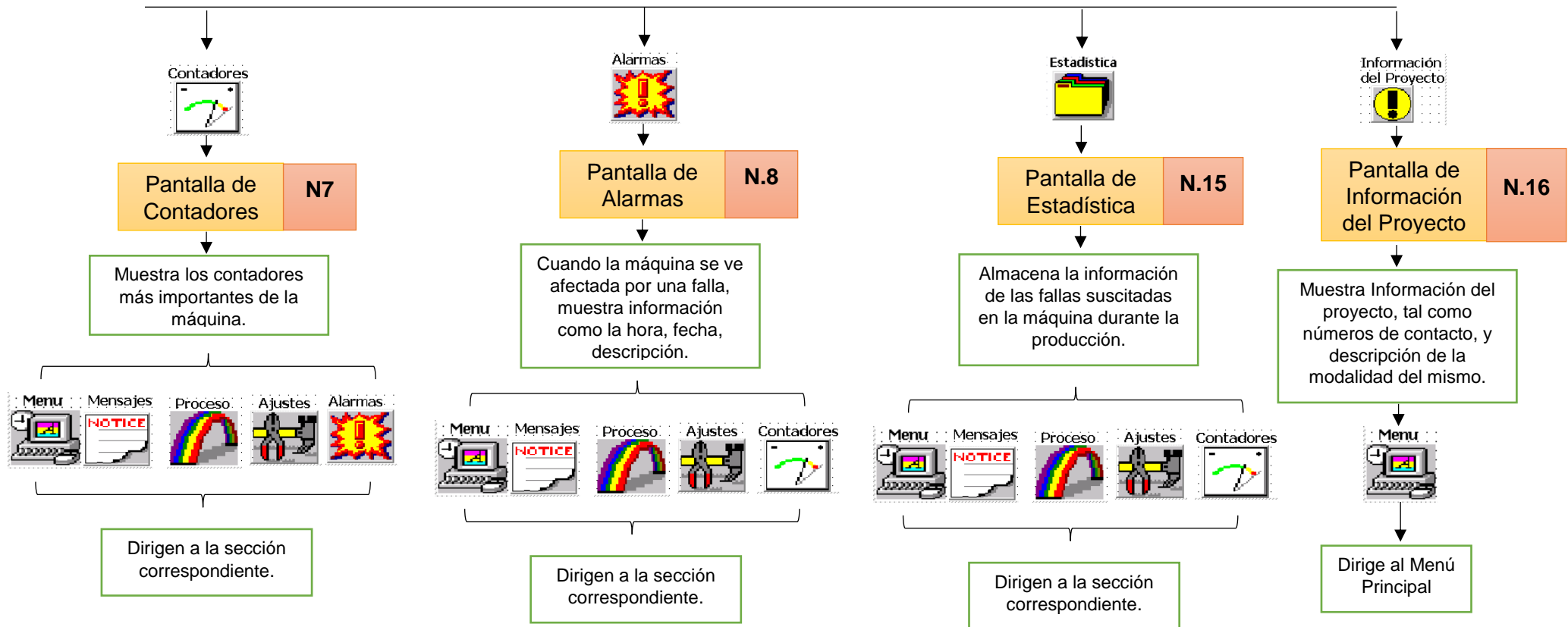


Figura 2.12 Secuencia de las pantallas del HMI, parte 2.

Pantalla Principal del Proyecto (Pantalla N. 1)

La pantalla principal del HMI se muestra en la Figura 2.13, en la cual se puede ver el título de la máquina a la que pertenece el HMI. En la parte inferior cuenta con botones que dan acceso a las demás pantallas del HMI, cada botón está debidamente identificado con el nombre de la sección a la que dirige.

En la parte superior de todas las pantallas del HMI, se puede observar el título de la máquina, además de la fecha y hora actual. Cada uno de los gráficos utilizados para los botones de la pantalla fueron elegidos tomando en cuenta recomendaciones del operador de la máquina para su fácil identificación.



Figura 2.13 Pantalla Principal del HMI.

Pantalla de Operación Normal (Pantalla N. 2)

La siguiente pantalla que se presenta es la de operación normal de la máquina, mostrada en la Figura 2.14, en esta pantalla se pueden apreciar los datos de operación más relevantes como la cantidad de cigarrillos fabricados, las horas de trabajo de la máquina y la temperatura de los calefactores de la misma.

La pantalla de operación normal es la que más se usa en la producción normal de la máquina, ya que tiene disponible los siguientes controles ON/OFF del sistema.

- Funcionamiento de la tolva en vacío.

El funcionamiento de la tolva en vacío es una opción de la máquina que permite prender los motores y actuadores del sistema sin que sea necesario la presencia de materia prima (hebra de tabaco, filtros o papel cigarrillo).

De esta forma, es una herramienta que se usa para calentar la máquina al inicio de la jornada, también se la suele usar para probar motores o actuadores.

- Apagar el embrague de la tolva.

Apagar el embrague de la tolva permite activar el funcionamiento de la máquina sin hebra de tabaco, con el fin de hacer un “barrido” de materia prima al final de la producción, para dejar limpio el sistema en la siguiente jornada.

- Colocar el calefactor de la máquina en manual o automático.

El calefactor de la máquina es una de las partes fundamentales en la elaboración de cigarrillo, si se setea de forma incorrecta, es posible que se tenga una humedad fuera de los rangos de especificación normal.

Al colocar el calefactor de la máquina en manual, se puede modificar la temperatura ingresándola directamente desde el HMI. Cuando el calefactor está en automático, la temperatura es dada por el PLC.

- Generar un pulso para el avance manual de la cuchilla de corte de tabaco.

Esta opción se usa ya que la cuchilla de corte se va desgastando con el pasar de las horas de producción, a pesar de tener un control automático en el que cada cierto tiempo se hace avanzar la cuchilla, es necesario tener la opción de un avance manual cuando se aprecie que no se está generando correctamente el corte del tabaco.

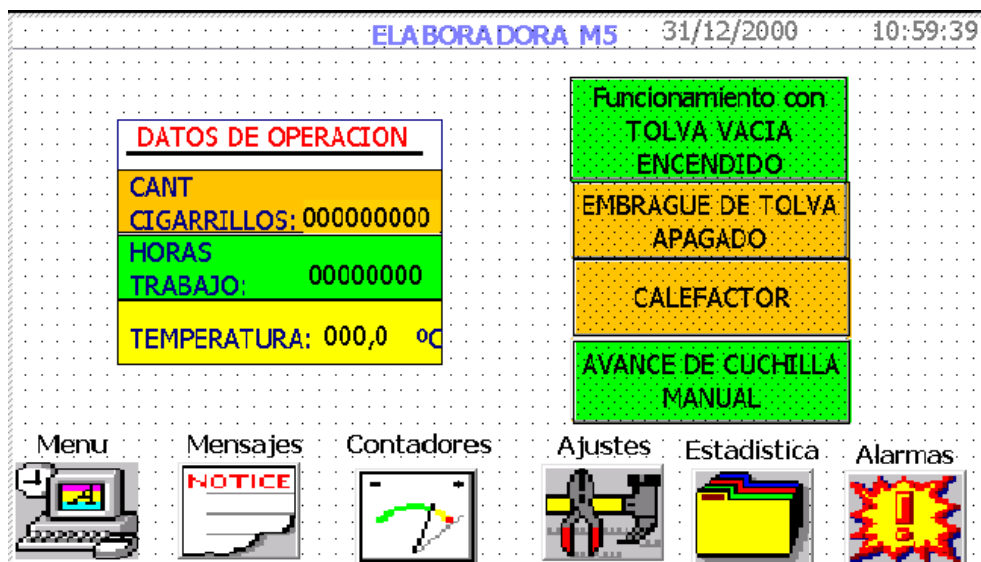


Figura 2.14 Pantalla de Operación Normal de la Máquina.

Pantalla de Ajustes de la Máquina (Pantalla N.3)

En la Figura 2.15, se muestra la pantalla de ajustes de la máquina; en dicha pantalla, se presenta el dato de temperatura actual del calefactor, también dispone de dos botones que ayudan a acceder a ajustes adicionales o a una pantalla de históricos de cada falla que se ha presentado durante la producción.

Es necesario recalcar, que para acceder a la pantalla secundaria de ajustes, el personal deberá ingresar correctamente un usuario y contraseña, se decidió utilizar esta seguridad ya que solo el personal autorizado deberá modificar seteos o ajustes internos de la máquina.

En la parte inferior de la pantalla, se tienen botones para el acceso a las demás pantallas principales del HMI.



Figura 2.15 Pantalla de Ajustes de la Máquina.

Pantalla de Ajustes Secundarios (Pantalla N.4)

La pantalla secundaria de ajustes de la máquina, indicada en la Figura 2.16, da opciones de cambiar seteos tales como:

- Tiempo de activación de la tinta de impresión en el cigarrillo.

Modifica el tiempo en que es inyectada la tinta para la impresión del precio y marca del cigarrillo terminado.

- Tiempo del ciclo de tinta.

Al modificar el tiempo de ciclo de tinta, se aumenta o disminuye la distancia entre cada impresión en el papel cigarrillo, es por ello que el tiempo de ciclo viene dado por la longitud del cigarrillo.

- Cambiar el seteo del cartucho de tinta, además de ver el valor actual del mismo.
- Cambiar el seteo de temperatura de los calefactores.

En la pantalla, se puede observar la temperatura actual de la máquina, y en la parte inferior se puede modificar el seteo de dicha temperatura. Generalmente la máquina trabaja con sus calefactores a 250 grados Centígrados.

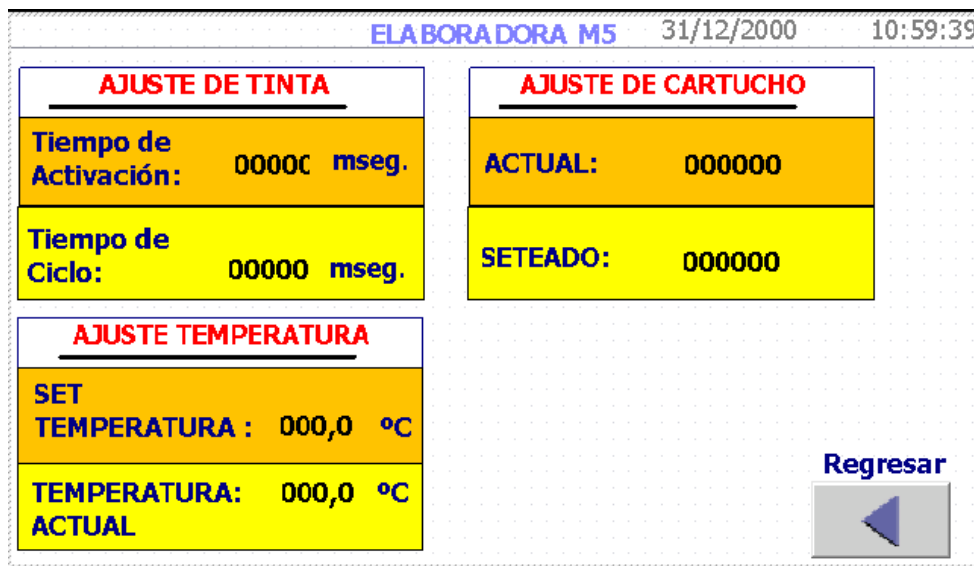


Figura 2.16 Pantalla Secundaria de Ajustes.

Pantallas de Históricos de Falla 1 y 2 (Pantallas N. 5 y N. 6)

En la Figura 2.17 y Figura 2.18, se muestran las pantallas de históricos por cada falla, en las que se observan contadores de las fallas más importantes de la máquina, para dar una idea de cuáles son los problemas más comunes presentados durante la producción normal de la máquina.

Cada vez que ocurra una de las fallas descritas en las pantallas se aumenta un contador que es visualizado directamente en el HMI, de esta forma se tiene una herramienta para auditorías o control de calidad al tener una idea de cuáles son las fallas más propensas a ocurrir en la máquina.

En la Pantalla de histórico por falla número 2 existe espacio libre con el fin de agregar algún otro contador que en un futuro se crea conveniente.



Figura 2.17 Pantalla de Histórico de Fallas 1.

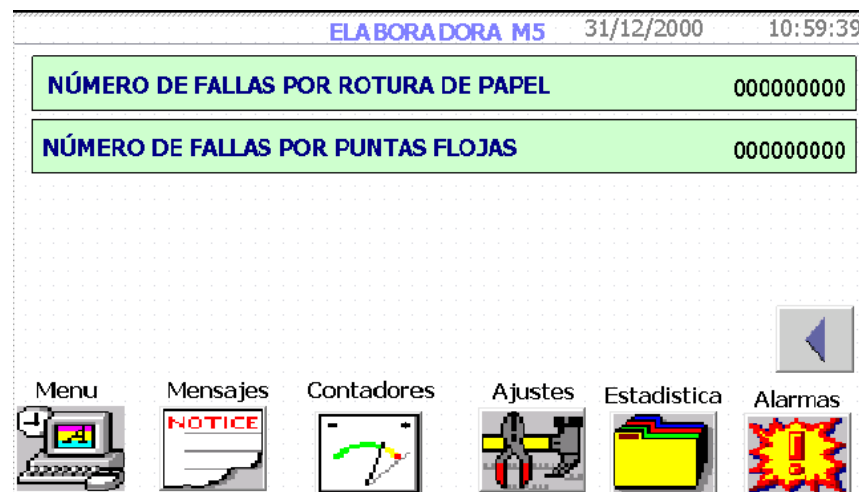


Figura 2.18 Pantalla de Histórico de Fallas 2.

Pantalla de Contadores (Pantalla N. 7)

La pantalla de contadores de la Figura 2.19, muestra información relevante para la producción de la máquina, tal como:

- Horas de trabajo de la máquina.

Muestra el número de horas que la máquina ha estado en funcionamiento, el dato es enviado desde el PLC, no puede ser reseteado en el HMI.

- Bobinas de papel corcho utilizadas.

Indica el número de bobinas de papel corcho (papel para los filtros) utilizadas en la máquina, con el fin de llevar un control de inventario.

- Contador de RBO.

El contador de RBO ayuda a identificar el número de veces que ha sido activada la sección de la máquina llamada RBO (Corte de tabaco).

- Número de rodos utilizados.

El número de rodos indica cuántas bobinas de papel cigarrillo han sido usadas en la producción de la máquina.

- Número de cigarrillos y filtros.

El número de filtros y cigarrillos fabricados teóricamente es el mismo, sin embargo, en la práctica puede cambiar debido a fallas en la máquina o rechazo de productos fuera de especificación. Los contadores de cigarrillos y filtros indican un número aproximado de producción de la máquina.

- Número de ciclos de avance de cuchilla.

Indica el número de veces que la cuchilla de corte de cigarrillo ha avanzado para compensar el desgaste que se tiene durante la producción.

- Número de muestras de control de calidad.

El contador de muestras de control de calidad indica las veces que se ha hecho un muestreo de cigarrillos.



Figura 2.19 Pantalla de Contadores.

Pantalla de Alarmas (Pantalla N. 8)

En la Figura 2.20 se aprecia la pantalla de alarmas, que es encargada de indicar todas las fallas que se presentan en la máquina que impiden su funcionamiento, se muestra el número de falla y el texto en el que se explica cuál es el problema.



Figura 2.20 Pantalla de Alarmas.

Cuando la falla es corregida, automáticamente desaparece la falla de la sección de alarmas.

Una vez que se acciona el botón "Mensajes" se abre la sección que indica la ubicación física de cada una de las fallas presentes en la máquina.

Fue necesario crear 6 pantallas de ubicación ya que al tener una cantidad de más de 60 mensajes, el espacio reducido de la pantalla no es suficiente para mostrar todos a la vez.

Pantalla de Ubicación de Fallas Principales (Pantalla N. 9)

En la Figura 2.21, se muestra la pantalla de ubicación de las fallas principales, en ésta, están ubicadas las fallas más propensas a ocurrir y que generan paros de la máquina.

Cada falla tiene un círculo rojo indicando la ubicación en la máquina, además del texto correspondiente.

El texto y círculo de cada falla permanecerá oculto a menos que la falla esté activa en ese momento. Cuando se presente la falla el círculo parpadeará con el fin de presentar una alerta visual al operador.

En el fondo de ésta pantalla, se puede apreciar un bosquejo de la máquina para dar una idea al operador de la ubicación física de la falla activa en ese momento.

