



Capítulo IV

Programación y configuración del PLC y HMI. Diseño del esquema y panel eléctrico.

4.1. Introducción.

La eficacia del PLC en el control de los procesos productivos cada vez se hace mayor, lo que trae consigo que se le considere como uno de los medios técnicos de automatización de mayor utilización. En el capítulo se desarrolla la programación de la secuencia de funcionamiento de la máquina junto a la incorporación de una interfaz de comunicación (HMI), esta posibilita brindar la información necesaria del proceso al operario. Se diseña el nuevo esquema y panel eléctrico, mencionando las normas que se siguieron para su diseño.

4.2. Programa Siemens TIA Portal V13.

Este programa es el empleado para la programación de la secuencia de la máquina en el PLC y la aplicación en el HMI. TIA Portal es un innovador sistema de ingeniería que permite configurar de forma intuitiva y eficiente todos los procesos de planificación y producción. Conviene por su funcionalidad probada y por ofrecer un entorno de ingeniería unificado para todas las tareas de control, visualización y accionamiento.

El TIA Portal incorpora la nueva versión del sistema de ingeniería SIMATIC STEP 7 para la planificación, la programación y el diagnóstico de todos los controladores SIMATIC. Con una nueva generación de editores de programación más productivos se optimiza la calidad, la eficiencia y la consistencia de todo el proceso de producción. Se dispone así de texto estructurado, diagramas de contactos, esquemas de funcionamiento, listas de instrucciones y la posibilidad de programar la cadena de procesos. Como parte integrante del TIA Portal, SIMATIC STEP 7 abre nuevas perspectivas para maximizar la eficiencia en la programación y la calidad de la ingeniería.

También incorpora las últimas versiones de WinCC y Startdrive para la planificación, programación y diagnóstico de todas las pantallas de visualización y accionamientos de última generación.

Ventajas de la V13 de TIA Portal

- Team Engineering. Varias personas pueden trabajar simultáneamente sobre una misma tarea.
- Búsqueda automática de actualización de programa.
- Consistente desarrollo de lenguajes de programación (LAD, FDB, STL, SEL y Graph).
- Carga de la configuración de Hardware y el programa de usuario incluyendo valores para servicios.
- Reduce la complejidad en la programación y la gestión de los datos.
- Ahorro de tiempo considerable en el desarrollo de proyectos mediante el uso de KOP, FUP, AWL, SCL y Graph.
- Instrucciones simples para operaciones complejas con “calculate box”.
- Conversión de tipos sin esfuerzos de programación.
- Direccionamiento indirecto en todos los lenguajes de programación.
- Bloques de datos de > 64 KB hasta 16 MB.
- Implementación y comunicación de datos de ejes de accionamientos.
- Programación sencilla de los movimientos de eje con componentes de PLCopen.
- Representación gráfica de las variables de los programas y las señales E/S para diagnóstico eficaz y una optimización en tiempo real.
- No requiere una programación por separado para el diagnóstico de sistema.
- Mejor protección de la propiedad intelectual del know-how y contra la copia no autorizada.
- Soporte de Ethernet Security CP.



Figura 4.1: Programa TIA Portal.

4.3. Programación del PLC.

4.3.1. Programación Simbólica.

La plataforma del programa TIA Portal dispone de tres lenguajes de programación (KOP, AWL, SCL y FUP), cuya selección puede realizarse al inicio del proyecto y puede modificarse alternativamente con el avance del mismo. Para este proyecto se empleó fundamentalmente el lenguaje de escalera (Ladder) o KOP. Por la cantidad de entradas y salidas del sistema se realizó una programación simbólica la cual permitió desarrollar un programa más sencillo, pues en vez de direcciones de entrada y salida se nombraron cada una de las mismas para facilitar el entendimiento y hacerlo más legible.

4.3.2. Programación en Bloques.[29]

La programación en Tia Portal está organizada en bloques de ejecución donde cada bloque realiza una función específica, existen cuatro tipos de bloques, los cuales son: Bloques Organizativos, Bloques de Función, Funciones y Bloques de Datos.



Bloques Organizativos (OB): Los bloques de organización (OBs) constituyen la interfaz entre el sistema operativo y el programa de usuario. Son llamados por el sistema operativo y controlan, por ejemplo, los siguientes procesos:

- Comportamiento en arranque del sistema de automatización
- Ejecución cíclica del programa
- Ejecución del programa controlada por alarmas
- Tratamiento de errores

Programando los bloques de organización se define el comportamiento de la CPU. En función de la CPU utilizada, se dispone de diferentes bloques de organización.

Funciones (FC): Las Funciones (FCs) son bloques lógicos sin memoria. No poseen una memoria de datos que permita almacenar valores de parámetros de bloque. Por este motivo, al llamar una función es preciso asignar parámetros actuales a todos los parámetros formales. Para almacenar los datos de forma permanente, las funciones disponen de bloques de datos globales.

Campo de aplicación:

Una función contiene un programa que se ejecuta cada vez que la función es llamada por otro bloque lógico. Las funciones se pueden utilizar por ejemplo para los siguientes fines:

- Devolver valores de función al bloque invocante, por ejemplo, en funciones matemáticas
- Ejecutar funciones tecnológicas, por ejemplo, controles individuales con operaciones lógicas binarias

Una función también se puede llamar varias veces en diferentes puntos de un programa. Esto facilita la programación de funciones de uso frecuente.

Bloques Funcionales (FB): Los bloques de función son bloques lógicos que depositan sus parámetros de entrada, salida y entrada/salida de forma permanente en bloques de datos instancia, de modo que siguen estando disponibles después de editar el bloque. Por eso también se denominan "bloques con memoria". Los bloques de función también pueden



funcionar con variables temporales. No obstante, las variables temporales no se almacenan en el DB instancia, sino que únicamente permanecen disponibles durante un ciclo.

Campo de aplicación:

Los bloques de función contienen subprogramas que se ejecutan cada vez que un bloque de función es llamado por otro bloque lógico. Un bloque de función también se puede llamar varias veces en diferentes puntos de un programa. Esto facilita la programación de funciones de uso frecuente.

Instancias de bloques de función:

La llamada de un bloque de función se denomina instancia. Para cada instancia de un bloque de función se requiere un bloque de datos de instancia en el que se almacenen valores específicos de la instancia para los parámetros formales declarados en el FB. El bloque de función puede depositar sus datos específicos de la instancia en un bloque de datos de instancia propio o en el bloque de datos de instancia del bloque que realiza la llamada.

Bloques de Datos (DB): Los bloques de datos sirven para almacenar datos de programa. Así, los bloques de datos contienen datos variables con los que trabaja el programa de usuario. Los bloques de datos globales almacenan datos de usuario utilizables desde todos los demás bloques. El tamaño máximo de los bloques de datos varía en función de la CPU. La estructura de bloques de datos globales puede definirse a discreción. También es posible utilizar tipos de datos PLC (UDT) como plantilla para crear bloques de datos globales.

