DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA SCADA WINCC DE SIEMENS A UNA MÁQUINA PROTOTIPO EMPACADORA DE GALLETAS EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACION DE PROCESOS DE LA UPB

MATEO FELIPE BUSTOS CASTILLO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA
BUCARAMANGA
2012

DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA SCADA WINCC DE SIEMENS A UNA MÁQUINA PROTOTIPO EMPACADORA DE GALLETAS EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACION DE PROCESOS DE LA UPB

MATEO FELIPE BUSTOS CASTILLO

Proyecto de grado

Director del proyecto
Leidy Johanna Olarte Silva

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA
BUCARAMANGA
2012

Nota de Aceptación

_____
_____
_____
_____
_____
_____

_____

Firma del Presidente del Jurado

_____

Firma del Jurado

_____

Firma del Jurado

Bucaramanga, mayo de 2012

Bucaramanga, 7 de mayo de 2012

A Dios le agradezco por mi familia y por haberme permitido ser miembro de ella.

A mis papás, por su infinita comprensión, ejemplo y apoyo incondicional. Por nunca desfallecer y siempre creer en mí.

A mis hermanos Estefanía y HJ, por su paciencia, cariño y tantos años de compartidos.

A Mia y Johanna quienes con su amor incondicional, le dieron un verdadero significado a este logro. Por ustedes hoy es mucho más gratificante.

A todas y cada una de las personas que de una u otra manera me ayudaron a seguir adelante y a ser quien soy hoy día.

Mateo Felipe Bustos Castillo

AGRADECIMIENTOS

A mi directora de tesis la ingeniera Leidy Johanna Olarte Silva, por su paciencia, exigencia y apoyo durante todo este proyecto.

Al los ingenieros Omar Pinzón, Juan Carlos Villamizar y Juan Carlos Mantilla, ya que sin los conocimientos adquiridos en sus clases, este proyecto no se hubiera podido realizar con éxito.

OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar e implementar el sistema SCADA WinCC de Siemens a una máquina Prototipo Empacadora de Galletas en el Laboratorio de Automatización de Procesos de la UPB

Objetivos Específicos

- Investigar el concepto, normas y estándares inherentes a un sistema SCADA.

- Recopilar la información técnica de la arquitectura de automatización Siemens y de la máquina prototipo empacadora de galletas.

- Poner en operación la máquina prototipo empacadora de galletas.

- Diseñar e implementar la lógica de control y el sistema SCADA WinCC a la máquina prototipo empacadora de galletas.

- Documentar el proyecto.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCION……1

1 JUSTIFICACION 2

2 MARCO TEORICO 3

2.1 SISTEMA SCADA 3

2.1.1 Objetivos 3

2.1.2 Prestaciones 4

2.1.3 Entorno 5

2.1.4 Criterios de Selección y Diseño 7

2.1.5 Arquitectura de un Sistema SCADA 7

2.1.5.1 Interface Hombre-Máquina (HMI, MMI) 10

2.1.5.2 Unidad Central (MTU, Master Terminal Unit) 10

2.1.5.3 Unidad Remota (RTU, Remote Terminal Unit) 11

2.1.5.4 Sistemas de Comunicación 13

2.2 REGLAMENTACION....14

2.2.1 Ergonomía....15

2.2.1.1 Aspectos Fundamentales....15

2.2.1.2 Normatividad Relacionada....16

2.3 SISTEMAS SCADA's PRINCIPALES....17

2.3.1 PROVEEDOR: USDATA....17

2.3.2 PROVEEDOR: National Instruments....17

2.3.3 PROVEEDOR: Rockwell Automation....17

2.3.4 PROVEEDOR: Siemens....18

2.3.5 PROVEEDOR: Wonderware....19

2.4 SISTEMAS DE CONTROL....19

2.5 INSTRUMENTACION....21

2.5.1 Sensores....21

2.5.2 Actuadores....21

2.5.3 Acondicionadores....22

2.6 MÁQUINA PROTOTIPO.....23

2.6.1 Sistema de Control.....24

2.6.1.1 Controladores lógicos programables (PLC).....25

2.6.1.2 Gabinete principal de la Máquina Prototipo.....26

2.6.1.3 Instrumentación de la Máquina Prototipo.....28

2.6.2 Funcionamiento Básico Máquina Prototipo.....38

2.6.2.1 Diagrama de funcionamiento.....38

2.6.2.2 Programación.....40

2.6.2.3 Interfaz HMI.....41

3 SCADA PROTOTIPO.....42

3.1 DISEÑO SCADA.....42

3.1.1 Definición de necesidades.....43

3.1.2 Conceptualización y Viabilidad.....43

3.1.2.1 Normatividad Aplicada.....43

3.1.3 Diseño preliminar.....50

3.1.4 Diseño Final.....50

3.1.4.1 Configuración 51

3.1.4.2 Diseño grafico.....59

3.1.4.3 Pruebas y analisis de resultados 74

CONCLUSIONES……79

BIBLIOGRAFIA……81

ANEXOS……84

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Nomenclatura del sistema neumático del prototipo.....33