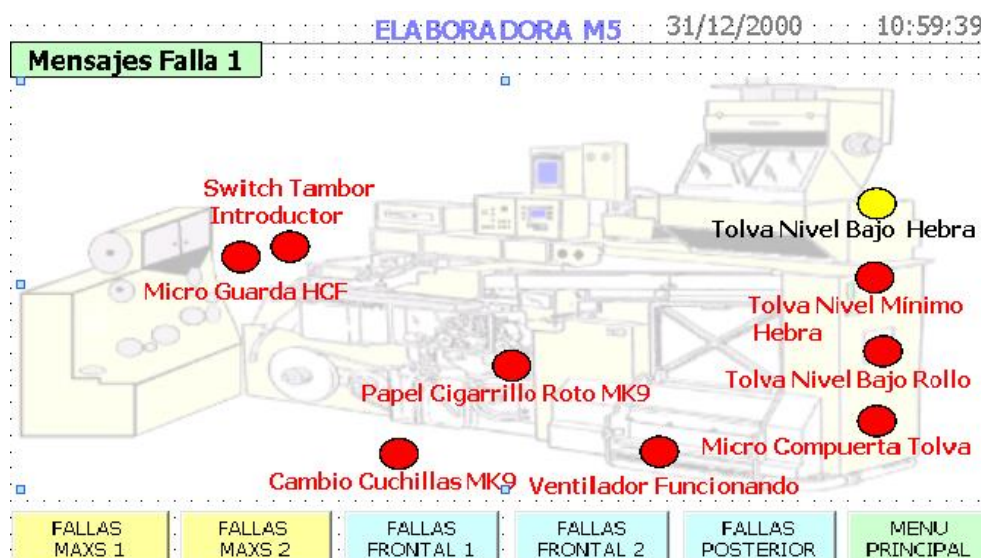


Figura 2.21 Pantalla de Ubicación de Fallas Principales.

Pantallas de Ubicación de Fallas Frontales (Pantallas N. 10 y N. 11)

En la Figura 2.22 y Figura 2.23, se observan las pantallas de ubicación de fallas frontales, al igual que en la pantalla de fallas principales, en ésta se muestran con color rojo todas las fallas posibles en la parte frontal de la máquina.

Se dispone de espacio libre para ubicar nuevas fallas en un futuro.

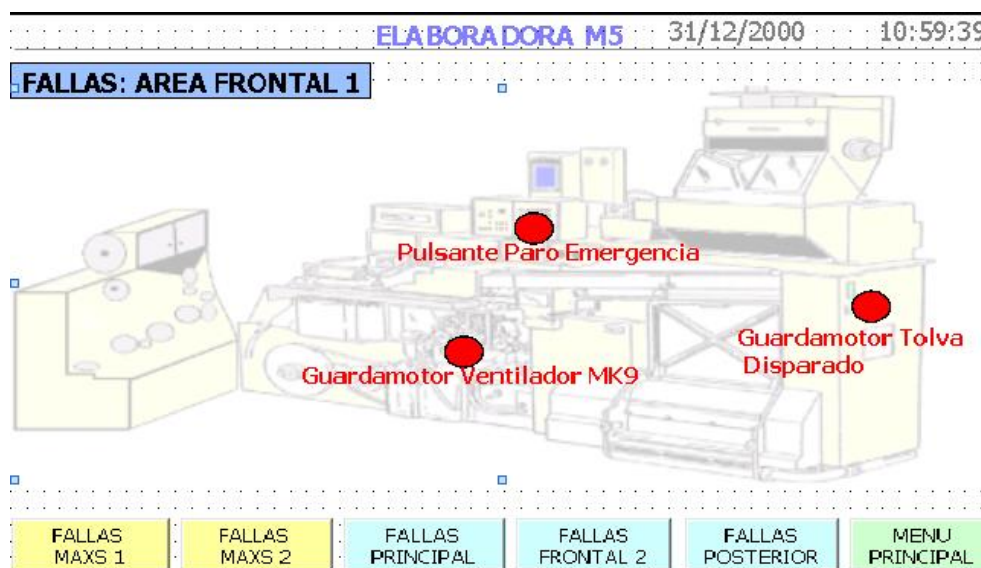


Figura 2.22 Pantalla de Ubicación Fallas Frontales 1.

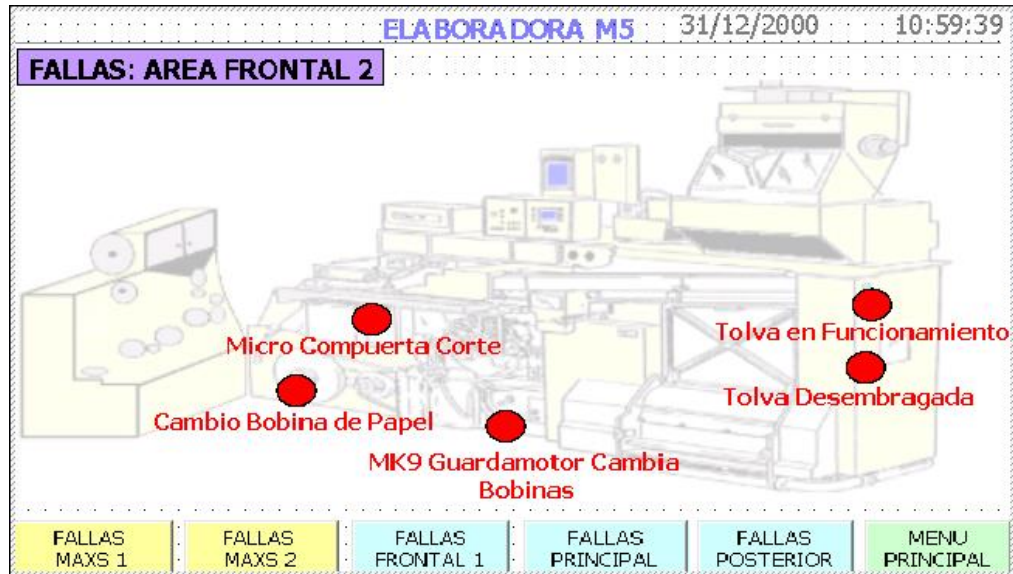


Figura 2.23 Pantalla de Ubicación Fallas Frontales 2.

Pantalla de Ubicación de Fallas Posteriores (Pantalla N. 12)

La Figura 2.24 muestra la pantalla de ubicación de las fallas posteriores de la máquina, además, el dibujo de fondo se ha cambiado por uno apropiado para expresar una vista en perspectiva de la parte trasera de la máquina.

En esta pantalla generalmente se presentan las fallas correspondientes a los guardamotores o señales de realimentación de los motores.

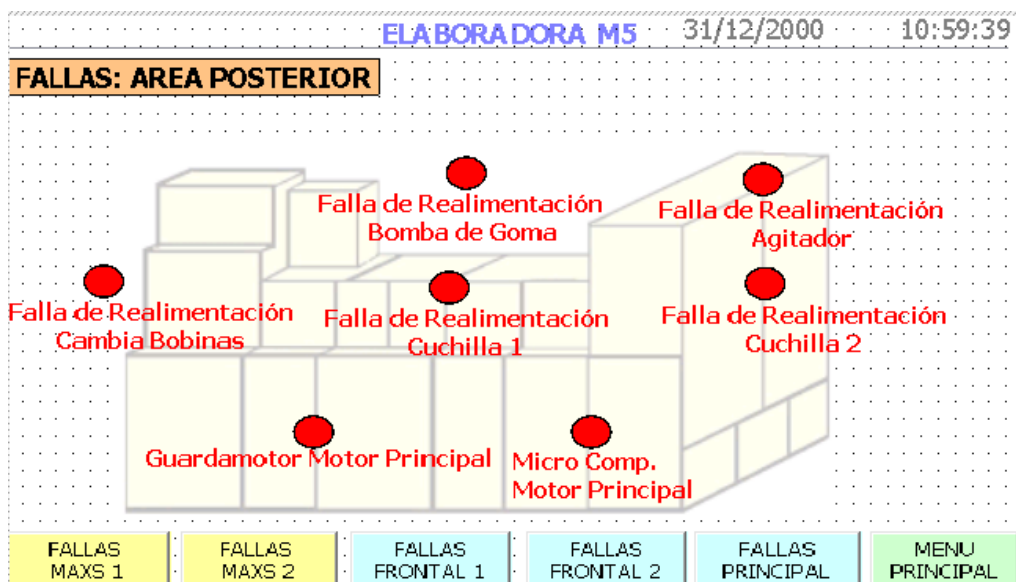


Figura 2.24 Pantalla de Ubicación Fallas Posteriores.

Pantallas de Ubicación de Fallas en MAXS (Pantallas N. 13 y N. 14)

En la Figura 2.25 y Figura 2.26 se observan las pantallas de ubicación de fallas de la sección de la máquina llamada “MAXS”, estas pantallas son las que más acumulación de fallas tienen ya que en la sección denominada MAXS de la máquina hay la presencia de muchos sensores y switches de seguridad para el operador.

La imagen de fondo también fue cambiada y ampliada con el fin de dar una información más precisa acerca de la ubicación de cada falla.

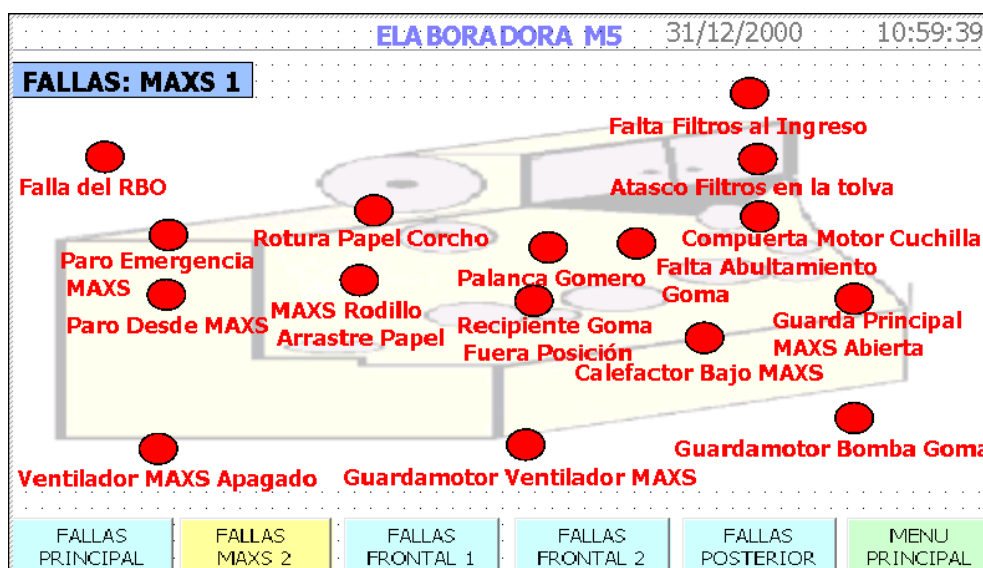


Figura 2.25 Pantalla de Ubicación de Fallas en la MAXS 1.

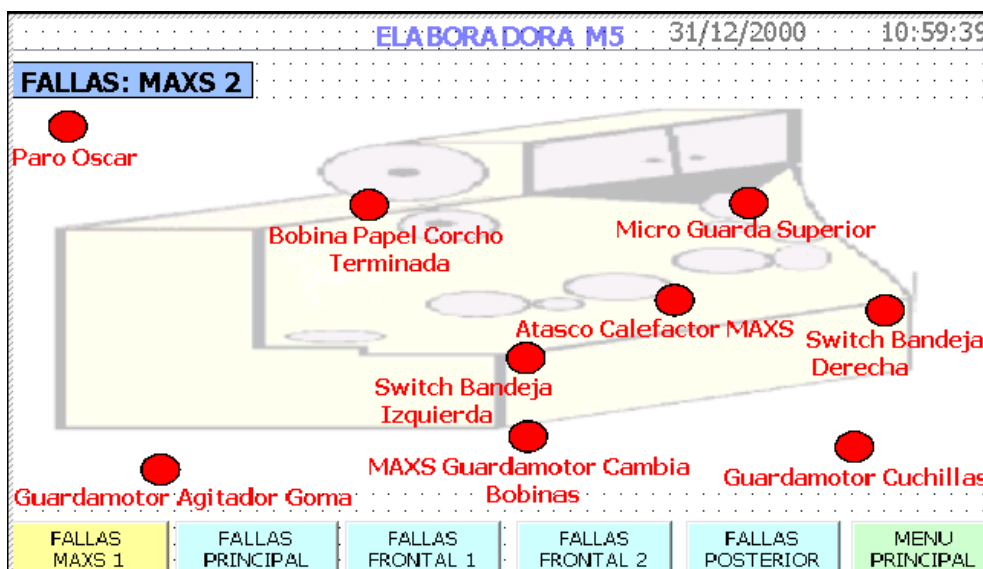


Figura 2.26 Pantalla de Ubicación de Fallas en la MAXS 2.

Pantalla de Estadística (Pantalla N. 15)

La pantalla de estadísticas de fallas es similar a la de alarmas, muestra la información del número de falla, la hora, fecha y texto correspondiente a las fallas ocurridas en la máquina.

La diferencia principal es que en la pantalla de estadísticas, se maneja un buffer de datos, es decir, se van a almacenar todas las fallas ocurridas durante la producción de la máquina, con el fin de disponer de una estadística de los problemas suscitados durante la jornada.

En la Figura 2.27 se puede apreciar la pantalla diseñada para la estadística de fallas.



Figura 2.27 Pantalla de Estadística de Fallas.

Pantalla de Información del Proyecto (Pantalla N. 16)

La última pantalla, mostrada en la Figura 2.28, muestra la información relacionada a la creación del proyecto, así como números de contacto en caso de requerir modificaciones en el sistema.



Figura 2.28 Pantalla de Información del Proyecto.

Diseño de las Plantillas usadas en el HMI

Como se explicó en la sección 2.6, en todas las imágenes del HMI se tiene una plantilla que en la parte superior de la pantalla indica el nombre de la máquina, además de la fecha y hora actual.

Para su creación, en el software Tia Portal V13 fue necesario ingresar a la sección de administración de imágenes, posteriormente, a la sección de plantillas y crear una nueva, en este caso se conservó el nombre por defecto "Template", tal como se muestra en la Figura 2.29.



Figura 2.29 Creación de la Plantilla General del HMI.

Se creó una plantilla llamada "General" en la que se dispone de un botón que despliega una pequeña pantalla que indica de manera rápida cualquier falla presente en la máquina, esta plantilla fue creada con el fin de minimizar el tiempo que se requiere en ingresar a las pantallas de ubicación de las fallas.

Cuando alguna falla se presenta, automáticamente es desplegada la pantalla con la información de cuál ha sido el problema.

Posteriormente si se desea minimizar la pantalla para navegar normalmente en el HMI basta con aplastar el botón ubicado a la derecha, de igual forma, si se desea volver a desplegar la pantalla se debe volver a presionar dicho botón.

Esta plantilla es mostrada en la Figura 2.30.

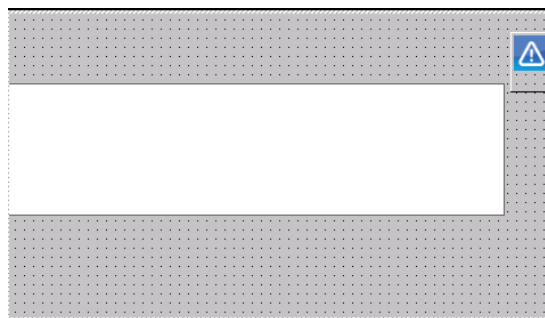


Figura 2.30 Plantilla General.

VARIABLES USADAS EN EL HMI

Para la identificación de fallas y el control de las funciones de la máquina se utilizaron alrededor de 120 variables de varios tipos: booleanas, enteras, de tiempo, array, doble enteras, etc. Cada variable tiene especificado a qué tipo de conexión pertenece, ya sea:

- Variable interna (usada únicamente en el HMI).
- Conexión 1 (PLC Siemens S7 300).
- Conexión 2 (PLC CompactLogix L35E).

Para direccionar las variables del HMI hacia la variable del PLC a la que pertenece, en la conexión 2 basta con colocar el mismo nombre que tiene la variable en el PLC hacia el HMI.

Por ejemplo, la variable del PLC L35E llamada "ALARMA[1]" tendrá la dirección "ALARMA[1]" en el HMI, tal como se muestra en la Figura 2.31.

Nombre	Tabla de variables	Tip..	Conexión	V... ▼	Dirección	Ciclo ...
MAXS Palanca Gomer	Tabla de variable...	Bool	Conexión_2	<N...	ALARMA[1]	1 s

Figura 2.31 Ejemplo de una Variable de la Conexión 2.

Por otra parte, en la Conexión 1, del PLC Siemens, es necesario direccionar la variable especificando el bloque de datos en la que está almacenada y la sección de dicho bloque de datos.

Por ejemplo, en la Figura 2.32 se observa la variable "Horas Trabajo" que está direccionada al bloque de datos número 150 del PLC en la posición 2.

Las variables internas del HMI no disponen de dirección ya que solamente son utilizadas por el panel táctil y no están presentes en los PLC's.

Nombre	Tabla de variables	Tip..	Conexión	V... ▼	Dirección	Ciclo ...
Horas Trabajo	Tabla de variable...	DInt	Conexión_1	<N...	%DB150.DBD2	1 s

Figura 2.32 Ejemplo de una Variable de la Conexión 1.

La tabla de todas las variables utilizadas en el diseño del HMI se puede ver en el Anexo I.