Bloques de datos globales en el programa de usuario:

Todo bloque de función, toda función o todo bloque de organización puede leer datos de un bloque de datos global o escribir datos en este. Estos datos se conservan en el bloque de datos incluso al cerrarlo. Un bloque de datos global y un bloque de datos instancia pueden estar abiertos simultáneamente. En los DB Globales, los OBs, FBs, y FCs pueden guardar o leer datos y en los DB de Instancia solo lo puede hacer el FB asociado.

4.3.3. Bloques Utilizados.

Para la obtención de un programa lo más completo y dinámico, desde el punto de vista del tratamiento de las variables tanto internas como externas, se implementaron 30 bloques. Los cuales permitieron la organización por tipo de variable y funcionalidad dentro del programa principal. Dichos bloques se describen en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1: *Análisis de los bloques programados en el PLC.*

Bloques	Funcionalidad
OB1 (Main)	Es la secuencia principal de la máquina, todas las funciones se realizan desde este OB, cuando llega al final se ha completado un ciclo completo de la máquina.
OB35 (CYC_INT5)	Es un OB cíclico, se ejecuta periódicamente cada 200ms, independientemente de la ejecución cíclica del programa. Aquí se llama al FC que calcula la velocidad de la máquina y se llama al PID, con el PulseGen para estabilizar la temperatura en el valor deseado, esto es recomendado que se realice siempre en el mismo intervalo de tiempo.
OB100 (Startup)	Es un OB que se ejecuta al inicio del programa, es un OB de arranque, se activa cuando hay un cambio de estado de la CPU de stop (parada) a run (marcha), se inicializan las banderas de primer ciclo y se inicializa el servo-controlador.
FC1 (Lectura del Encoder)	En esta FC se realiza la lectura del encoder, se hizo uso de la función contador rápido, asociándola al módulo de conteo del PLC (TCON), lugar donde se conecta el encoder físicamente. Se hace la conversión a grados y se guarda la lectura actual del encoder, si es el primer

	ciclo se pasa la lectura anterior como nuevo valor de comienzo.
FC2 (Alarmas_Maq)	Este FC recoge la activación o desactivación de todas las alarmas de la máquina, llama al FC101 que es la encargada de detener su funcionamiento o mostrar una advertencia o indicador dependiendo del tipo de alarma, por ejemplo bajo nivel de celofán, puertas abiertas, presión de aire y temperatura fuera del rango requerido.
FC10 (Maq_Sollas)	Este FC describe básicamente la secuencia de operación de la máquina, comenzando por la lectura del encoder, estableciendo la velocidad del motor principal seleccionada en el HMI, desactivando y activando los selladores laterales, realizando el corte de incisión, alimentando celofán, activando los selladores, incrementando el contador de productos y visualizando el estado de la máquina.
FC12 (Motor_Principal)	En este FC se establece el modo de funcionamiento de la máquina, ya sea en un solo ciclo, modo manual con el mando a distancia o en modo automático para la producción continua.
FC13 (Cellophane_Heaters)	Este FC realiza la lectura del valor de temperatura de cada sellador y activa o desactiva las resistencias en función de la salida del PulseGen a continuación del controlador, los cuales se activan cada 200ms en el OB35.
FC100 (BanderasGenPrograma)	Este FC es el encargado de llevar varias banderas que se activan en diferentes intervalos de tiempo, creando así varias demoras o esperas que van hacer utilizadas a lo largo del programa.

FC101 (Alarmas)	Esta función es llamada desde el FC2 y es la encargada de darle el tratamiento requerido a la alarma reconocida, en función de cual sea esta, dígame tiempo que debe permanecer activa, salida que debe activar o cuando se debe resetear.
FC111 (Control_Levas)	En este FC se realiza la comparación del valor de lectura actual del encoder, con los valores de grados donde deben activarse los diferentes mecanismos y activar una salida.
FC112 (Pulso_Levas)	Este FC genera un pulso cuando el encoder pasa por un grado determinado, este pulso va activar una salida que va a ser usada en otra lógica, por ejemplo en la activación del motor de alimentación del celofán.
FC113 (Cálculo de velocidad)	En este se hace el cálculo de velocidad de la máquina en (rpm) a partir de los grados recorridos cada 200ms.
FC200 (TON)	Este FC implementa un temporizador al cual se le puede variar el valor de conteo, no se resetea, es acumulativo para utilizarlo en la lógica de programación.
FC614 (Cellophane_drive)	Este FC calcula la velocidad a la que debe ir el servomotor con relación a la velocidad del motor principal y le transfiere al FB651 los parámetros de: velocidad calculada y posición.
FB1 (Banderas)	En este se activan o desactivan las banderas que se inicializan en el OB100, que indican el primer ciclo.
FB100 (BanderasGenMq)	En este FB se activan o desactivan todas las banderas utilizadas la lógica de programación de la máquina.

FB105 (Controlador_PulseGen)	En este FB está el controlador PI y el PulseGen conectados, uno a continuación del otro, para lograr regular la temperatura en un valor exacto, este FB es llamado tres veces, una para cada sellador, cada 200ms desde el OB35.
FB611 (CelloPhane_Ejes)	En este FB se encuentran todos los bloques de configuración del servo-controlador, como bloque del perfil de velocidad y del perfil de posición.
FB651 (Cello_Param)	Este FB escribe los parámetros, por ejemplo velocidad y posición, en los bloques del servo-controlador LXM32.
DB2 (Datos_Encoder)	Este DB contiene las variables de los grados actuales y la posición del encoder en ese instante.
DB4 (Maq)	Este DB contiene todas las variables de la máquina, de entrada, de salida y estáticas.
DB13 (PI_SelladorDerecho)	Este DB contiene los datos de entrada y salida del controlador PI y el generador de pulsos, dígame valor de Kp, Ti, QPOS_P, QNEG_P de dicho sellador.
DB14 (PI_SelladorFrontal)	Este DB contiene los datos de entrada y salida del controlador PI y el generador de pulsos, dígame valor de Kp, Ti, QPOS_P, QNEG_P de dicho sellador.
DB15 (PI_SelladorIzquierdo)	Este DB contiene los datos de entrada y salida del controlador PI y el generador de pulsos, dígame valor de Kp, Ti, QPOS_P, QNEG_P de dicho sellador.
DB101 (Alarma)	En este DB se encuentran todas las alarmas de la máquina, el estado de cada una de ellas, por ejemplo

	baja presión de aire, puertas abiertas y nivel bajo en la bobina del celofán.
DB121 (HMI_Var)	En este DB se encuentran todas las variables que son usadas en el HMI para el intercambio de información entre este y el PLC.
DB400 (DB_ValorActual)	Este DB contiene datos generales de la máquina que son usados en el programa principal, dígame valores en grados donde tienen que activarse los mecanismos.
DB610 (DB_CellophaneEjes)	Este DB contiene todas las variables de entrada y salida de los bloques usados en el FB611.
DB651 (DB_Cello_Param)	Este DB guarda los parámetros que se le pasan al servo-controlador, como velocidad y posición.
Carpeta “Bloques del LXM32”	Esta es una librería que proporciona el fabricante con la implementación de los bloques del servo-controlador que son utilizados en el FB611.