Diseño del Script del HMI

En la Figura 2.21 se muestra la pantalla de ubicación de fallas principales de la máquina, sin embargo, al tener un total de 6 pantallas de ubicación de fallas, tomaría mucho tiempo buscar en cada una de ellas la falla que está impidiendo que la máquina arranque.

Es por ello que fue necesario crear un Script de Visual Basic con el fin de generar condiciones para que cuando una variable de una pantalla en específico se encuentre en falla.

El botón perteneciente a esa pantalla parpadee en dos colores diferentes, con el fin de presentar una alerta visual al operador y minimizar el tiempo de acción ante la falla.

El script diseñado se muestra en el Anexo II.

Administración de Usuarios del HMI

En el HMI, cuando el personal eléctrico autorizado desea acceder a la pantalla de ajustes secundaria, mostrada en la Figura 2.16, se despliega una pantalla que solicita ingresar un usuario y contraseña para acceder a dicha sección, esto con el fin de evitar cambios en las configuraciones de la máquina realizados por error por el operador.

Para lograrlo, fue necesario crear un usuario llamado “mantenimiento” que dispone de privilegios de administrador que le permiten modificar todos los seteos presentes en esa sección, el usuario se puede apreciar en la Figura 2.33.

El usuario permanecerá en línea por 5 minutos, si pasado ese tiempo se ha dejado de usar el panel táctil, automáticamente se cerrará sesión y se solicitará nuevamente el usuario y contraseña, en caso de tratar de acceder a la sección de ajustes.

Usuarios						
	Nombre	Contraseña	Cierre de sesión autom...	Tiempo de cierre de sesió	Número	Comentario
	Admin	*****	<input checked="" type="checkbox"/>	5	1	Administrador
	mantenimiento	*****	<input checked="" type="checkbox"/>	5	2	
	<Agregar>					



Grupos						
	Miembro de	Nombre	Número	Nombre de visualización	Caducidad de l...	Comentario
		Usuarios	1	Grupo (1)	<input type="checkbox"/>	Los usuarios tienen acceso li..
		Administradores	9	Grupo (9)	<input type="checkbox"/>	Los administradores tienen a..
	<Agregar>					

Figura 2.33 Usuarios del HMI.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo, se describirán los resultados y pruebas que han sido realizadas para verificar el funcionamiento del HMI instalado en la máquina elaboradora de tabacos.

Se incluye fotos del panel instalado con la máquina en funcionamiento; además de adjuntar los planos eléctricos de la máquina que fueron actualizados.

3.1. Instalación física del Equipo

Una vez que el panel táctil fue instalado en la máquina, se realizaron las pruebas de funcionamiento en vacío (sin materia prima) para garantizar que en la producción normal de la máquina no existan fallas o inconsistencias.

Para realizar dichas pruebas de funcionamiento, se contó con la presencia del personal eléctrico encargado de la máquina quien verificó los puntos más importantes en el funcionamiento del panel y la máquina.

En el arranque de la producción posterior a la instalación del panel táctil se monitoreó de cerca el funcionamiento de la máquina para evitar inconvenientes.

En la Figura 3.1 se muestra al panel táctil instalado mientras la máquina se encuentra en producción.



Figura 3.1 Panel Táctil Instalado y en Funcionamiento.

3.2 Pruebas de Funcionamiento

Una vez que el panel táctil fue instalado físicamente y se verificó el correcto funcionamiento de la máquina, se realizaron pruebas de funcionamiento de los controles ON/OFF y del posicionamiento de fallas del panel.

Se verificó el funcionamiento de las pantallas para el cambio de seteos en variables internas de la máquina.

Todas las pruebas de funcionamiento fueron supervisadas por el personal responsable de la máquina.

Pruebas de control ON/OFF

Para las pruebas de control ON/OFF se accedió a la sección de “operación” del panel táctil, en la cual existen algunas opciones que pueden ser modificadas por el operador, tales son:

- Funcionamiento con tolva vacía.

Permite que la máquina funcione sin materia prima, con el fin de verificar actuadores o sensores, además de calentar la máquina.

- Encender o apagar el embrague de la tolva.
- Encender o apagar el calefactor.
- Avance de cuchilla manual o automático.

Si se selecciona el avance automático se da un pulso de avance de cuchilla de corte de tabacos por 1.5 segundos, lo que mejora el corte que se tiene en el producto final, en caso de que se haya presentado cortes inconsistentes previamente.

La Figura 3.2 muestra la pantalla de operación de la máquina mientras se encuentra en producción normal, cabe destacar que en los controles ON/OFF el color tomate significa desactivado y el color verde activado.

En dicha pantalla, también se presentan datos de operación como la cantidad de cigarrillos producidos, las horas de trabajo y la temperatura de la máquina.

Los colores usados no pertenecen a una norma, fueron escogidos por la empresa por ser los mismos que utilizan en paneles de otras máquinas, con el fin de tener un estándar en el diseño.

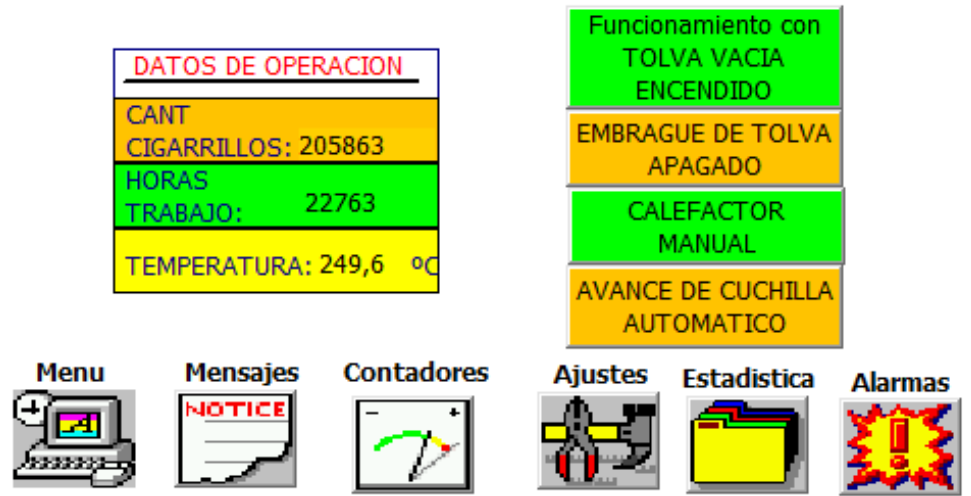


Figura 3.2 Pruebas en Control ON/OFF.

Pruebas de Contadores

En la Figura 3.3 se muestra la sección correspondiente a los contadores de la máquina, en la que se detallan datos de:

- Horas de trabajo de la máquina.
- Bobinas de papel corcho usadas.
- Contador de RBO.
- Número de filtros.
- Contador de rodos.
- Cantidad de cigarrillos producidos.
- Ciclos de avance de cuchilla.
- Número de muestras de control de calidad.

Cada contador es generado en el PLC y el dato de la variable es transmitido al panel táctil, la pantalla de contadores es de carácter informativo y no de control, por lo que será mayormente usada en auditorías o por personal de mantenimiento.

Cuando se necesite resetear alguno de los contadores se puede acceder al programa del PLC y borrarlos manualmente, el personal solicitó que no se agregue la opción de reseteo en el HMI para evitar que sea accionado por error.

CONTADORES

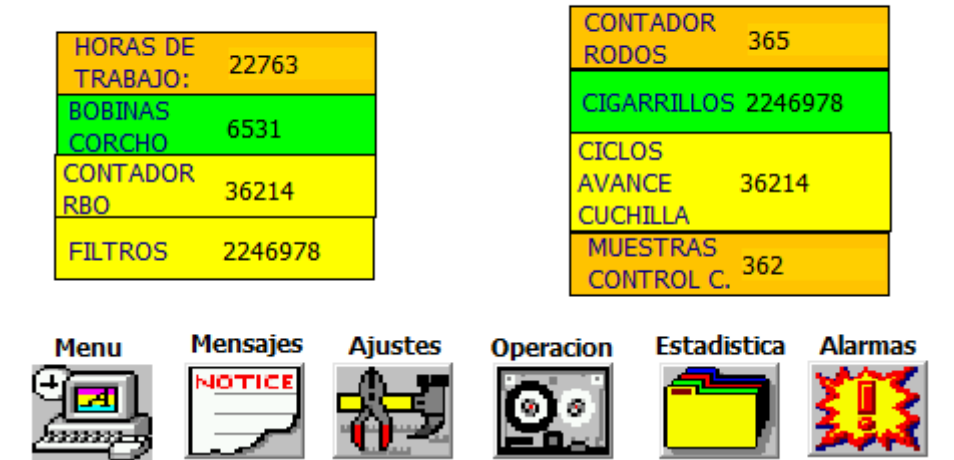


Figura 3.3 Pruebas en los Contadores.

Pruebas en Cambio de Seteos

Para acceder a la pantalla de configuración de seteos, es necesario ingresar un usuario y contraseña que solo es conocido por el personal eléctrico encargado de la máquina, de esta forma, el operador no podrá hacer modificaciones en parámetros internos de la máquina.

La Figura 3.4 muestra la interfaz usada para el ingreso del usuario y contraseña, si los datos ingresados son correctos, la pantalla será desbloqueada y se podrá acceder a ella, caso contrario, se solicitará nuevamente los datos.

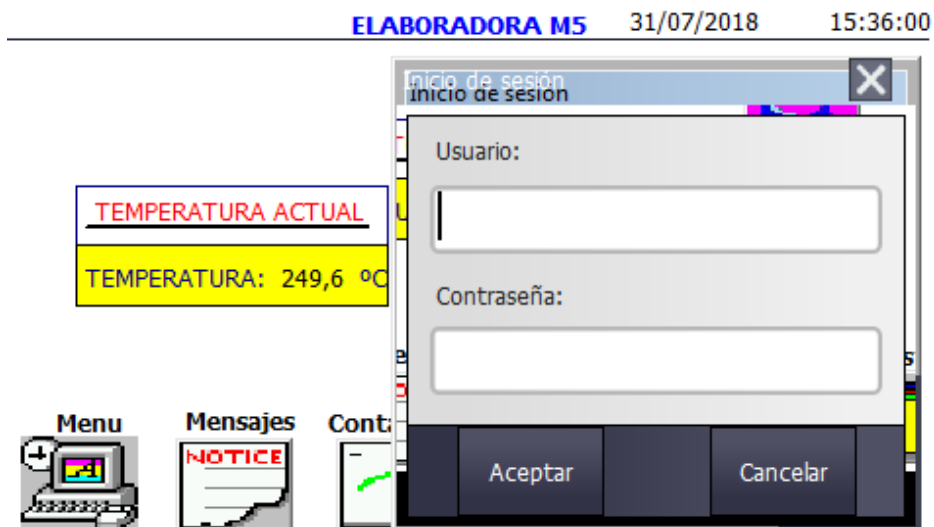


Figura 3.4 Pantalla de Ingreso de Usuario.

Una vez que los datos del usuario han sido ingresados de manera correcta, se accede a la pantalla en la que se podrá modificar los valores de seteo de temperatura de calefactores, tiempo de activación de tinta, tiempo de ciclo de tinta y el ajuste del cartucho.

La pantalla se puede apreciar en la Figura 3.5.

AJUSTE DE TINTA		AJUSTE DE CARTUCHO	
Tiempo de Activación:	1500 mseg.	ACTUAL:	32548
Tiempo de Ciclo:	10000 mseg.	SETEADO:	32564
AJUSTE TEMPERATURA		CICLOS EMPALME PAPEL	
SET TEMPERATURA :	250,0 °C	CIGARRILLO:	120 dos
TEMPERATURA:	249,6 °C	CORCHO:	70 dos
ACTUAL			


Regresar 

Figura 3.5 Pantalla de Modificación de Seteos.

Históricos de Cada Falla

En la Figura 3.6 y Figura 3.7 se aprecian las pantallas de históricos por cada falla, en ellas se presentan contadores de cada vez que se ha parado la máquina debido a un problema específico.

Cabe destacar que solamente están adjuntas las fallas más propensas a ocurrir para evitar datos muy extensos y confusos. En total se muestran 6 contadores de fallas, con la posibilidad de añadir nuevos contadores si el usuario lo solicita.

ELABORADORA M5 31/07/2018 15:42:08	
NÚMERO DE FALLAS POR MOTORES	455
NÚMERO DE FALLAS POR ROTURA DE VARILLA	18123
NÚMERO DE FALLAS POR FALTA DE FILTROS	5023
NÚMERO DE FALLAS POR FALTA ABULTAMIENTO GOMA	15185



 Menu	 Mensajes	 Contadores	 Ajustes	 Estadística	 Alarmas
--	--	--	---	--	---

Figura 3.6 Pruebas en Históricos por Falla 1.

NÚMERO DE FALLAS POR ROTURA DE PAPEL	4152
NÚMERO DE FALLAS POR PUNTAS FLOJAS	4662596



Figura 3.7 Prueba en Histórico por Falla 2.

Pruebas de la Plantilla de Información de Fallas

Cuando alguna falla es presentada en la máquina, inmediatamente entra en funcionamiento la plantilla de información de fallas, que permite conocer de una manera rápida cuál fue el problema por el cual la máquina no puede arrancar, además informa el número de fallas activas en ese momento.

Para probar la plantilla, se generaron fallas abriendo compuertas de seguridad en la máquina.

Se puede observar en la Figura 3.8 que la plantilla informa los datos que produjeron el paro de la máquina.

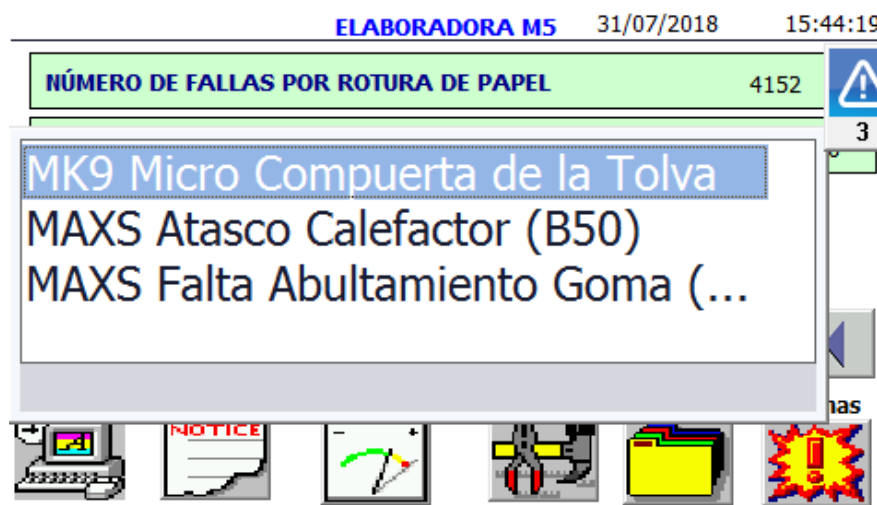


Figura 3.8 Pruebas en la Plantilla de Información de Fallas.

Pruebas en la Ubicación de Fallas

La función más importante que desempeña el panel táctil en la máquina es ubicar las fallas que han generado un paro, se realizaron varias pruebas de funcionamiento de esta sección accionando manualmente los sensores que detectan fallas para verificar que el panel táctil lo refleje en la pantalla.

En la Figura 3.9 y Figura 3.10 se pueden ver ejemplos de la manera en la que se muestra la ubicación cuando una falla está activa en la máquina.

En la parte inferior de la pantalla se puede apreciar que se presenta de distinto color la sección que tiene fallas activas en ese momento, de esta forma se puede buscar más rápidamente la falla.

Se dispone de 5 secciones de ubicación de fallas debido a que existen alrededor de 60 fallas, por lo que es necesario mucho espacio para ubicarlas a todas.

Cada falla que se encuentre activa en la máquina será ubicada en el gráfico correspondiente a la máquina, con el fin de dar una ayuda visual al operador de la máquina para encontrar y solucionar de manera oportuna la falla.

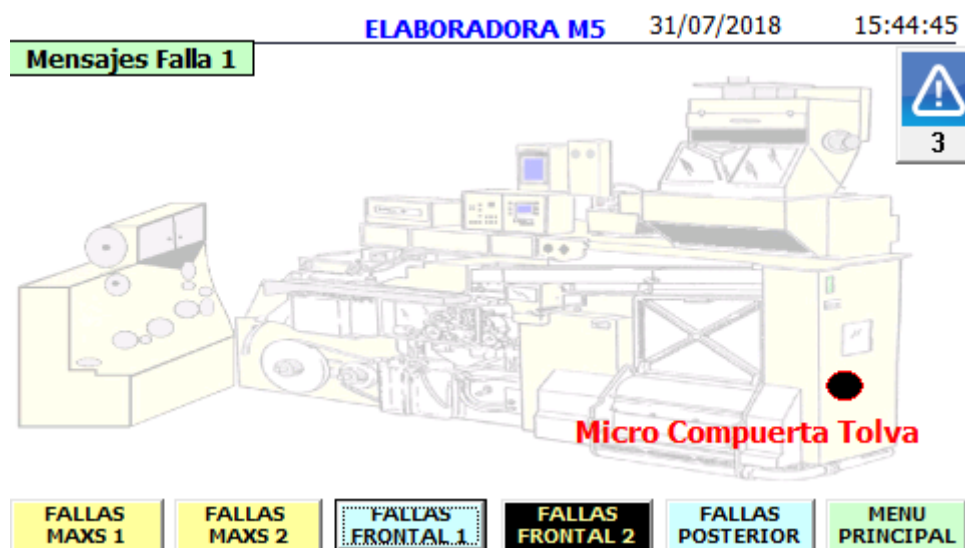


Figura 3.9 Prueba de Ubicación de Fallas en MK9.

La Figura 3.10 muestra un ejemplo de la ubicación de una falla “Micro Guarda HCF”, que corresponde a la sección MAXS de la máquina.

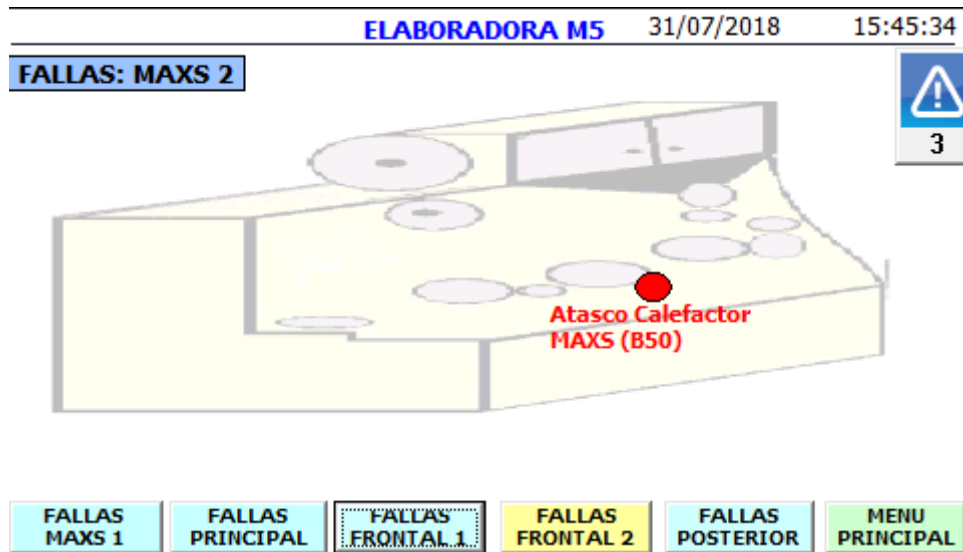


Figura 3.10 Prueba de Ubicación de Fallas en MAXS.

Pruebas de la Pantalla de Alarmas

En la Figura 3.11 se aprecia la prueba en la pantalla de alarmas de la máquina, para realizar la prueba, se activaron manualmente algunas de las fallas que suelen ocurrir en el equipo.

Se presenta información acerca del número de falla, la hora y fecha a la que ocurrió y el texto que especifica cuál es el problema.

Cuando la falla haya sido solucionada, automáticamente desaparecerá el mensaje de falla en la pantalla, sin necesidad de borrarla manualmente.



Figura 3.11 Prueba en la Pantalla de Alarmas.

Pruebas de la Pantalla de Estadística

La pantalla de estadística, muestra una memoria de las alarmas ocurridas durante la producción de la máquina, a pesar de que no se encuentren activas al momento de revisar la sección.

También se muestra información acerca de los intentos que se ha tenido al ingresar la contraseña del usuario en la sección de ajustes de la máquina.

Cada evento es guardado con la hora y fecha en que ocurrió, tal como se indica en la Figura 3.12.

ELABORADORA M5 31/07/2018 15:48:02

Nº	Hora	Fecha	Texto
77	15:47:36	31/07/2018	MAXS Guardmotor Cuchillas (C
70	15:44:16	31/07/2018	MAXS Rodillo de Arrastre Papi
1	15:44:11	31/07/2018	MK9 Micro Compuerta de la T
73	15:43:33	31/07/2018	MAXS Atasco Calefactor (B50
70	15:43:31	31/07/2018	MAXS Rodillo de Arrastre Paper...
71	15:43:31	31/07/2018	MAXS Falta Abultamiento Goma (...)
260000	15:36:58	31/07/2018	Contraseña o nombre de usuario...
260000	15:36:33	31/07/2018	Contraseña o nombre de usuario...
70018	15:29:11	31/07/2018	Importación de la administración...

Menu Mensajes Contadores Operacion Ajustes Alarmas

Figura 3.12 Prueba en la Pantalla de Estadística.

3.3 Programación de los PLC's del sistema

Para comunicar al HMI instalado en la máquina con los dos PLC's del sistema, fue necesario revisar y modificar la programación correspondiente a las secciones de comunicación e información de fallas del sistema.

El PLC de Siemens, que se comunica mediante MPI al panel táctil, fue programado con el software STEP 7 versión 5.5, mientras que el PLC de marca Allen Bradley, fue programado utilizando el software Rslogix 5000.

Para modificar los programas de los PLC's fue necesario el uso de software que cuenta con las licencias respectivas de funcionamiento, por lo que se la realizó en la computadora del taller eléctrico de la empresa, la cual cuenta con todos los permisos correspondientes.

En ambos PLC's, la lógica que se siguió para la comunicación se basa en comprobar en todo momento si se genera una falla en la máquina, de ser así, se procede a detener la máquina e informar al HMI cuál sensor o variable generó el problema para poder mostrar su ubicación e información correspondiente.

El diagrama de flujo que representa la programación de los PLC's en la sección de comunicación con el HMI se puede apreciar en la Figura 3.13.

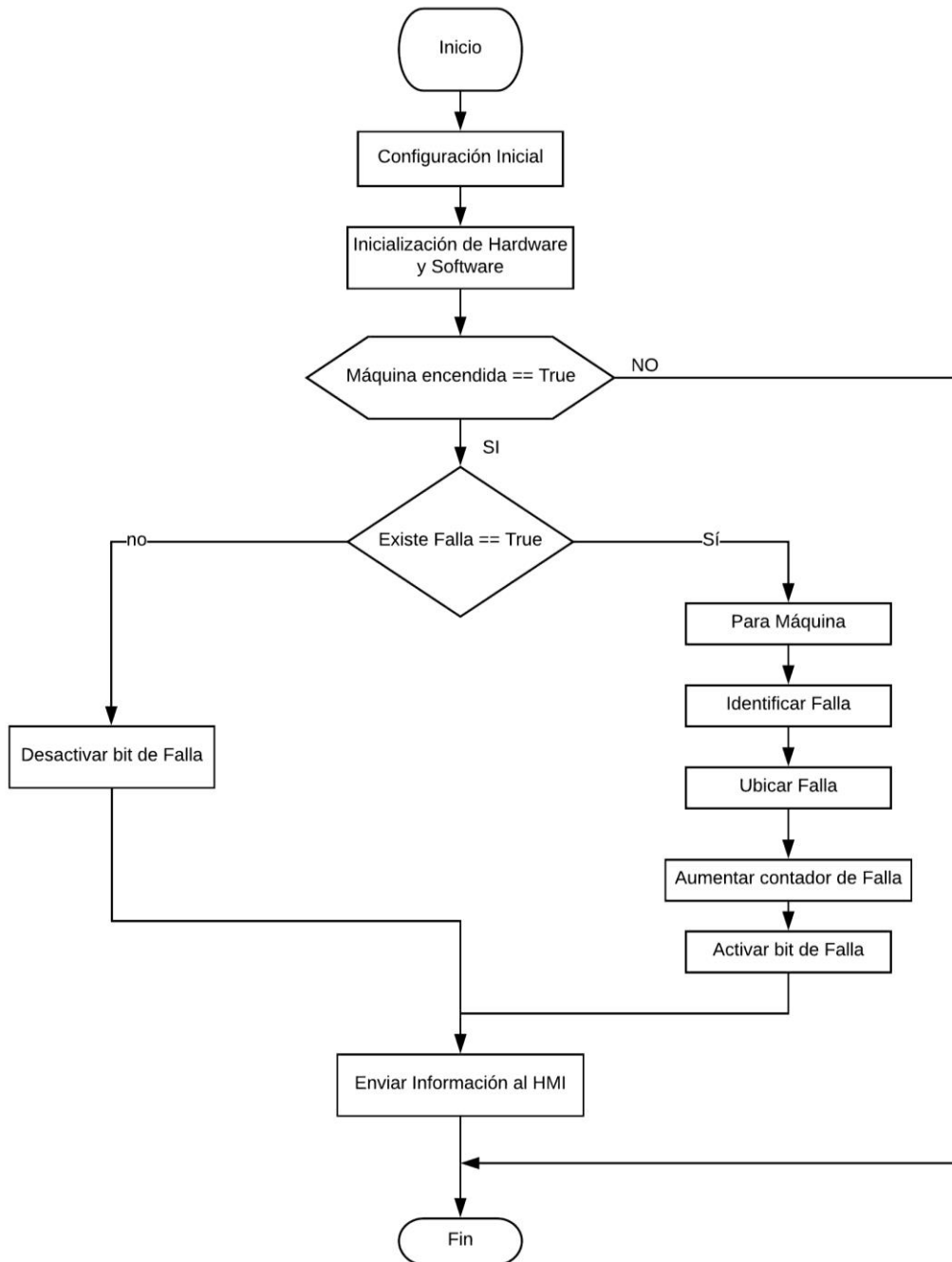


Figura 3.13 Diagrama de Flujo de la programación en los PLC's.

Programación del PLC L35E

En el programa del PLC L35E se dispone de una sección llamada “MENSAJES_ALARMA” en la que se ha realizado la programación necesaria para recoger los datos de las entradas del PLC que informan acerca de una falla en el sistema.

Cada dato recogido activa una bobina que se usa para comunicar al HMI acerca de la falla, además se dispone de una memoria para que la bobina únicamente sea borrada al presionar un botón físico de “reset” en la máquina.

En la Figura 3.14 se puede apreciar tres ejemplos de fallas de la máquina, cada una de ellas activa una bobina diferente para informar al HMI y tienen una memoria que es reseteada por el contacto “Reset desde MK9”.

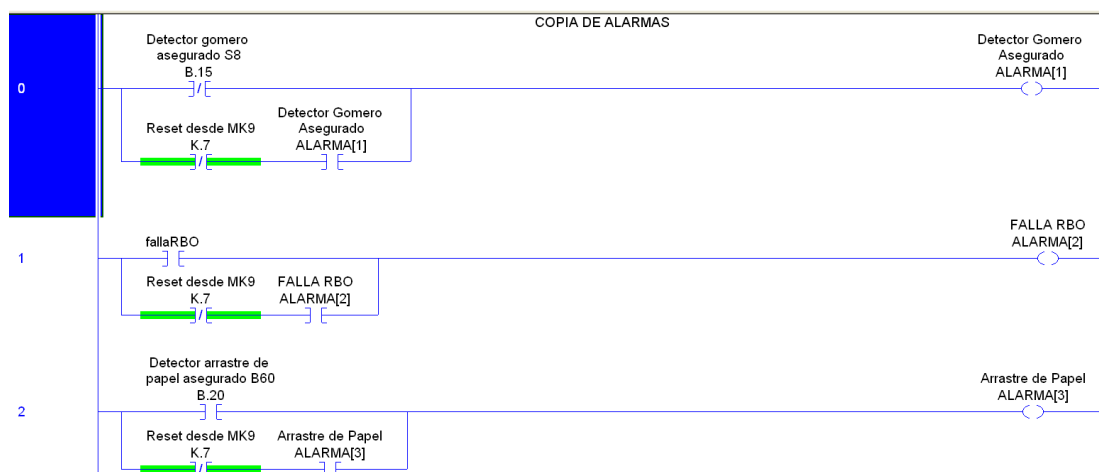


Figura 3.14 Programación de fallas en en el PLC L35E.

Luego de tener activas las bobinas que indican fallas en el sistema, se activa un temporizador de alarmas con el fin de verificar cada segundo si existen nuevas fallas e informar oportunamente al PLC S7-300 y al HMI, tal como se muestra en la Figura 3.15.

Finalmente al tener identificadas todas las fallas activas en el sistema, se procede a enviar la información al HMI, además se usan contactos normalmente cerrados de las bobinas de falla para evitar que la máquina pueda ser encendida sin que antes se solucionen los problemas presentes.

El PLC L35E dispone de aproximadamente 40 entradas directamente destinadas a sensores para la identificación de fallas de la máquina. Las entradas están distribuidas entre los 6 SLOTS de entradas del PLC.

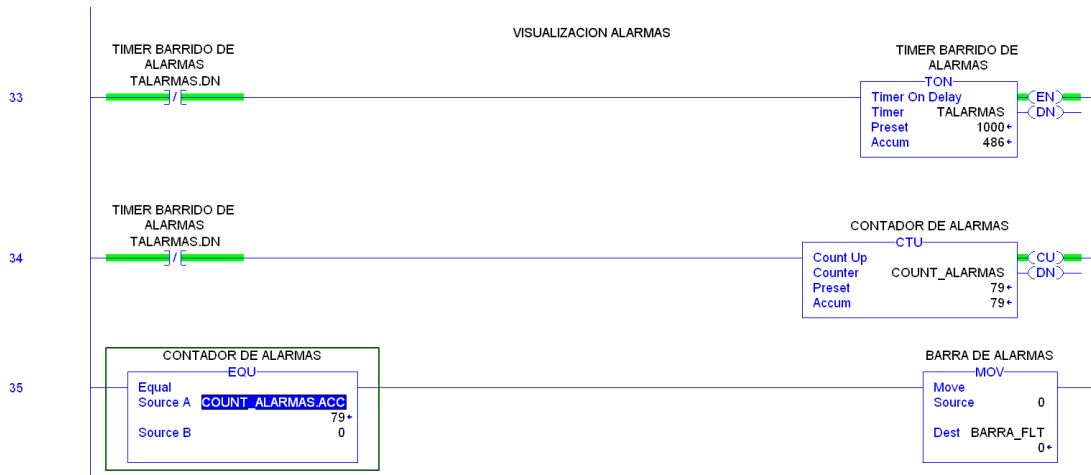


Figura 3.15 Temporizador de barrido de alarmas.

Programación del PLC S7-300

La programación del PLC S7-300 se la realizó en el Software Simatic Manager v5.5, al tratarse de un PLC antiguo, el programa de la máquina está basado en el lenguaje de bloques de datos combinados con lenguaje ladder y listas de instrucciones "AWL".

Para la programación de las variables de falla de la máquina, se utilizó una subrutina que activa una bobina por cada sensor que detecte una falla, también se genera una memoria para dicha bobina.

La subrutina se puede apreciar en la Figura 3.16.

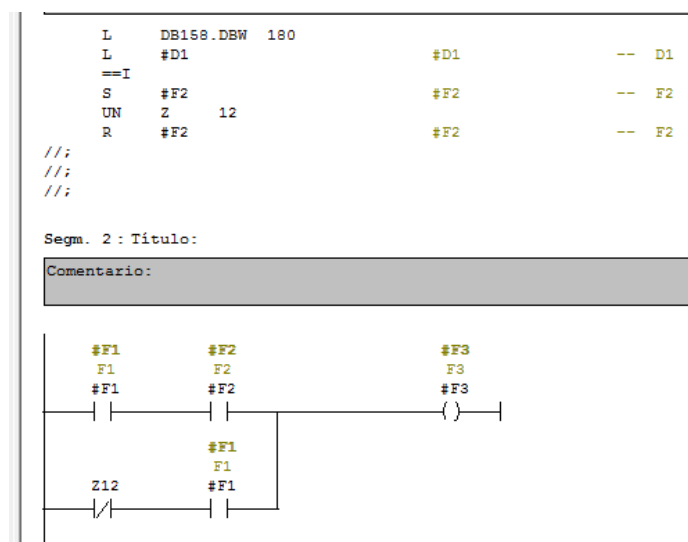


Figura 3.16 Subrutina para fallas en PLC S7-300.

Al tener lista la subrutina, para cada una de los sensores que detectan una falla es necesario llamar a la subrutina y definir cuáles son las entradas y salidas, de esta forma se tendrá activa la bobina que va a informar posteriormente al HMI la presencia de la falla para poder visualizarla en la pantalla. En la Figura 3.17 se aprecian tres ejemplos de la utilización de la subrutina.

```

Comentario:

CALL FC 111
F1:="m59.2"           M59.2           -- Rodillo de corcho
F2:="M92.5
D1:=105
F3:="M41.6

Segm. 11 : Mjs 8: Contactor de tolva desconectado
Comentario:

CALL FC 111
F1:="MMP"             M167.0           -- Marca del Micro Compuerta Motor Principal MK9
F2:="M92.4
D1:=104
F3:="M41.7

Segm. 12 : Mjs 9: Contactor ventiladores MK9 desconectado
Comentario:

CALL FC 111
F1:="MVF"             M165.3           -- Marca Ventilador en Funcionamiento
F2:="M92.3
D1:=103
F3:="M40.0

```

Figura 3.17 Ejemplos de programación de fallas en PLC S7-300.