La lógica seguida en la programación del PLC es mostrada en los Diagramas 4.1 y 4.2.

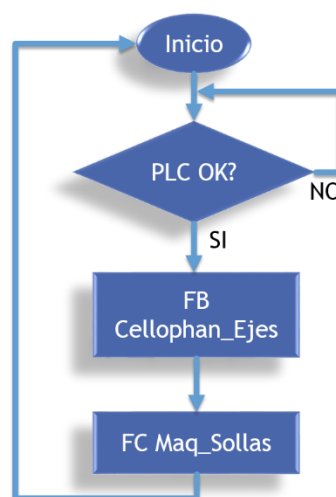


Diagrama 4.1: Secuencia principal de la máquina (OB1 Main)

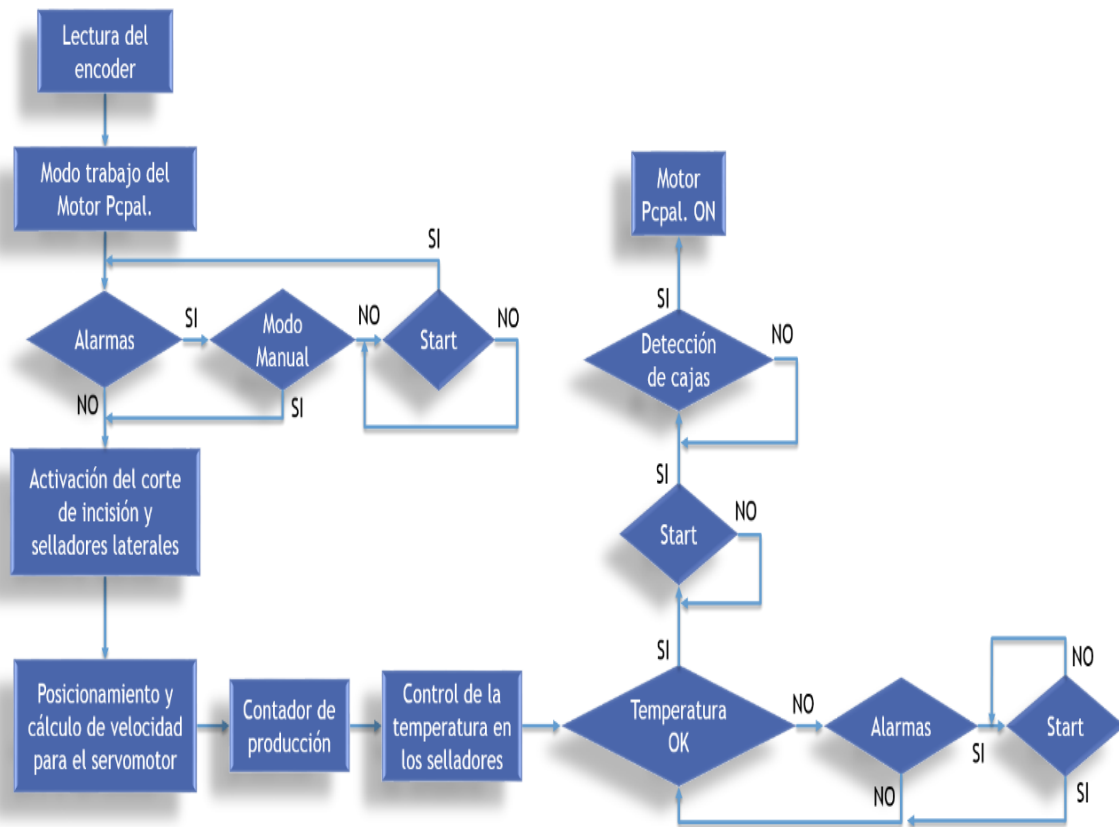


Diagrama 4.2. Secuencia de Operaciones de la máquina (FC10 Maq_Sollas).

4.4. Configuración del panel táctil TP 700.

El fin que persigue la incorporación de la pantalla, facilitar y proteger la comunicación del operario con la máquina, permitiéndole establecer el formato de las cajas, velocidad de la máquina y advertir en caso de alarma o error, además de brindar información detallada del proceso. Mediante este panel también se podrá detener el proceso, así como iniciarlo, brindando comodidad al usuario.

Para aumentar la seguridad, tanto de los operarios como de la máquina, se programaron dos niveles de acceso, *Operario* y *Administrador*. El permiso de *Operario* tiene autorización para actuar en la ventana de producción y puede consultar otras como registro de alarmas, ajustes de formato y temperatura de los selladores. El acceso de *Administrador* para los especialistas, contiene la posibilidad de acceder y modificar sobre todas las ventanas, o sea, permiso total, este nivel está protegido por contraseña.

La Figura 4.2. corresponde a la imagen principal (Inicio), mediante la cual se tiene acceso a las otras imágenes del panel para el control y visualización de algunos elementos del proceso.



Figura 4.2: Imagen principal del HMI.

Para acceder a las demás imágenes se debe pulsar sobre los botones inferiores, estos siempre se mostrarán para permitir acceder a ellos desde cualquier ventana. En la parte superior se encuentra ubicada una señal piloto con texto que mostrará el estado actual de la máquina que pueden ser: *parada*, *advertencia*, *en espera* y *en marcha*. En el cuadro a la derecha de la imagen contiene la fecha y hora, así como el reloj velocímetro, el cual muestra la velocidad actual de la máquina.



Botón *Home*, al presionar este ícono retorna a la imagen inicial.



Botón *Datos de Producción*, accede al submenú donde se muestran los datos diarios (estos pueden ser reiniciados) e históricos de la producción, incluyendo el tiempo utilizado para esto.