3.4 Planos Eléctricos de la máquina

Una vez que se estandarizó los nombres de los sensores de la máquina, se modificó la programación en los PLC's y se probó el correcto funcionamiento de la ubicación de las fallas en el HMI, se procedió a modificar los planos eléctricos de la máquina en los que intervengan variables utilizadas en el panel táctil.

Todos los planos que se modificaron fueron revisados por el personal eléctrico responsable de la máquina, una vez aceptados, se los colocó en el servidor de la empresa, con el fin de que en nuevas modificaciones futuras se disponga de planos actualizados.

En el Anexo III se pueden apreciar los planos de la máquina que fueron modificados.

Los planos modificados son:

- Sección MAXS, entradas digitales, slot 1.

- Sección MAXS, entradas digitales, slot 2.
- Sección MAXS, entradas digitales, slot 5.
- Sección MAXS, entradas digitales, slot 6.
- Sección MAXS, entradas digitales, slot 8.

En cada uno de los planos se verificó el conexionado de los dispositivos, las direcciones de referencias cruzadas, el nombre y símbolo del dispositivo.

4. CONCLUSIONES

4.1 Conclusiones

- Se diseñó e implementó satisfactoriamente el sistema para el monitoreo, información de fallas y control de la máquina elaboradora de tabacos, dando al sistema una comunicación exitosa con ambos PLC's de la máquina.
- El sistema implementado permite reducir el tiempo de actuación cuando una falla se presenta en la máquina, al ubicar físicamente y tener plenamente identificadas las fallas más propensas a ocurrir.
- Cada una de las variables de falla, control y monitoreo del sistema fueron organizadas y etiquetadas con nombres claros, también se comprobó el funcionamiento de todos los sensores de la máquina para tener un monitoreo y control del sistema óptimo.
- Se consiguió independizar la red comunicación del panel táctil instalado hacia cada uno de los PLC's del sistema, por lo que se crearon dos redes: una con comunicación MPI y otra Ethernet, de esta forma, todos los sensores que detectan una falla en ambos PLC's del sistema están conectados al HMI para su posterior visualización.
- Para realizar la programación de los PLC's en las secciones que intervienen con la comunicación del HMI fue necesario utilizar una laptop marca Siemens Field PG, ya que cuenta con todas las licencias de funcionamiento de los programas utilizados: RsLogix5000, Simatic Manager y TIA PORTAL V13.
- La estandarización de nombres de variables y sensores en los planos eléctricos, programas de los PLC's y HMI de la máquina, permite un mejor desempeño para la detección e identificación de fallas en el sistema.
- El desarrollo de 16 pantallas en el HMI permitió mejorar el monitoreo e identificación de fallas en el sistema, ya que se cuenta con una respuesta mucho más rápida ante la aparición de fallas en la máquina y su posterior solución.
- La identificación física de alrededor de 60 sensores que generan un paro de la máquina ha ayudado a los operadores a resolver en menor tiempo los problemas que se presentan comúnmente en producción.

- Cada pantalla incluida en el diseño del panel táctil, así como todo su contenido, fue revisado y aprobado por personal encargado de la máquina en la empresa, por lo que, se garantiza que cumple con los requerimientos y expectativas del usuario final del sistema.
- El uso de los colores para identificar fallas, botones activados o desactivados y alertas, fue seleccionado por el personal de la empresa, esto con el fin de mantener un estándar con los HMI's de máquinas similares que se dispone en la empresa.
- Las nuevas puertas instaladas para el soporte del HMI y los botones aledaños de control de la máquina, aumentan la seguridad al operador mientras manipula el sistema al evitar problemas de aperturas inesperadas de las puertas, tal como sucedía antes de realizar el cambio.
- La plantilla principal de fallas es una forma rápida de obtener información cuando la máquina tiene un error y se genera un paro de la misma; sin embargo, si se presentan muchas fallas a la vez, la sección de fallas del HMI presenta información más detalla para el operador.
- Los planos eléctricos que se modificaron fueron grabados de manera digital en el servidor online de la empresa, con el fin de que si se realizan nuevas modificaciones en la máquina se disponga de toda la información actualizada acerca de las entradas y salidas de los PLC's.

4.2 Recomendaciones

- Es recomendable que el diseño de las pantallas del HMI sea lo más simple posible para que no sature visualmente al operador y se convierta en una herramienta que ayude a la productividad de la máquina.
- Es importante agregar comentarios en la programación de los PLC's y HMI para verificar y depurar en un futuro el funcionamiento del código escrito, además de dar la posibilidad de que personas ajenas al código se familiaricen fácilmente.
- Se recomienda tener un respaldo online de los programas de los PLC's y HMI del sistema para garantizar la estabilidad de la producción en casos extremos donde se necesite cargar de emergencia los programas por fallas de energía o daños en los PLC's.

- Es necesario verificar el estándar de colores utilizados en el diseño de HMI's, sin embargo, se debe dar prioridad al requerimiento del usuario final en cuanto a la preferencia del diseño.
- Se debe verificar profundamente el funcionamiento del sistema luego de realizar alguna modificación en los programas de los PLC's de una máquina en producción, para evitar problemas en el producto final.
- Es conveniente proteger con una contraseña las funciones de configuración del HMI que no correspondan al operador de la máquina, con el fin de evitar modificaciones involuntarias por parte del operador.
- Es necesario tener un puerto de red libre en todo momento con el fin de conectarse con la computadora de diseño, en caso de ser necesarias modificaciones en el sistema.
- Las direcciones IP de los equipos en el sistema deben estar identificadas físicamente con un sticker, de esta forma, se evita que existan conflictos al conectar una computadora a la red y usar por error la misma dirección IP que la de uno de los dispositivos.
- En lo posible, se debe usar paneles táctiles de gran tamaño para ayudar al operador a visualizar y monitorear el sistema, sin embargo, depende del factor económico de la empresa, ya que el precio de los paneles táctiles suele aumentar de manera directamente proporcional al tamaño de su pantalla.
- Se debe incluir información del desarrollador del diseño del HMI dentro de una de las pantallas, tal como el nombre de la empresa, números de contacto y dirección de oficina, con el fin de proveer soporte futuro en caso de ser solicitado por el usuario.
- Cada programa usado en la programación de los PLC's y HMI debe tener la licencia correspondiente para ser utilizado, con el fin de evitar cualquier problema legal con los proveedores de los equipos.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] «Fundación InterAmericana del Corazón Argentina,» [En línea]. Available: http://www.ficargentina.org/index.php?option=com_content&view=category&id=13&Itemid=27&lang=es. [Último acceso: 18 12 2017].
- [2] «Statista,» [En línea]. Available: <https://es.statista.com/estadisticas/519346/facturacion-de-la-industria-de-fabricacion-de-productos-de-tabaco-union-europea/>. [Último acceso: 24 12 2017].
- [3] «Philip Morris International,» 2016. [En línea]. Available: https://www.pmi.com/resources/docs/default-source/pmi-sustainability/pmi_sustainability_report_2016.pdf?sfvrsn=143382b5_2&utm_source=Facebook&utm_campaign=__Global_Global__20171215. [Último acceso: 18 12 2017].
- [4] R. Gallegos, «Monografias,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos94/que-es-tabaco/que-es-tabaco.shtml>. [Último acceso: 18 12 2017].
- [5] «Qué!,» [En línea]. Available: <http://www.que.es/ultimas-noticias/economia/fotos/campesino-trabaja-plantacion-tabaco-danli-f183673.html>. [Último acceso: 24 12 2017].
- [6] «Periódicos de Venezuela,» 9 9 2017. [En línea]. Available: <http://www.periodicosvenezuela.com.ve/2017/09/sorpresa-del-nuevo-precio-de-los.html#axzz52DnhLwtf>. [Último acceso: 24 12 2017].
- [7] M. T. Machinery, «Molins,» [En línea]. Available: <http://www.molinstm.com/media/466451/MK9-Classic-brochure.pdf>. [Último acceso: 18 12 2017].
- [8] J. Montalvo y M. Wilian, Diseño e Implementación de un Sistema SCADA para control del proceso de un módulo didáctico de montaje Festo utilizando un PLC y una pantalla HMI, caso práctico: En el laboratorio de Automatización de la FIE, Riobamba, 2011.
- [9] F. Lojan y D. Iñiguez, Diseño de un sistema HMI/SCADA para una planta de casificación con Visión Artificial, Cuenca, 2009.
- [10] J. Grueso, Implementación de una Interfaz HMI para la operación del Módulo Control de Procesos del Laboratorio de Robótica, Bogotá, 2008.
- [11] «Itunes,» [En línea]. Available: <https://itunes.apple.com/uy/app/remote-hmi/id441915586?l=es&mt=8>. [Último acceso: 24 12 2017].

- [12] L. Arenas, A. Castilla y D. Rojas, «Scribd,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.scribd.com/doc/85749234/Interfaz-Hombre-Maquina-HMI>. [Último acceso: 19 12 2017].
- [13] O. Leal, «Scribd,» 09 2012. [En línea]. Available: <https://www.scribd.com/document/107186058/Conceptos-de-Hmi>. [Último acceso: 19 12 2017].
- [14] «Bandageek,» [En línea]. Available: <https://bandageek.com/2016/09/interfaz-linea-comandos-ventajas-desventajas/>. [Último acceso: 24 12 2017].
- [15] A. Mancilla, «alvaromancilla,» [En línea]. Available: <https://alvaromancilla.wordpress.com/dss-600/>. [Último acceso: 24 12 2017].
- [16] «infoPLC,» 1 3 2016. [En línea]. Available: <http://www.infoplcn.net/actualidad-industrial/item/103193-mercado-hmi-tactil-industria-4-0>. [Último acceso: 24 12 2017].
- [17] H. Inbacuan, «Scribd,» 07 2017. [En línea]. Available: <https://www.scribd.com/document/353903343/Ventajas-y-Desventajas-de-Tipos-de-Hmi>. [Último acceso: 19 12 2017].
- [18] «Electro Industria,» 2007. [En línea]. Available: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=837>. [Último acceso: 20 12 2017].
- [19] INCIBE, «Certs,» 23 07 2015. [En línea]. Available: <https://www.certs.es/blog/evolucion-software-sci>. [Último acceso: 20 12 2017].
- [20] B. Larraioz, «Larraioz Elektronika,» 2010. [En línea]. Available: <http://larraioz.com/articulos/pasado-presente-y-futuro-de-las-interfaces-hmi-2>. [Último acceso: 20 12 2017].
- [21] F. Gómez, «Lindedin,» 5 9 2015. [En línea]. Available: <https://es.linkedin.com/pulse/cu%C3%A1-es-la-diferencia-entre-scada-y-hmi-felipe-g%C3%B3mez-arango>. [Último acceso: 21 12 2017].
- [22] A. Rosales, *¿Qué es un SCADA?*, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2012.
- [23] «uniovi,» [En línea]. Available: <http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/Introduccion%20SCADAS%20y%20HMI.pdf>. [Último acceso: 24 12 2017].
- [24] «Siemens,» 9 7 2012. [En línea]. Available: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/63258110/?lc=fr-WW>. [Último acceso: 24 12 2017].
- [25] R. Cobo, *El ABC de la Automatización*, 2015.

- [26] D. Romero, *Introducción a las Aplicaciones Industriales de Procesamiento Digital de Datos*, eci, 2011.
- [27] «Matrikon,» [En línea]. Available: <http://matrikonopc.es/opc-servidor/index.aspx>. [Último acceso: 30 12 2017].
- [28] «Wikipedia,» [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/OPC>. [Último acceso: 30 12 2017].
- [29] «Culturacion,» [En línea]. Available: <http://culturacion.com/que-son-los-scripts/>. [Último acceso: 2 1 2018].
- [30] Siemens, «Siemens,» [En línea]. Available: [https://support.industry.siemens.com/cs/document/59885894/which-vbs-information-and-vbs-programming-tools-are-there-in-wincc-\(tia-portal\)?lc=en-WW](https://support.industry.siemens.com/cs/document/59885894/which-vbs-information-and-vbs-programming-tools-are-there-in-wincc-(tia-portal)?lc=en-WW). [Último acceso: 2 1 2018].
- [31] M. Moreno, *Controlador Lógico Programable (PLC)*, Buenos Aires: Automación Micromecánica s.a.i.c..
- [32] «Alibaba,» [En línea]. Available: https://www.alibaba.com/product-detail/SIEMENS-S7-300-SIMATIC-S7-300_1167311838.html. [Último acceso: 3 1 2018].
- [33] «Automation International,» [En línea]. Available: <http://www.automationint.com/productos/plc-compactos/plc-compactos/plc-compactos-serie-fx-fx3u/>. [Último acceso: 8 3 2018].
- [34] M. E. Works. [En línea]. Available: <http://www.mewdevenezuela.com/productos/plc/PLCModularesQ.htm>. [Último acceso: 8 3 2018].
- [35] «Electro Industria,» [En línea]. Available: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=562>. [Último acceso: 3 1 2018].
- [36] J. López, *Profibus*, Universidad de Vigo.
- [37] «Siemens,» 19 4 2012. [En línea]. Available: <https://support.industry.siemens.com/tf/WW/en/posts/profibus-as-a-mpi/72648?page=0&pageSize=10>. [Último acceso: 4 1 2018].
- [38] E. Fábregas, *Ethernet/IP*, Zaragoza: Rockwell Automation, 2009.
- [39] «Siemens,» [En línea]. Available: <https://support.industry.siemens.com/cs/pd/113014?pdti=pi&lc=en-WW>. [Último acceso: 8 1 2018].
- [40] «exemys,» [En línea]. Available: <https://www.exemys.com/beta/espanol/pdf/notas%20de%20aplicacion/NA10%20-%20CAS%20-%20N%20->

%20Monitoreo%20remoto%20de%20procesos%20industriales.pdf. [Último acceso: 24 12 2017].

- [41] «Directindustry,» [En línea]. Available: <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/modulo-comunicacion-gsm-211937.html>. [Último acceso: 24 12 2017].

6. ANEXOS

En esta sección, se presentan los anexos que fueron nombrados en el documento, los cuales son:

ANEXO I. Tabla de variables usadas en el HMI

ANEXO II. Script de programación del HMI

ANEXO III. Planos eléctricos modificados de la máquina

ANEXO IV. Manual de Usuario

ANEXO I

Tabla de variables usadas en el HMI:

Tabla I.1 Tabla de variables del HMI.