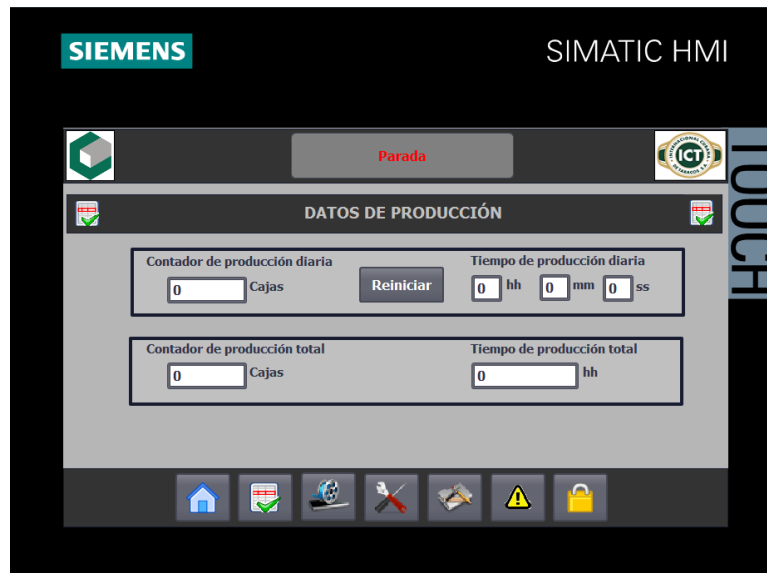
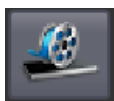


Figura 4.3: Imagen de Datos de Producción.



Botón *Ajustes de Productos*, aquí se selecciona el tipo o formato de caja que va a ser utilizada, actualmente existen ocho opciones ya programadas y una para modo manual, este permitirá añadir un formato específico. Aunque cada formato ya tiene un largo de celofán predeterminado, se da la opción de modificarlo, en caso necesario.

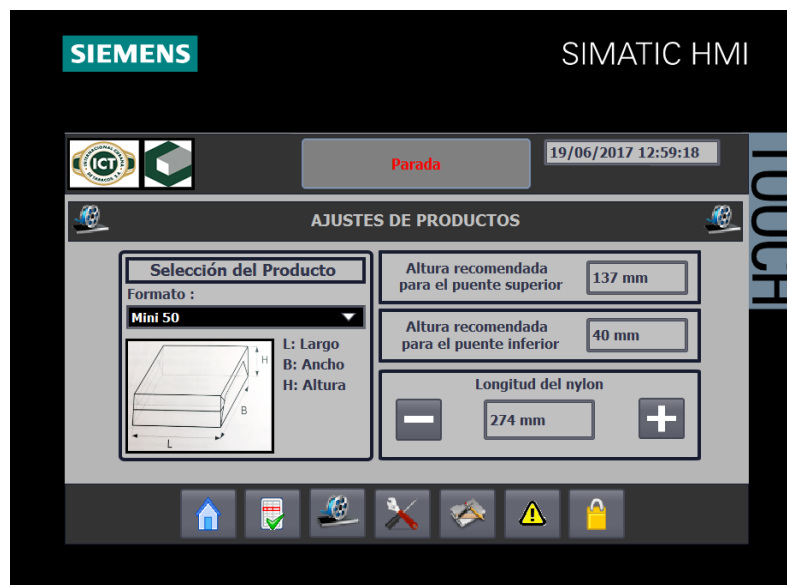


Figura 4.4: Imagen de Ajustes de Productos.



Botón *Configuración*, muestra primeramente la imagen donde se configura la velocidad de la máquina, o sea, la velocidad del motor principal. Además, contiene dos botones para fijar la velocidad máxima y mínima (tortuga).



Velocidad máxima



Velocidad mínima

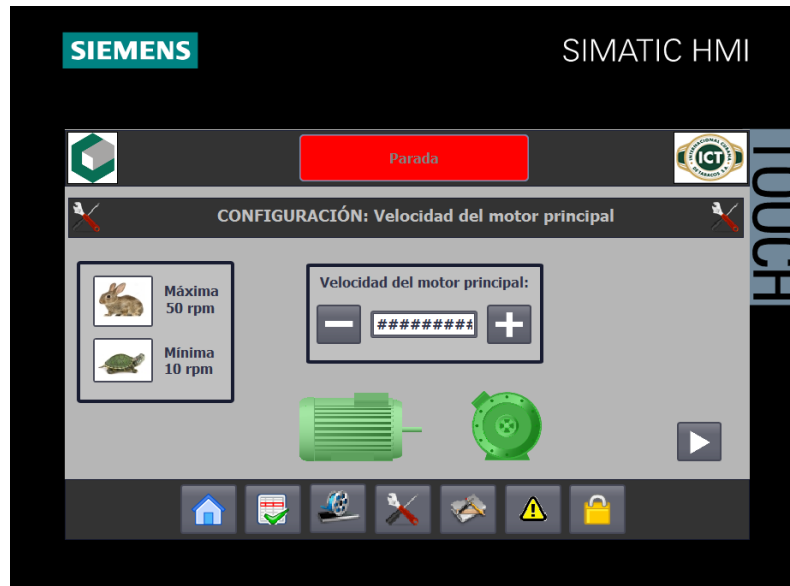


Figura 4.5: Imagen de configuración de la velocidad del motor principal.

Este submenú permite también el desplazamiento a una segunda imagen de configuración donde se pueden establecer los valores de temperatura deseados en los selladores, además de conocer la temperatura actual de los mismos.

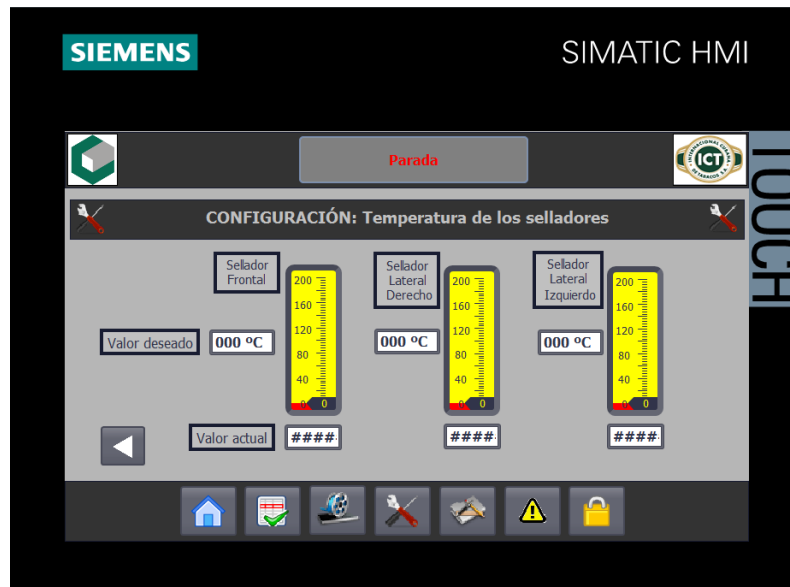
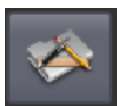


Figura 4.6: Imagen de configuración de la temperatura en los selladores.



Botón de *Servicios*, esta imagen contiene dos botones con textos que permiten desplazarse a dos submenús de este, *Ajustes principales* y *Estado Entradas/Salidas*.



Figura 4.7: Imagen de Servicios.

En esta imagen se permite la alimentación de los motores principal y de la estera transportadora, además de activar el rodillo del celofán y el eliminador de estática. También contiene botones de *Arrancar*, *Parar* y de modos de trabajo, (*un ciclo* y *continuo*).