Name	Connection	DataType	Address
Embrague	Conexión_1	Bool	%DB300.DBX10.0
Varilla Sp	Conexión_1	Real	%DB101.DBDO
Mensajes	Conexión_1	Array [0..6] of Int	%M40.0
Varilla Vp	Conexión_1	Real	%DB101.DBDO4
Rotary_2	<No Value>	Bool	<No Value>
Calefac_Manual ev	Conexión_1	Bool	%DB300.DBX10.2
Rotary_1	<No Value>	Bool	<No Value>
zClave	<No Value>	WString	<No Value>
zUser	<No Value>	WString	<No Value>
Tolva hebra vacia	Conexión_1	Bool	%DB300.DBX10.1
MAXS Palanca Gomero	Conexión_2	Bool	ALARMA[1]
MAXS Falla RBO	Conexión_2	Bool	ALARMA[2]
MAXS Arrastre Papel	Conexión_2	Bool	ALARMA[3]
MAXS Rotura Papel Corcho	Conexión_2	Bool	ALARMA[4]
MAXS Falta Filtros	Conexión_2	Bool	ALARMA[5]
MAXS Atasco Filtros	Conexión_2	Bool	ALARMA[6]
MAXS Posición Gomero	Conexión_2	Bool	ALARMA[7]
MAXS Guarda Principal	Conexión_2	Bool	ALARMA[8]
MAXS Paro de Emergencia	Conexión_2	Bool	ALARMA[10]
MAXS Posicion Calefactor	Conexión_2	Bool	ALARMA[11]
MAXS Paro desde Maxs	Conexión_2	Bool	ALARMA[12]
MAXS Abultamiento Goma	Conexión_2	Bool	ALARMA[13]
MAXS Ventilador Apagado	Conexión_2	Bool	ALARMA[14]
MAXS Guardmot Ventilador	Conexión_2	Bool	ALARMA[15]
MAXS Guardmot Bomba Goma	Conexión_2	Bool	ALARMA[16]
MAXS Guardmot Agitador	Conexión_2	Bool	ALARMA[17]
MAXS Guardmot Cambiabobinas	Conexión_2	Bool	ALARMA[18]
MAXS Guardmot Cuchillas	Conexión_2	Bool	ALARMA[19]
MAXS Atasco Calefactor	Conexión_2	Bool	ALARMA[20]
MAXS Realiment. Ventilador	Conexión_2	Bool	ALARMA[21]
MAXS Realiment. bomba Goma	Conexión_2	Bool	ALARMA[22]
MAXS Realiment. Agitador	Conexión_2	Bool	ALARMA[23]
MAXS Realiment. Cambia bobina	Conexión_2	Bool	ALARMA[24]
MAXS Realiment. Cuchilla 1	Conexión_2	Bool	ALARMA[25]
MAXS Realiment. Cuchilla 2	Conexión_2	Bool	ALARMA[26]

MAXS Bobina corcho terminada	Conexión_2	Bool	ALARMA[27]
MAXS Paro Oscar	Conexión_2	Bool	ALARMA[28]
MAXS Compuerta Motor Cuchilla	Conexión_2	Bool	ALARMA[0]
MAXS Micro Guarda Superior	Conexión_2	Bool	ALARMA[29]
MAXS Micro Guarda hcf	Conexión_2	Bool	ALARMA[30]
MAXS Bandeja Derecha	Conexión_2	Bool	ALARMA[31]
MAXS Bandeja Izquierda	Conexión_2	Bool	ALARMA[32]
MAXS Tambor Introdutor	Conexión_2	Bool	ALARMA[33]
Ciclos	Conexión_1	Real	%DB11.DBDO
Horas Trabajo	Conexión_1	DInt	%DB150.DBDO2
MAXS Micro Guarda Superior(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Abultamiento Goma(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Arrastre Papel(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Atasco Calefactor(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Atasco Filtros(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Bandeja Derecha(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Bandeja Izquierda(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Bobina corcho terminada(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Compuerta Motor Cuchilla(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Falla RBO(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Falta Filtros(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Guarda Principal(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Guardmot Agitador(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Guardmot Bomba Goma(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Guardmot Cambiabobinas(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Guardmot Cuchillas(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Guardmot Ventilador(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Micro Guarda hcf(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Palanca Gomer(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Paro de Emergencia(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Paro desde Maxs(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Paro Oscar(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Posicion Calefactor(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Posición Gomer(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Realiment. Agitador(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Realiment. bomba Goma(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Realiment. Cambia bobina(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Realiment. Cuchilla 1(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Realiment. Cuchilla 2(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Realiment. Ventilador(1)	<No Value>	Int	<No Value>

MAXS Rotura Papel Corcho(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Tambor Introdutor(1)	<No Value>	Int	<No Value>
MAXS Ventilador Apagado(1)	<No Value>	Int	<No Value>
Parpadeo1	<No Value>	Bool	<No Value>
Parpadeo2	<No Value>	Bool	<No Value>
Parpadeo3	<No Value>	Bool	<No Value>
Parpadeo4	<No Value>	Bool	<No Value>
Parpadeo5	<No Value>	Bool	<No Value>
Parpadeo6	<No Value>	Bool	<No Value>
Parpadeo7	<No Value>	Bool	<No Value>
Parp1	<No Value>	Bool	<No Value>
Parp2	<No Value>	Bool	<No Value>
Parp3	<No Value>	Bool	<No Value>
Parp4	<No Value>	Bool	<No Value>
Parp5	<No Value>	Bool	<No Value>
Parp6	<No Value>	Bool	<No Value>
Parp7	<No Value>	Bool	<No Value>
Parp8	<No Value>	Bool	<No Value>
Parp9	<No Value>	Bool	<No Value>
Parp10	<No Value>	Bool	<No Value>
Parp11	<No Value>	Bool	<No Value>
Parp12	<No Value>	Bool	<No Value>
Parp13	<No Value>	Bool	<No Value>
Parp14	<No Value>	Bool	<No Value>
Parp15	<No Value>	Bool	<No Value>
Cont_Filtros	Conexión_2	DInt	CONTADORES[1].ACC
Cont_Cigarrillos	Conexión_2	DInt	CONTADORES[3].ACC
Cont_MuestrasCC	Conexión_2	DInt	CONTADORES[2].ACC
Cont_BobinasCorcho	Conexión_2	DInt	CONTADORES[4].ACC
Cont_RBO	Conexión_2	DInt	CRBO.ACC
Cont_Rodos	Conexión_2	DInt	CONTADORES[0].ACC
Cont_CicloAvanCuchi	Conexión_2	DInt	ciclos.ACC
Estadistica0	Conexión_2	DInt	ESTADISTICAS[0].ACC
Estadistica1	Conexión_2	DInt	ESTADISTICAS[1].ACC
Estadistica2	Conexión_2	DInt	ESTADISTICAS[2].ACC
Estadistica3	Conexión_2	DInt	ESTADISTICAS[3].ACC
Estadistica4	Conexión_2	DInt	ESTADISTICAS[4].ACC
Estadistica6	Conexión_2	DInt	ESTADISTICAS[6].ACC
Tinta Activacion	Conexión_1	S5Time	%DB4.DBW4
Tinta Ciclo	Conexión_1	S5Time	%DB4.DBW14
Tinta Cartucho sp	Conexión_1	Int	%DB4.DBW0
Tinta Cartucho vp	Conexión_1	Int	%DB4.DBW2

Parp16	<No Value>	Bool	<No Value>
Parp17	<No Value>	Bool	<No Value>
Parp18	<No Value>	Bool	<No Value>
Avance_cuch	Conexión_1	Bool	%DB300.DBX10.4

ANEXO II

Script de programación del HMI:

```
Sub FuncionVB_1()
```

```
If SmartTags("MAXS Micro Guarda hcf")=True Or SmartTags("MAXS Tambor Introdutor")=True Or  
SmartTags("Parp1")=True Or SmartTags("Parp2")=True Or SmartTags("Parp3")=True Or  
SmartTags("Parp4")=True Or SmartTags("Parp5")=True Or SmartTags("Parp16")=True Or  
SmartTags("Parp17")=True Or SmartTags("Parp18")=True Then
```

```
SetBit ("Parpadeo1")
```

```
Else
```

```
ResetBit ("Parpadeo1")
```

```
End If
```

```
If SmartTags("MAXS Falla RBO")=True Or SmartTags("MAXS Paro de Emergencia")=True Or  
SmartTags("MAXS Paro desde Maxs")=True Or SmartTags("MAXS Ventilador Apagado")=True Or  
SmartTags("MAXS Rotura Papel Corcho")=True Or SmartTags("MAXS Arrastre Papel")=True Or  
SmartTags("MAXS Palanca Gomero")=True Or SmartTags("MAXS Posición Gomero")=True Or  
SmartTags("MAXS Guardmot Ventilador")=True Or SmartTags("MAXS Abultamiento Goma")=True Or  
SmartTags("MAXS Posicion Calefactor")=True Or SmartTags("MAXS Atasco Filtros")=True Or  
SmartTags("MAXS Falta Filtros")=True Or SmartTags("MAXS Compuerta Motor Cuchilla")=True Or  
SmartTags("MAXS Guarda Principal")=True Or SmartTags("MAXS Guardmot Bomba Goma")=True Then
```

```
SetBit ("Parpadeo2")
```

```
Else
```

```
ResetBit ("Parpadeo2")
```

```
End If
```

```
If SmartTags("MAXS Paro Oscar")=True Or SmartTags("MAXS Guardmot Ventilador")=True Or  
SmartTags("MAXS Bobina corcho terminada")=True Or SmartTags("MAXS Bandeja Izquierda")=True Or  
SmartTags("MAXS Guardmot Cambiabobinas")=True Or SmartTags("MAXS Atasco Calefactor")=True Or  
SmartTags("MAXS Micro Guarda Superior")=True Or SmartTags("MAXS Bandeja Derecha")=True Or  
SmartTags("MAXS Guardmot Cuchillas")=True Then
```

```
SetBit ("Parpadeo3")
```

```
Else
```

```
ResetBit ("Parpadeo3")
```

```
End If
```

```
If SmartTags("Parp6")=True Or SmartTags("Parp7")=True Or SmartTags("Parp8")=True Then
```

```
SetBit ("Parpadeo4")
```

```
Else
```

```
ResetBit ("Parpadeo4")
```

```
End If
```

```
If SmartTags("Parp9")=True Or SmartTags("Parp10")=True Or SmartTags("Parp11")=True Or  
SmartTags("Parp12")=True Or SmartTags("Parp13")=True Then
```

```
SetBit ("Parpadeo5")
```

Else

ResetBit ("Parpadeo5")

End If

If SmartTags("MAXS Realiment. bomba Goma")=True Or SmartTags("MAXS Realiment. Cambia bobina")=True Or SmartTags("MAXS Realiment. Cuchilla 1")=True Or SmartTags("MAXS Realiment. Cuchilla 2")=True Or SmartTags("MAXS Realiment. Agitador")=True Or SmartTags("Parp14")=True Or SmartTags("Parp15")=True Then

SetBit ("Parpadeo6")

Else

ResetBit ("Parpadeo6")

End If

If SmartTags("Parpadeo1")=True Or SmartTags("Parpadeo2")=True Or SmartTags("Parpadeo3")=True Or SmartTags("Parpadeo4")=True Or SmartTags("Parpadeo5")=True Or SmartTags("Parpadeo6")=True Then

SetBit ("Parpadeo7")

Else

ResetBit ("Parpadeo7")

End If

End Sub

ANEXO III

Planos eléctricos modificados de la máquina:

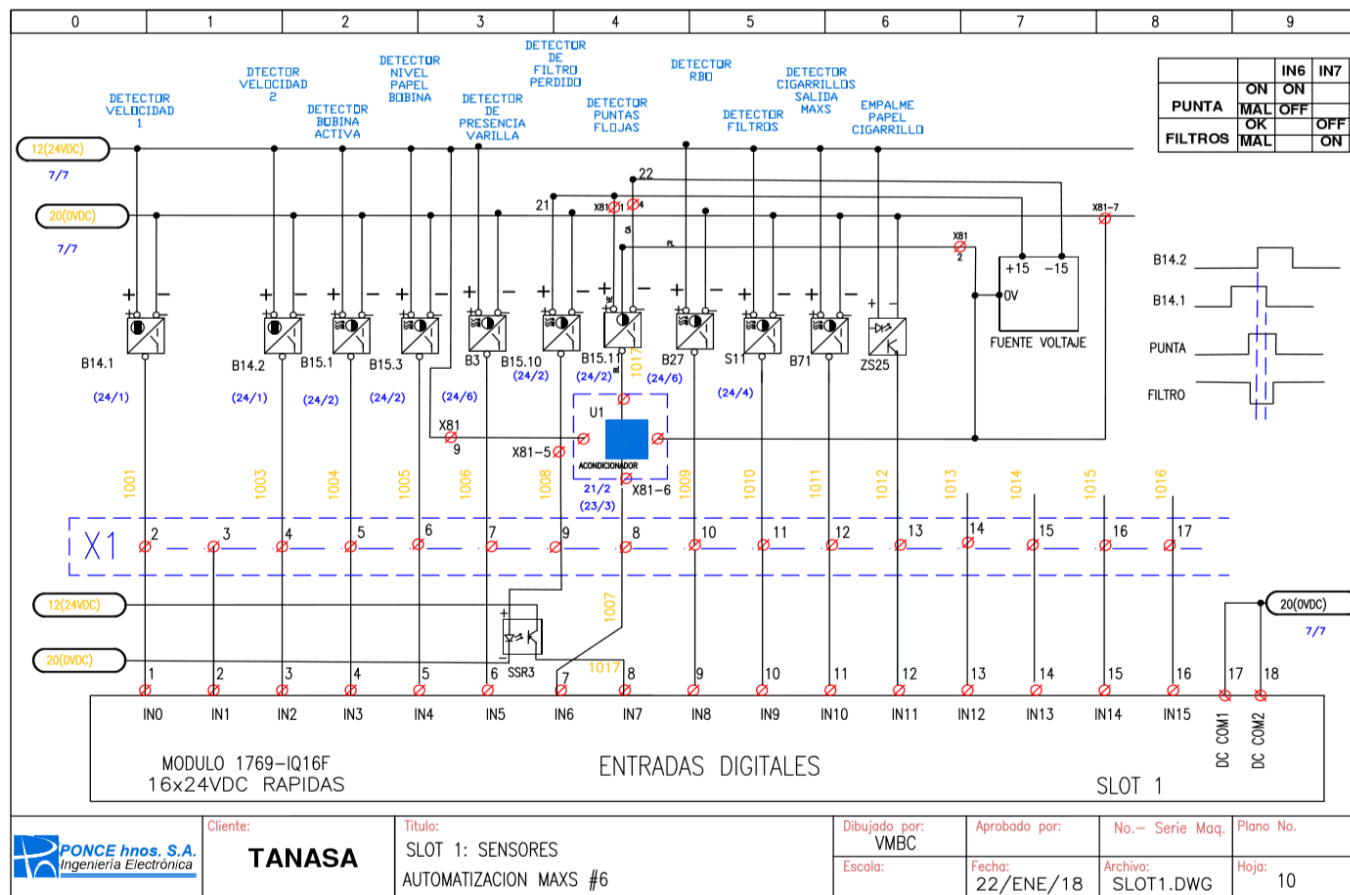


Figura III.1 Plano Eléctrico Sección MAXS, entradas digitales, slot 1.

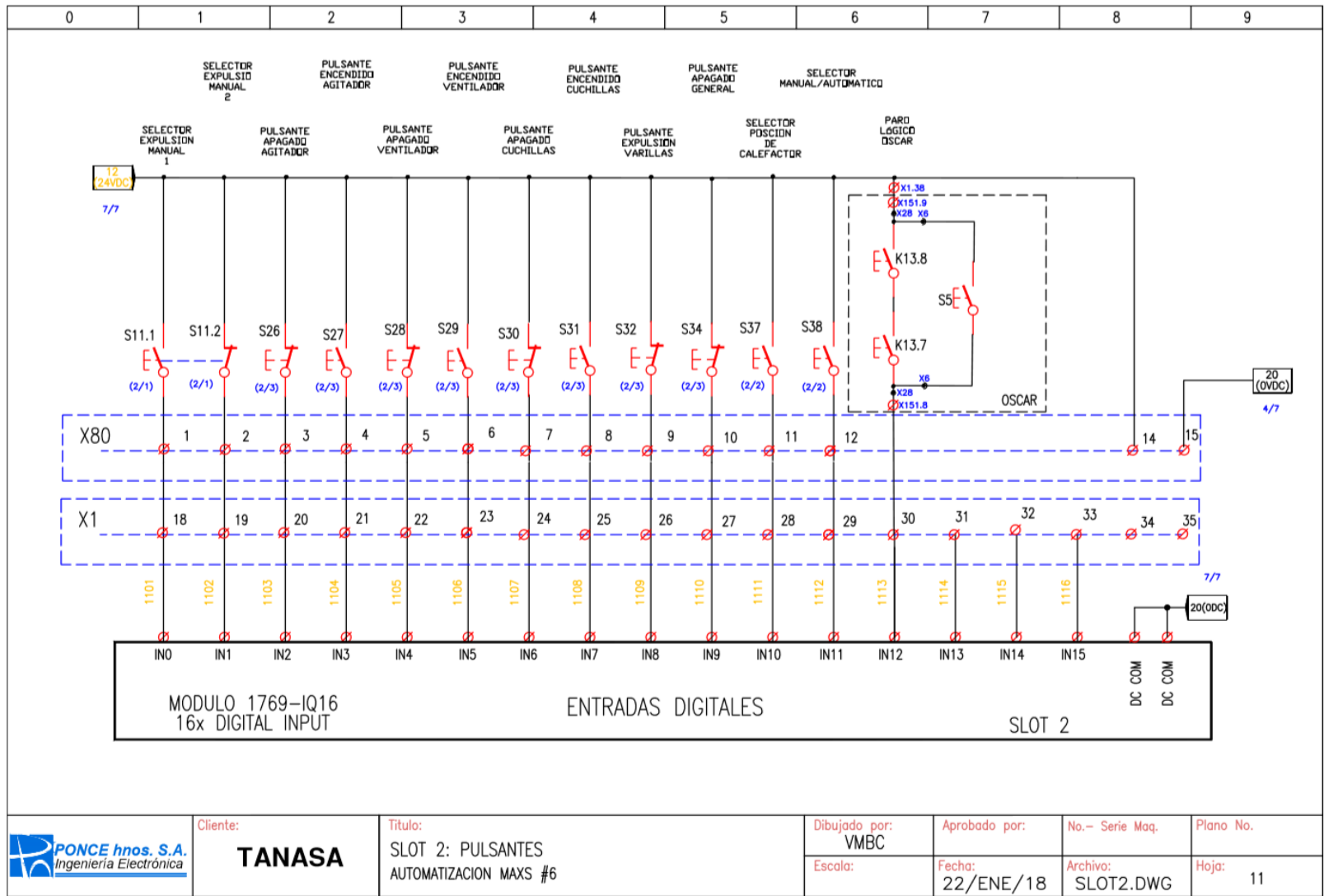


Figura III.2 Plano Eléctrico Sección MAXS, entradas digitales, slot 2.