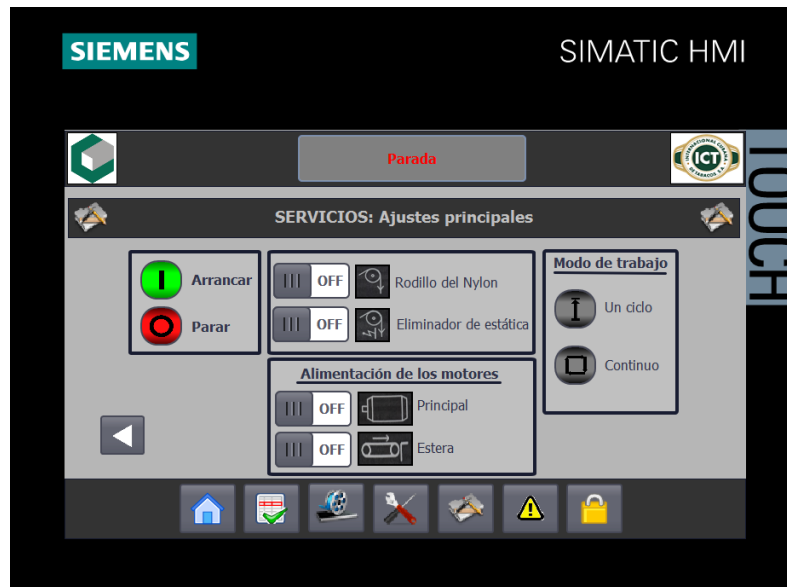


Figura 4.8: Imagen de Ajustes principales.

Esta imagen permite conocer en dos ventanas las entradas y salidas digitales conectadas. Mostrará en color verde las señales activadas y en color gris las desactivadas.



Figura 4.9: Imagen que muestra las Entradas digitales.

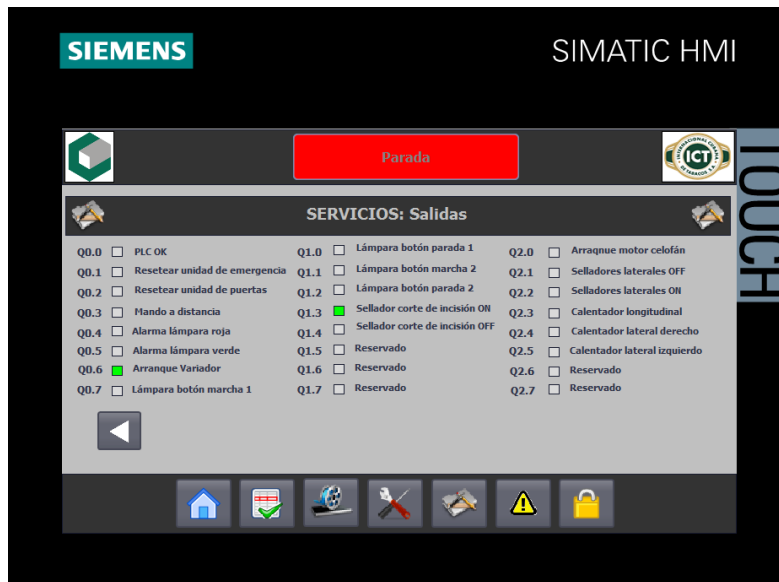


Figura 4.10: Imagen que muestra las Salidas digitales.



Botón *Alarmas*, permite acceder a las alarmas del sistema para conocer con detalle cuantas veces han ocurrido y el tiempo de duración. Posee dos ventanas de registro de alarmas con la opción de resetearlas.

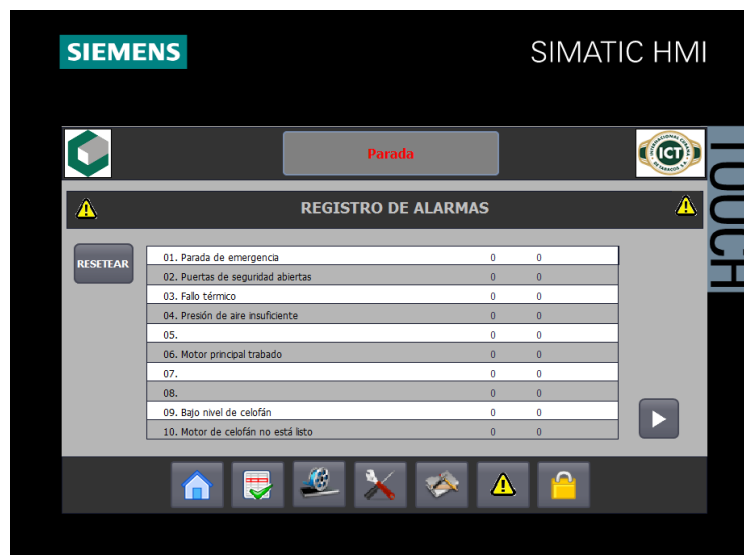


Figura 4.11: Imagen de la primera ventana de Alarmas.

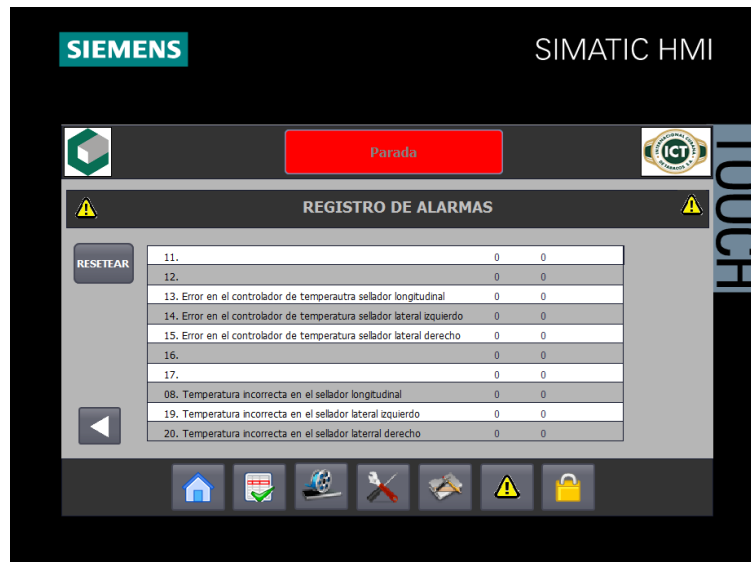


Figura 4.12: Imagen de la segunda ventana de Alarmas.

La Tabla 4.2 muestra una panorámica de los principales mensajes de alarma, además de su posible causa y solución. A todas las alarmas se le aplica el principio de que se reinicia eliminando la causa y pulsando la tecla [Start].

Tabla 4.2: Análisis de las alarmas.

Alarma	Causa	Solución
01. Parada de emergencia	El relé de parada de emergencia está desconectado, debido a una situación de parada de emergencia o debido a que la máquina se ha conectado.	Desbloquear todos los botones de parada de emergencia.
02. Puertas de seguridad abiertas	Una de las cuatro puertas de seguridad está abierta.	Cerciorarse del correcto cierre todas las puertas de seguridad.
03. Fallo térmico	Una protección térmica de un motor de la caja de	Comprobar el motor y accionamientos en

	interruptores se ha desconectado por sobrecarga.	cuestión. Restablecer la protección térmica.
04. Presión de aire insuficiente	La presión de aire comprimido ha caído por debajo del mínimo necesario.	Comprobar la alimentación de aire comprimido y la válvula obturadora principal.
06. Motor principal trabado	El encoder acoplado al eje principal no tiene suficientes impulsos vistos dentro del tiempo ajustado. Probablemente por una traba de uno o varios mecanismos.	Comprobar si hay bloqueos y asegurarse de que el acoplamiento al eje no resbale, de ser así volver a colocar en la posición correcta.
09. Bajo nivel de celofán	La bobina de celofán se vacía. El sensor fotoeléctrico no detecta celofán.	Coloque una nueva bobina con celofán.
10. Motor de celofán no está listo	El servomotor que regula el suministro del celofán no está listo para funcionar.	Comprobar el estado del servomotor y el servo-controlador.
13. Error en el controlador de temperatura sellador longitudinal	El controlador de temperatura del elemento calentador ha estado al máximo durante más de 30 minutos.	Probablemente haya un problema con el elemento calentador o el sensor PT100 del sellador longitudinal.
14. Error en el controlador de temperatura sellador lateral izquierdo	El controlador de temperatura del elemento calentador ha estado al	Probablemente haya un problema con el elemento calentador o el sensor

	máximo durante más de 30 minutos.	PT100 del sellador lateral izquierdo.
15. Error en el controlador de temperatura sellador lateral derecho	El controlador de temperatura del elemento calentador ha estado al máximo durante más de 30 minutos.	Probablemente haya un problema con el elemento calentador o el sensor PT100 del sellador lateral derecho.
18. Temperatura incorrecta en el sellador longitudinal	La temperatura actual del sellador longitudinal diverge en exceso de la temperatura deseada (diferencia de 20° o más)	Esperar hasta que la temperatura vuelva a ser la adecuada.
19. Temperatura incorrecta en el sellador lateral izquierdo	La temperatura actual del sellador lateral izquierdo diverge en exceso de la temperatura deseada (diferencia de 20° o más)	Esperar hasta que la temperatura vuelva a ser la adecuada.
20. Temperatura incorrecta en el sellador lateral derecho	La temperatura actual del sellador lateral derecho diverge en exceso de la temperatura deseada (diferencia de 20° o más)	Esperar hasta que la temperatura vuelva a ser la adecuada.

4.5. Diagrama de conexión.

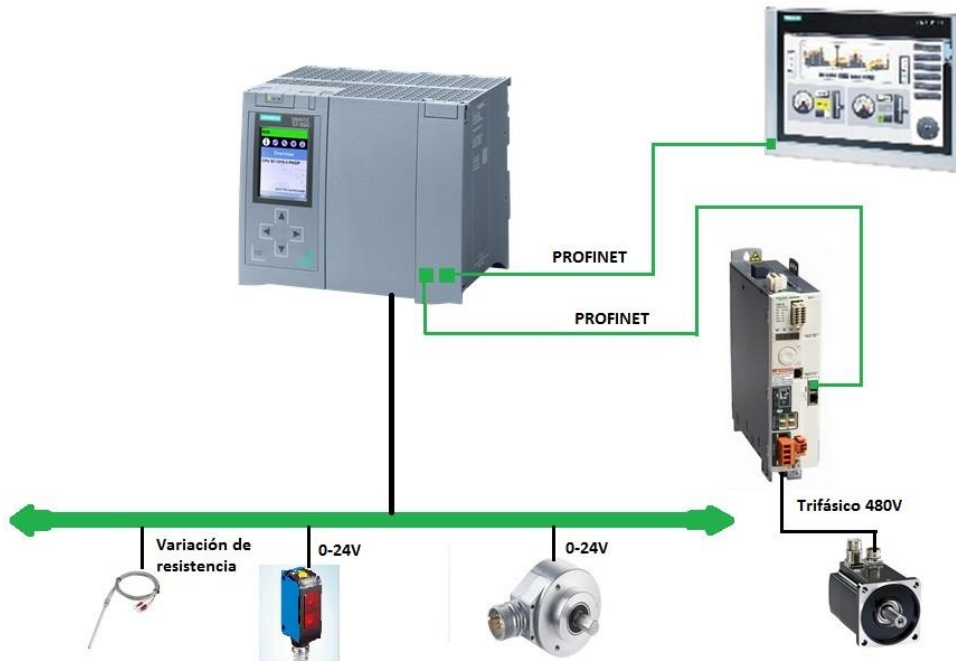


Figura 4.13: Diagrama de comunicación.

En la comunicación de PLC con el HMI y con el Servo-controlador fue utilizado el protocolo Profinet. Este fue desarrollado por la Asociación Internacional de Profibus, la cual es la mayor organización de buses de campo de todo el mundo. Es un estándar abierto de Ethernet Industrial según la norma IEC 61784-2. Utiliza TCP/IP y los estándares IT. Trabaja en tiempo real además de permitir una integración homogénea de los sistemas de bus de campo [30]. Entre los aspectos que se destacan a la hora de la utilización de esta se encuentran:

- Robustez ante humedad, condensaciones, temperaturas extremas, vibraciones e interferencias electromagnéticas para tecnologías basadas en fibra óptica.
- Son redes muy fiables que incorporan redundancia de anillo con velocidades inferiores a los 200ms.
- Equipos modulares pueden ser sustituidos en caliente.
- Posibilita integración total con diagnóstico de red integrada en PLC, HMI, entre otros.
- Puede ser trabajada por personal no experto en el tema de redes.

- Cableado industrial rápido e inmune a ruidos.
- Los problemas en la conexión solo afectan a dos puntos, por lo cual es sencillo identificar el lugar del fallo sin afectar la red completa.
- Gracias a los estándares IEEE802.Q1 e IEEE802.1D es posible marcar como prioritarios ciertos paquetes dentro de la red.
- Topologías en red flexibles.