	Ciente:	Título:	Dibujado por:	Aprobado por:	No.- Serie Maq.	Plano No.
	TANASA	SLOT 2: PULSANTES AUTOMATIZACION MAXS #6	VMBC			
			Escala:	Fecha:	Archivo:	Hoja:
				22/ENE/18	SLOT2.DWG	11

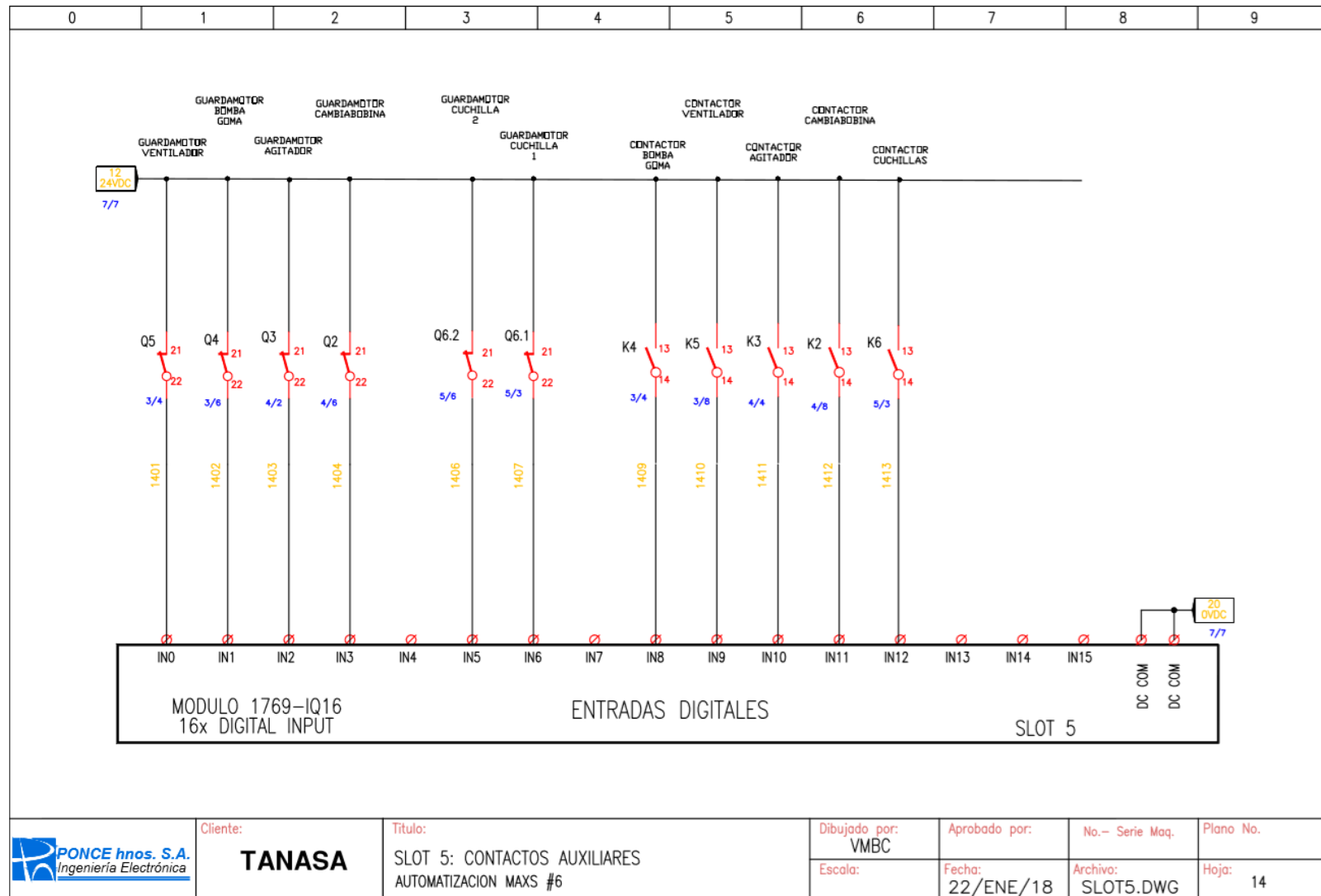
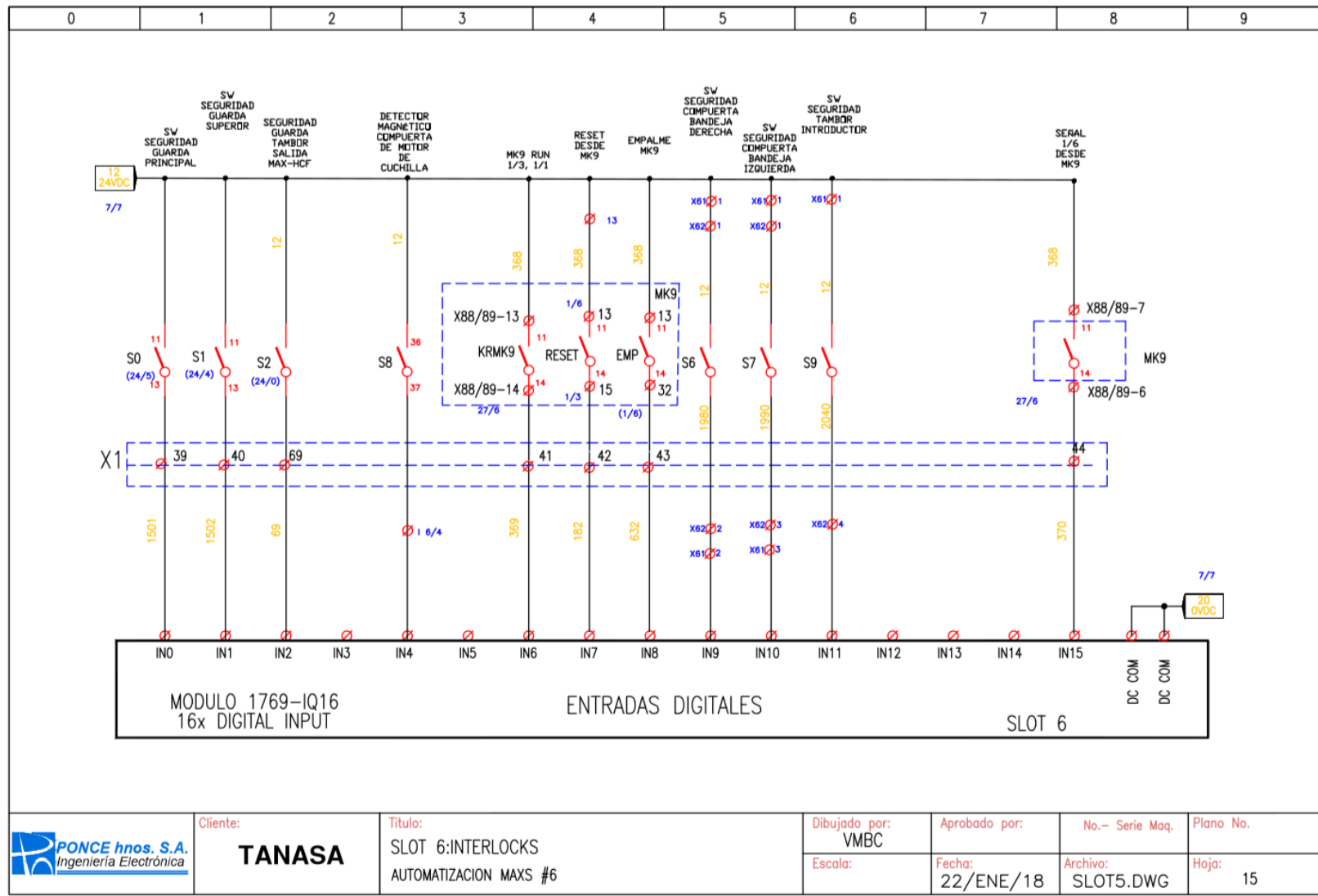


Figura III.3 Plano Eléctrico Sección MAXS, entradas digitales, slot 5.



Ciente:
TANASA

Título:
SLOT 6: INTERLOCKS
AUTOMATIZACION MAXS #6

Dibujado por:
VMBC
Escala:

Aprobado por:
Fecha:
22/ENE/18

No.- Serie Maq.
Archivo:
SLOT5.DWG

Plano No.
Hoja:
15

Figura III.4 Plano Eléctrico Sección MAXS, entradas digitales, slot 6.

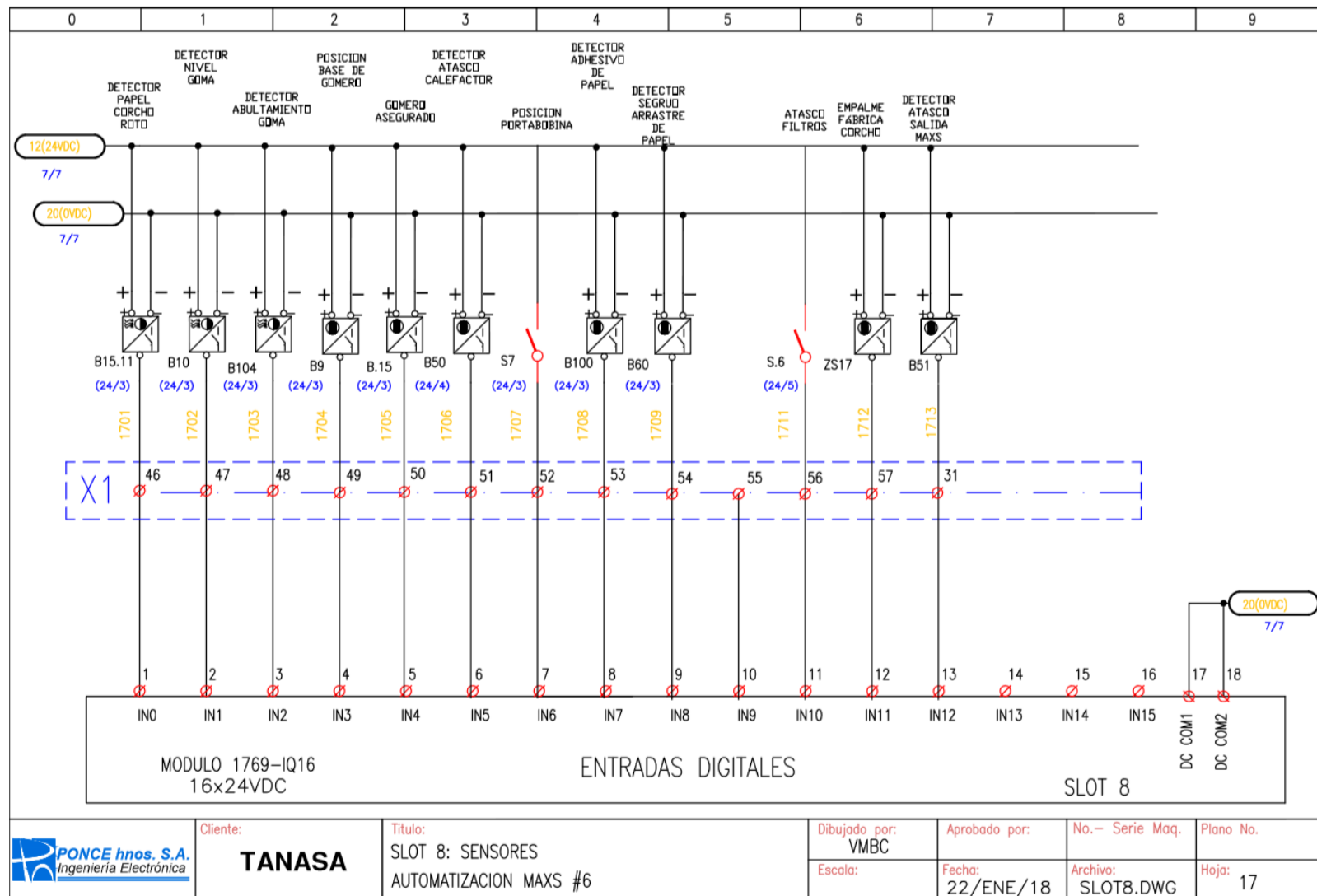


Figura III.5 Plano Eléctrico Sección MAXS, entradas digitales, slot 8.

ANEXO VI

Manual de Usuario

Editar el programa del HMI

Para editar el programa del panel táctil, es necesario tener instalado el software TIA PORTAL V13 con todas las licencias activas. En la carpeta del programa se encuentran 6 subcarpetas y un archivo llamado “check – HMI_Mark9_M5”, dicho archivo es el ejecutable que permite ingresar a la edición del programa, tal como se muestra en la Figura IV.1.

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
AdditionalFiles	05/07/2017 17:52	Carpeta de archivos	
IM	05/07/2017 17:53	Carpeta de archivos	
Logs	29/01/2018 19:32	Carpeta de archivos	
System	29/01/2018 19:32	Carpeta de archivos	
TMP	10/01/2018 17:07	Carpeta de archivos	
UserFiles	05/07/2017 17:52	Carpeta de archivos	
check - HMI_Mark9_M5	10/01/2018 18:07	Siemens TIA Porta...	8 KB

Figura IV.1 Archivos del programa del panel táctil.

Una vez que se ha ingresado al programa, se tiene una interfaz en donde es posible ingresar directamente a configurar las imágenes del HMI, así como las conexiones de red o variables internas. Si se desea modificar alguna imagen se debe dar doble click sobre el nombre correspondiente, como se muestra en la Figura IV.2.

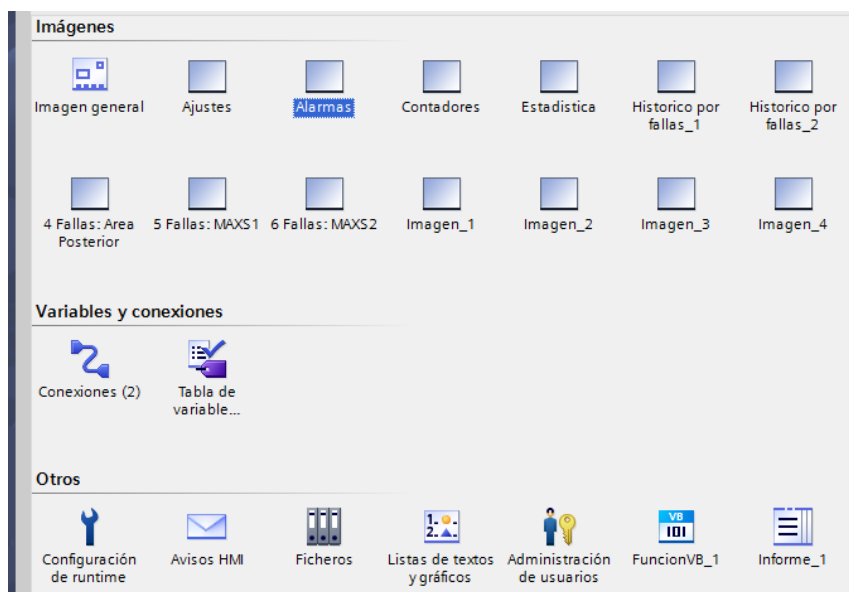


Figura IV.2 Selección de pantalla a modificar.

Al abrir la imagen correspondiente se tiene el panel de edición de las pantallas del HMI, mostrado en la Figura IV.3. En ella, se pueden agregar mensajes, gráficos estadísticos, ilustraciones, botones, texto, etc.

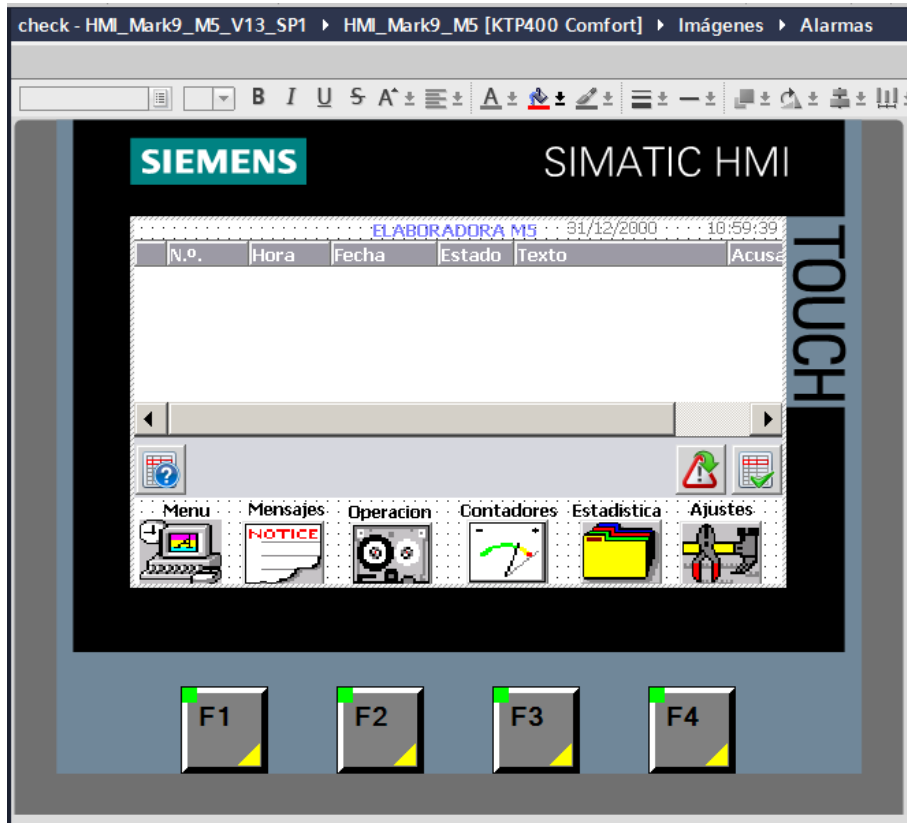


Figura IV.3 Entorno de edición de las pantallas del HMI.