4.6. Programa SolidWorks.

Este Programa fue empleado en el diseño del esquema y panel eléctrico. Es un programa de diseño asistido por computadora para modelado mecánico. Es un modelador de sólidos paramétrico. Cada vez más productos incluyen sistemas eléctricos integrados (como grupos electrógenos, controles de usuarios, sistemas de cableado complejos y mazos de cables). SolidWorks® Electrical es la herramienta que simplifica la creación y agiliza el diseño de esquemas eléctricos integrados. Podrá crear diseños de mazos de cables de forma esquemática, con un sistema de recorrido, un aplanamiento y una documentación automatizada óptimos. Las bibliotecas de símbolos integradas, la información de las piezas del fabricante y los modelos de componentes en 3D proporcionan materiales comunes y reutilizables que optimizan la creación de diseños. Sus herramientas automatizadas de diseño y gestión agilizan y simplifican numerosas tareas de diseño tediosas, como la asignación de referencias cruzadas de contactos a PLC y bloques de terminal. Puede generar fácilmente dibujos, listas de cables, listas "De-a" y otra documentación para la fabricación. Las soluciones eléctricas son parte integrante de la cartera de diseño y simulación de SolidWorks que ayudan a los ingenieros de diseño a reducir el riesgo inherente a la innovación y conseguir que sus productos se comercialicen más rápido con menos prototipos físicos para reducir los costos.

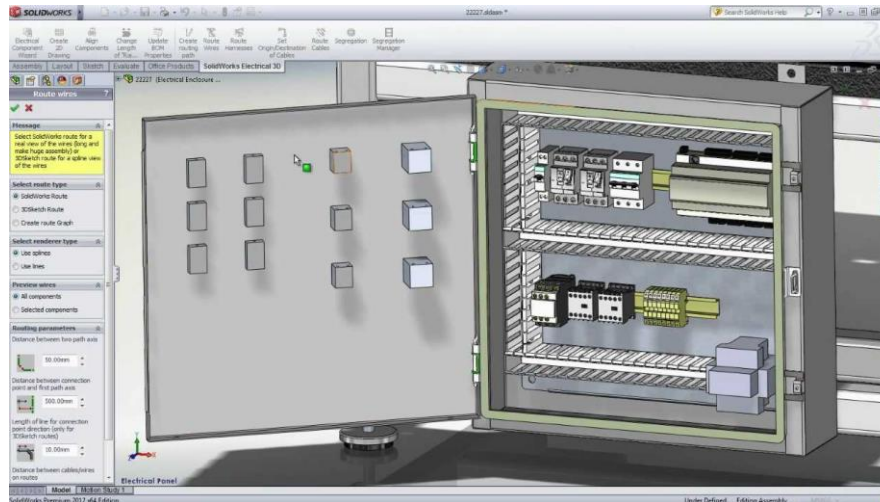


Figura 4.14: Ventana del Programa SolidWorks.

4.7. Esquema eléctrico.

Una instalación eléctrica consiste en un conjunto de elementos (componentes eléctricos) conectados entre sí por medio de conductores. Si bien este conjunto ocupa un lugar en un espacio tridimensional, el problema a resolver mediante la representación gráfica no es el espacial. La dificultad, tanto en las fases de diseño como en las de ejecución y mantenimiento, está en establecer inequívocamente las relaciones de dependencia entre los elementos del circuito.

Ello se logra mediante distintas representaciones, complementarias entre sí, denominadas esquemas eléctricos. Estas representaciones no son el resultado de aplicar las leyes de los sistemas de representación a una realidad tridimensional, sino el fruto de aplicar distintos convenios lógicos. Los componentes de los esquemas eléctricos son representados de forma simbólica, siendo por ello de especial importancia definir adecuadamente el convenio adoptado [31].

Tipos básicos de esquemas.

Como se ha indicado, el dibujo industrial eléctrico se plantea como reto establecer inequívocamente las relaciones de dependencia entre los elementos que integran un circuito eléctrico. Ello se logra por medio de distintas representaciones o esquemas eléctricos, complementarias entre sí. Fundamentalmente se puede distinguir entre esquemas explicativos y esquemas de conexiones.

Los esquemas explicativos están especialmente orientados a resolver los problemas propios de la fase de diseño. Su destinatario es por tanto un ingeniero. En esta fase se plantean problemas muy diversos: cuál va a ser la estructura general del circuito (esquema explicativo funcional); dónde se emplazarán físicamente sus componentes (esquema explicativo de emplazamiento); o cómo se relacionarán entre sí estos componentes eléctricos (esquema explicativo de circuitos).

Los esquemas de conexiones están orientados a resolver los problemas de ejecución material. Su destinatario es por tanto un técnico electricista. En ambos casos, pero especialmente en los esquemas de conexiones, puede resultar conveniente por simplicidad representar agrupados distintos conductores en un mismo trazo. En ese caso se trata de representación unifilar. Por el contrario, cuando cada conductor sea representado por un trazo independiente se tiene la representación multifilar [31].

Esquema explicativo de circuitos.

En los esquemas explicativos de mayor potencia, de tipo industrial, es habitual distinguir entre el circuito de fuerza y el circuito de mando.

El circuito de fuerza es el que contiene los componentes de alta demanda energética que son la razón de ser del circuito: por ejemplo, el motor eléctrico que se pretende gobernar. Incluye, además de esos componentes de consumo final, los conductores y dispositivos de conmutación de potencia directamente vinculados: seccionadores, contactores o interruptores y dispositivos de protección.

El circuito de mando es el que contiene aquellos otros componentes (de control y de medida) que, con una alimentación eléctrica independiente y con una potencia sensiblemente inferior, permiten el gobierno de los componentes de fuerza. El circuito de mando se ubica en uno o varios cuadros de control independientes. Incluye los pulsadores, lámparas de emergencia, indicadores de las distintas magnitudes eléctricas (tensión, intensidad) y relés utilizados para el mando de la instalación.

Dependiendo de la complejidad del circuito, es posible dibujar ambos circuitos conjuntamente, representación conjunta, o bien segregarlos en planos diferentes, representación desarrollada.



Desde el punto de vista gráfico, en la representación conjunta se empleará un trazo grueso para representar el circuito de fuerza y fino para el circuito de mando.

Diseño de esquemas explicativos de circuitos.

Una vez decididos los elementos que integran la instalación eléctrica y su papel en la misma, se procede a representar gráficamente el esquema eléctrico. Además de respetar la normativa en cuanto a la simbología para la representación de los distintos dispositivos, es necesario respetar una serie de normas de trazado.

Así, en primer lugar, todos los elementos de la misma clase estarán representados por el mismo símbolo y al mismo tamaño. Siempre que sea posible, los elementos de una misma clase se colocarán en el mismo nivel.

Cuando varios contactores intervienen en la conmutación de un mismo motor, se procurará representarlos equidistantes y al mismo nivel.

El circuito de mando se dibujará debajo o a la derecha del circuito de fuerza. Si tienen cierta extensión, se colocarán en planos independientes.

Es habitual que el circuito de mando tenga una extensión tan grande que obligue a representarlo en varias hojas.

En la representación conjunta, para el circuito de mando se utilizará trazo fino y para el circuito de fuerza trazo grueso.

En el circuito de mando los componentes eléctricos se representan entre dos conductores horizontales, correspondientes a dos fases o bien a una fase y el neutro. Si la alimentación se realiza a través de fase y neutro, el neutro ocupará la posición inferior. Si la alimentación se realiza a través de dos fases, se representa abajo la de dígito superior.

Cada componente con función de recepción de energía (bobinas de relés, indicadores luminosos, etc.) ocupa una columna en la representación del circuito de mando. Estas columnas son numeradas de izquierda a derecha.

Los componentes de control (pulsadores, contactos, etc.) se representan sobre los componentes de consumo (bobinas de relés, indicadores luminosos, etc.).

Los componentes de protección (fusibles) se representan por encima de todos ellos [31].

Denominación de componentes.

Para la denominación de los componentes se utilizarán letras mayúsculas. Algunas de las letras más utilizadas son:

- F, fusible
- K, contactor
- L, línea
- M, motor
- Q, interruptor magnetotérmico
- S, pulsador
- X, borneras eléctricas

Las letras se colocarán a la izquierda del elemento designado. Cuando exista más de un elemento de la misma clase, se añadirá una cifra progresiva (de izquierda a derecha según se representen estos elementos en el esquema).

La designación de un elemento que aparece representado en el circuito de fuerza y en el circuito de mando debe ser la misma.

Tablas de situación de contactos en circuitos de mando.

En el circuito de mando es útil ordenar los elementos receptores de las instrucciones de control en columnas enumeradas, de izquierda a derecha.

Cuando un contactor tiene contactos distribuidos en varias columnas del circuito de mando es conveniente, para la rápida localización de estos contactos, hacer una indicación debajo del contactor. Esta indicación consiste en una pequeña tabla de dos columnas y tantas filas como contactos existan. La primera columna tiene por encabezado NA (normalmente abierto) y la segunda NC (normalmente cerrado). En filas se indica el número de la columna del circuito de mando donde ese contactor está representado bien como un contacto NA o bien como un contacto NC.

Numeración de terminales y conductores.

El siguiente paso en la representación de un circuito es la numeración de los conductores y de los terminales de los elementos presentes. La numeración de los terminales de los dispositivos que integran el esquema está definida en la norma. Permite al instalador identificar los terminales del dispositivo que tiene en sus manos con los terminales del símbolo que lo representa en el plano.

La numeración de los conductores en el circuito de fuerza resulta, al menos en la mayor parte de los casos, innecesaria, pues son fácilmente identificables. Sin embargo, en el caso del circuito de mando, al tratarse de mayor número de conductores, la numeración sí se hace necesaria.

Asignación a cuadros.

Habitualmente, los elementos del circuito de mando están ubicados físicamente en uno o varios cuadros de maniobra, cuadros que es necesario conectar entre sí y con los elementos del circuito de fuerza. Esta conexión se realiza a través de los llamados borneros, formados por un conjunto de terminales accesibles exteriormente en los cuadros de maniobra.

En la conexión de los borneros de los distintos cuadros y elementos del circuito intervienen técnicos que desconocen la totalidad del circuito y ni pueden ni deben perder tiempo descifrando los esquemas de fuerza y mando. Para evitar errores de conexión lo más práctico es numerar adecuadamente los borneros para que esa tarea se convierta en una acción mecánica y rutinaria.

La numeración de los borneros comienza por la asignación a los distintos cuadros eléctricos de los elementos del circuito. Esta debe ser una decisión del proyectista de la instalación.

Determinación de bornes.

Una vez asignados los elementos a un cuadro, es necesario identificar qué conductores deben salir de un cuadro para ir a otro. Esos conductores deberán señalarse y para establecer el bornero.

Una vez incorporados en el circuito de mando los bornes existentes, la representación de la conexión de los borneros es inmediata [31].

4.7.1. Esquema eléctrico de la máquina Sollas 20.

En la Tabla 4.3 se muestra una breve descripción del contenido de las páginas presentes en el esquema eléctrico.

Tabla 4.3: Breve descripción de las páginas del esquema eléctrico.

Páginas Anexo (19)	Descripción
Página 1.	Portada del esquema eléctrico, con el modelo de la máquina, nombre de los autores e instituciones presentes en el desarrollo del mismo.
Página 2.	Borneras presentes en el panel de operaciones frontal, botonera y en el armario principal, distribuidas por secciones, numeración correspondiente a los módulos del PLC y encoder.
Página 3.	Conexión a los bornes en el armario principal del panel frontal y la botonera auxiliar.
Página 4.	Entrada de alimentación principal al armario de la máquina, interruptor principal, diferencial y contactor, conexiones a tierra física.
Página 5.	Conexión a tierra física del panel frontal.
Página 6.	Conexión con interruptor general automático de la alimentación del eliminador de estática.

Página 7.	Conexión de la alimentación al variador de frecuencias, de esta al motor y de los relés de configuración para la selección del modo.
Página 8.	Conexión de alimentación a las resistencias eléctricas de cada uno de los selladores.
Página 9.	Conexión del servo-controlador, alimentación, conexión al servomotor y al encoder del mismo y a los pines de configuración.
Página 10.	Conexión del módulo de seguridad que controla las paradas de emergencia, tanto del panel frontal como de la botonera.
Página 11.	Conexión del módulo de seguridad que controla las puertas de protección de la máquina.
Página 12.	Conexión, de alimentación del PLC y de este con el panel frontal.
Página 13.	Conexión a los primeros pines del módulo de 16 entradas digitales.
Página 14.	Conexión a los segundos pines del módulo de 16 entradas digitales.
Página 15.	Conexión de reserva a los segundos pines de entrada del módulo de 16 entradas y salidas digitales, los primeros pines de entrada no están cableados.
Página 16.	Conexión a los primeros pines de salida del módulo de 16 entradas y salidas digitales.
Página 17.	Conexión a los segundos pines de salida del módulo de 16 entradas y salidas digitales.
Página 18.	Conexión a los pines del módulo de 16 salidas digitales.
Página 19.	Conexión a los primeros 4 canales del módulo de 8 entradas analógicas.
Página 20.	Conexión a los segundos 4 canales del módulo de 8 entradas analógicas.

Página 21.	Conexión a los pines del módulo de 2 salidas analógicas.
Página 22.	Conexión del módulo contador.
Página 23.	Vista en 2D del diseño del panel eléctrico y la distribución de sus componentes en su interior.
Página 24.	Vista en 2D del panel frontal y la botonera.

4.8. Conclusiones.

En el capítulo se ha mostrado la programación del PLC por medio del programa TIA Portal. Se describieron los principales tipos de bloques que están presentes en el programa y su función, para la correcta secuencia de trabajo de la máquina. Para la comunicación con el operario se explicaron las diferentes pantallas y menús, del panel frontal, como vía más asequible de interacción entre el usuario y la máquina. Se explicaron las diferentes normas de diseño para la confección de esquemas y paneles eléctricos, utilizadas en la elaboración de estos para la máquina Sollas 20.