Una vez que se haya terminado con los cambios en las pantallas del HMI, es necesario cargar el programa al dispositivo, para esto, el panel táctil debe estar prendido y conectado a la misma red que la computadora, luego, se debe dar click en la opción Online – Cargar en dispositivo, como se muestra en la Figura IV.4.

Es preferible hacer los cambios mientras la máquina no se encuentra en producción, ya que mientras se carga el programa en el dispositivo, no será posible utilizarlo ni visualizar el estado de la máquina.

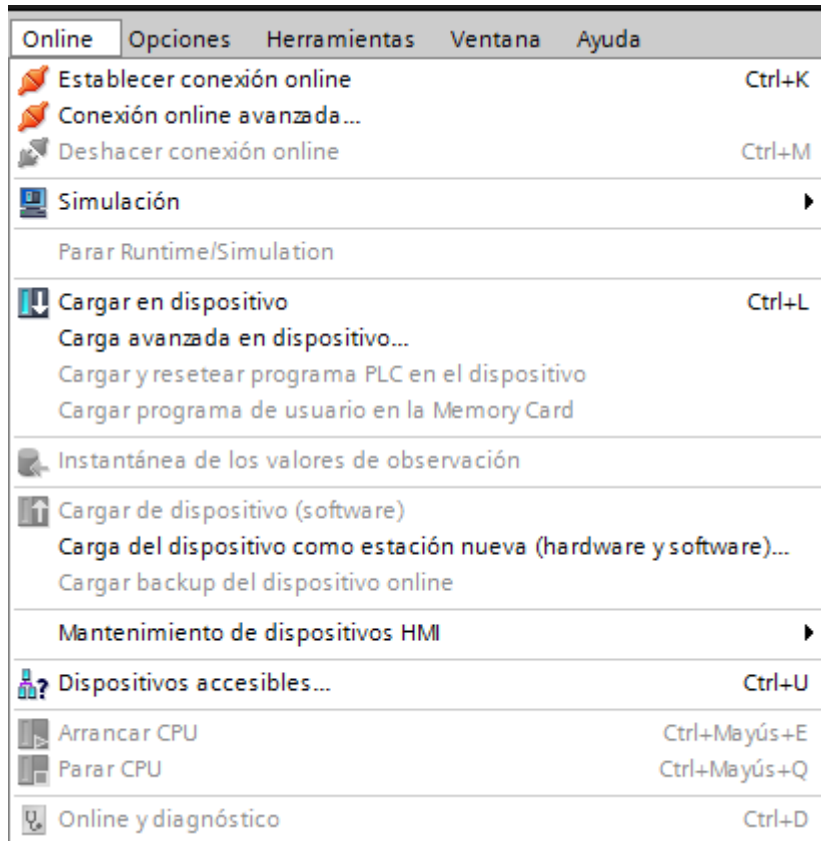


Figura IV.4 Cargar cambios en el programa.

Luego, aparecerá la pantalla mostrada en la Figura IV.5, en donde se debe configurar el tipo de conexión que tiene el dispositivo (Ethernet) y su dirección IP.

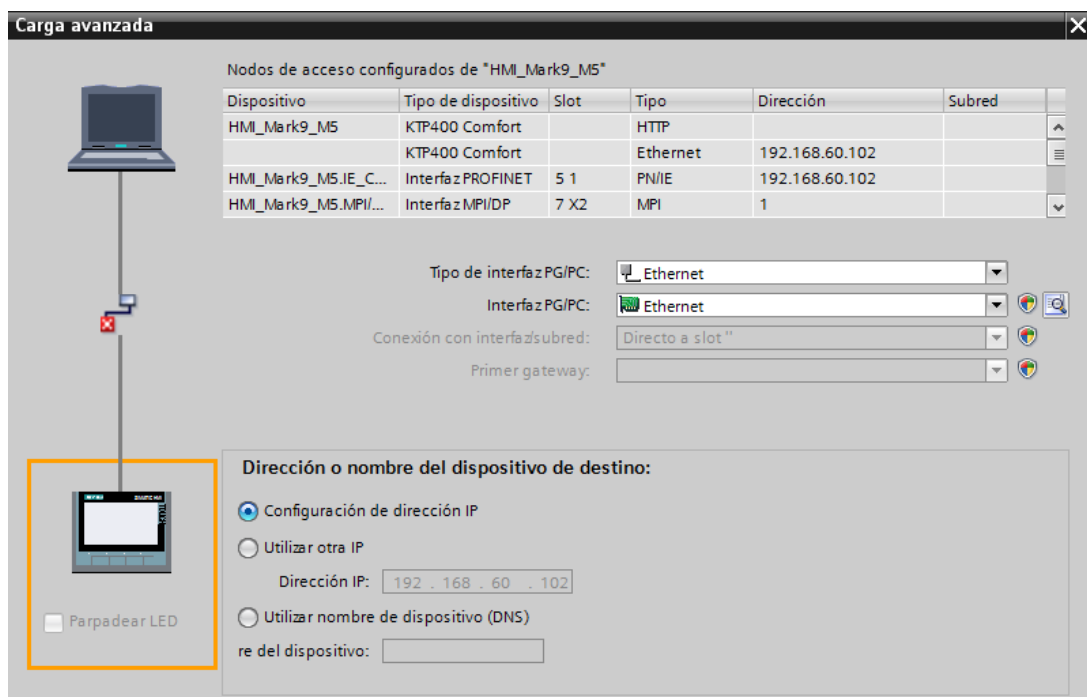


Figura IV.5 Configuración IP del dispositivo.

Se pedirá una confirmación si desea cargar los cambios actuales al dispositivo conectado, se debe aceptar y esperar unos segundos para que finalice el proceso. El programa que ha sido entregado a la empresa TANASA, cuenta con la versión finalizada del programa implementado en este proyecto.

Manipulación del panel táctil

El manual de manipulación del panel táctil ayudará al uso correcto del HMI por parte del operador de la máquina. Cuando el HMI se enciende por primera vez, se presenta la imagen por defecto mostrada en la Figura IV.6, en donde se tiene acceso a las funciones más importantes del panel táctil mediante los botones de la pantalla en la parte inferior, además de información de la hora, fecha, y nombre de la máquina en cuestión.



Figura IV.6 Pantalla menú principal.




Al hacer click en el botón  se despliega una nueva pantalla mostrada en la Figura IV.7 en donde se muestra información pertinente al desarrollador del proyecto, así como números de contacto en caso de ser necesario.



Figura IV.7 Pantalla información del proyecto.

Para regresar al menú principal, se debe dar click en el botón .

En el menú principal, se puede acceder a la sección de proceso de la máquina, al presionar el botón . En esta sección, se muestra información de temperatura de los calefactores, cantidad de cigarrillos y horas de trabajo, además de controles ON/OFF de la máquina. Para activar o desactivar algún control ON/OFF basta con dar un click sobre el texto correspondiente, el color verde significa activado y el color naranja desactivado. Toda esta información se muestra en la Figura IV.8.

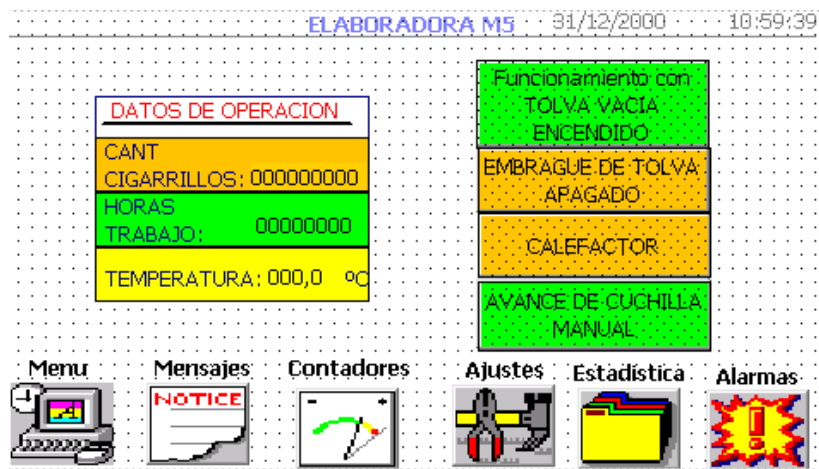


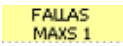
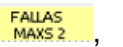
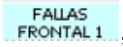
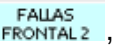
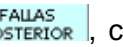
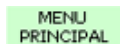


Figura IV.8 Pantalla de proceso de la máquina.

Para regresar al menú principal, se debe dar click en el botón .

En el menú principal, también se dispone del botón , que lleva a la sección de ubicación física de los mensajes de falla de la máquina, mostrada en la Figura IV.9, en ésta, se puede apreciar varias opciones de navegación, tales como: , , , , , cada una de ellas, lleva a la sección correspondiente de ubicación de mensajes, en la que se muestra una silueta de la máquina con las fallas activas en ese momento parpadeando. El color rojo significa Falla y el color amarillo significa Advertencia.

Una vez que se ha verificado y corregido todas las fallas presentes en la máquina, se puede presionar el botón  en cualquiera de las pantallas de ubicación de fallas, esto conducirá a la pantalla de inicio nuevamente.

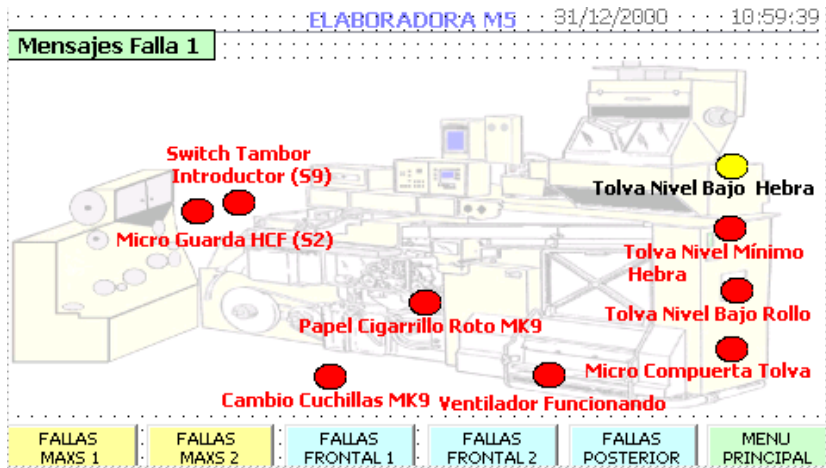


Figura IV.9 Ubicación de fallas principales.




En el menú principal se tiene también el botón de ajustes: , con dicho botón se accede a la información mostrada en la Figura IV.10, en ella, se puede ver la temperatura de la máquina, además de tener acceso a ajustes internos de seteos, para acceder a dicha pantalla se debe presionar el botón ; sin embargo, el botón está protegido por una contraseña, por lo que se debe ingresarla correctamente para poder cambiar los ajustes.



Figura IV.10 Pantalla de ajustes.

Si la contraseña fue ingresada correctamente, se podrá ingresar a la pantalla de ajustes de seteos, mostrada en la Figura IV.11, luego, para poder regresar a la pantalla previa, se debe presionar el botón .

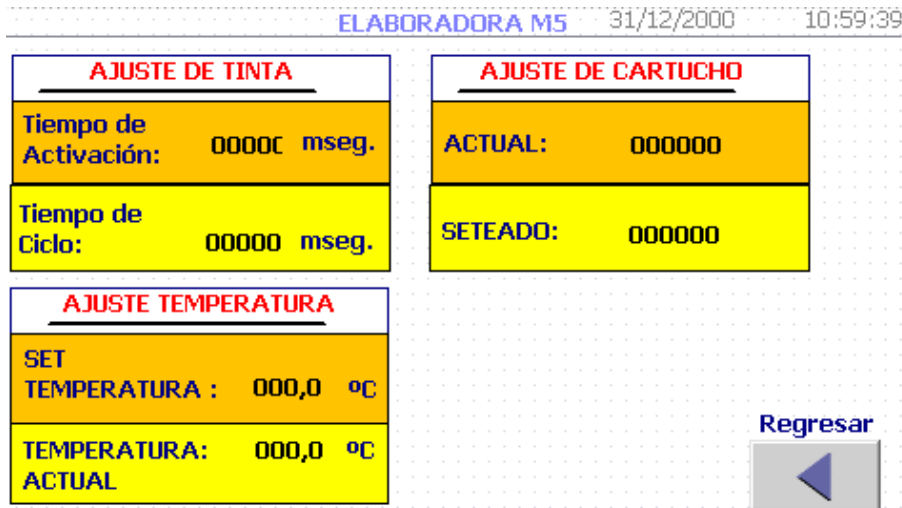


Figura IV.11 Pantalla de cambio de seteos.



En la pantalla de ajustes también se dispone del botón , que dirige a la sección de contadores de fallas de la máquina, mostrada en la Figura IV.12, en donde se puede apreciar contadores de las fallas más propensas a ocurrir. Al presionar el botón  se saltará a la pantalla mostrada en la Figura IV.13 que dispone información adicional de contadores.



Figura IV.12 Pantalla de históricos por falla 1.

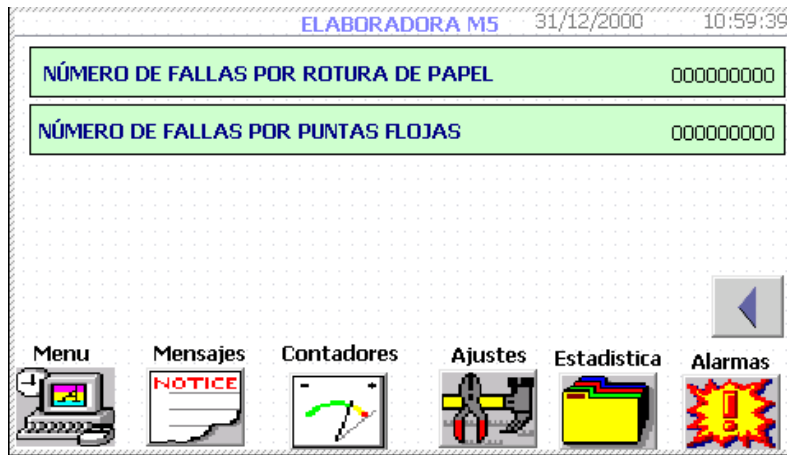




Figura IV.13 Pantalla de Histórico por falla 2.

Para regresar al menú principal, se debe dar click en el botón .

En el menú principal se dispone también del botón , éste nos dirige a la sección de contadores de la máquina, mostrada en la Figura IV.14, ahí se dispone toda la información pertinente a los contadores más importantes.

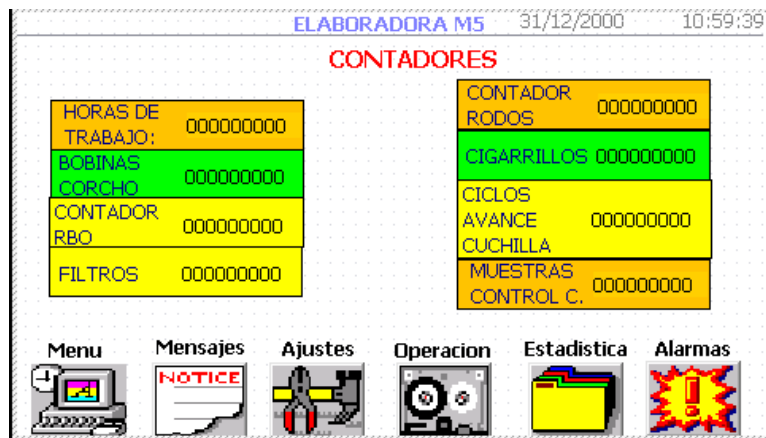



Figura IV.14 Pantalla de contadores.

Para regresar al menú principal, se debe dar click en el botón .



Finalmente, el botón  acciona la pantalla de alarmas de la máquina, en ella, se pueden ver las fallas que están activas en ese momento de la máquina, con información de la hora y fecha a la que ocurrió la falla, además del texto y nombre de sensor que la provocó. Ésta imagen es mostrada en la Figura IV.15.



Figura IV.15 Pantalla de alarmas.

Para regresar al menú principal, se debe dar click en el botón .

Cabe destacar, que en cada una de las pantallas del panel táctil, también se disponen botones que dirigen a las secciones más importantes, esto con el fin de no regresar al menú principal cada vez que se desee ingresar a una pantalla distinta.

ORDEN DE EMPASTADO