Tabla 2. Instrumentación neumática del prototipo 34

Tabla 3. Entradas digitales prototipo 37

Tabla 4. Salidas digitales prototipo 37

Tabla 5. Pantallas y sus funciones 61

Tabla 6. Configuración de Botones 66

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Sistema SCADA ____ **3**

Figura 2. Línea de recepción y despacho de granos ____ **4**

Figura 3. Modelo CIM (Manufactura Integrada por Computador) ____ **6**

Figura 4. Arquitectura Sistema SCADA ____ **8**

Figura 5. Interfaz hombre máquina - HMI ____ **10**

Figura 6. Switch SCALANCE X-208 ____ **12**

Figura 7. Topología de redes ____ **14**

Figura 8. Ergonomía digital ____ **15**

Figura 9. Normatividad ANSI, ISO ____ **16**

Figura 10. Producto Sistema SCADA ____ **17**

Figura 11. Proveedores sistemas SCADA ____ **18**

Figura 12. Sistemas de control ____ **20**

Figura 13. Sensores ____ **22**

Figura 14. Actuadores ____ **22**

Figura 15. Máquina Prototipo Empacadora de Galletas – MPEG ____ **23**

Figura 16. PLC Siemens Simatic ____ **25**

Figura 17. Configuración interna PLC ____ **26**

Figura 18. Entradas y salidas PLC ____ **27**

Figura 19. Conexiones y Protecciones de alta tensión ____ **27**

Figura 20. Cilindros neumáticos simple efecto – C1 y C2 _____ 29

Figura 21. Cilindro neumático doble efecto – C3 _____ 30

Figura 22. Electroválvulas neumáticas AIRTAC _____ 31

Figura 23. Reguladores de caudal unidireccional (RC1, RC2, RC3 y RC4)__ 32

Figura 24. Reguladora de presión FESTO _____ 33

Figura 25. Sensor capacitivo _____ 34

Figura 26. Sensor magnético de posición para cilindros neumáticos (C1, C2 y C3)_____ 35

Figura 27. Circuito ajuste de señal sensor capacitivo _____ 36

Figura 28. Diagrama de flujo, lógica de programación_____ 38

Figura 29. Inicio Simatic Step7 _____ 40

Figura 30. Inicio Simatic HMI - Wincc Flexible _____ 41

Figura 31. WinCC Explorer _____ 42

Figura 32. Normatividad ISO 13407 _____ 44

Figura 33. Principios de dialogo_____ 45

Figura 34. Diálogos de menús _____ 47

Figura 35. Ciclo de vida de la gestión de alarmas _____ 48

Figura 36. Diseño HMI pantalla TP177 Siemens _____ 50

Figura 37. Creación de grupos de Tags_____ 51

Figura 38. Creación variable interna _____ 52

Figura 39. Asignación tipo de variable _____ 52

Figura 40. Creación de variables de proceso _____ 53

Figura 41. Selección de tipo y dirección de la variable _____ 53

Figura 42. Variables internas del sistema SCADA ____ **54**

Figura 43. Variables externas del sistema SCADA ____ **54**

Figura 44. Configuración TCP/IP sistema SCADA ____ **55**

Figura 45. Creación de las Imágenes de Proceso ____ **56**

Figura 46. Edición del nombre de la Imagen de Proceso ____ **56**

Figura 47. Creación ambiente grafico sistema SCADA ____ **57**

Figura 48. Configuración inicio Runtime sistema SCADA ____ **57**

Figura 49. Creación y configuración de alarmas sistema SCADA ____ **58**

Figura 50. Configuración ficheros del proceso ____ **58**

Figura 51. Formato informes sistema SCADA ____ **59**

Figura 52. Ayuda manejo de proyecto y herramientas WinCC Explorer ____ **60**

Figura 53. Diseño y navegación previo menús Sistema SCADA ____ **62**

Figura 54. Imagen inicio y menú principal Runtime ____ **63**

Figura 55. Menú de selección tipo de proceso ____ **67**

Figura 56. Menú acciones paquete grande ____ **67**

Figura 57. Menú acciones paquete pequeño ____ **68**

Figura 58. Menú supervisión de proceso ____ **69**

Figura 59. Menú supervisión en tiempo real del proceso ____ **69**

Figura 60. Menú supervisión de datos del proceso ____ **70**

Figura 61. Datos obtenidos durante el proceso ____ **71**

Figura 62. Menú supervisión de la producción del proceso ____ **71**

Figura 63. Menú supervisión de errores del proceso ____ **72**

Figura 64. Menú testeo elementos móviles del prototipo ____ **73**

Figura 65. Menú condiciones iniciales del prototipo 73

Figura 66. Menú videos 74

Figura 67. Resultados y comportamiento del proceso 75

Figura 68. Datos del proceso 75

Figura 69. Error del proceso 76

Figura 70. Solución fallo durante el proceso 77

Figura 71. Fallos y solución durante el proceso 77

Figura 72. SC vs Banda2 relación Galletas vs Paquetes 78

Figura 73. Datos de producción 78

Figura 75. Plano neumático 86

LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo A. Programa – Código KOP.....85

Anexo B. Plano neumático de la Máquina Prototipo Empacadora de Galletas. 86

Anexo C. Plano Eléctrico Máquina Prototipo Empacadora de Galletas.....87

Anexo D. Manual. 88

GLOSARIO

CIM: sistema de manufactura integrada por computador (Computer Integrated Manufacturing, CIM).

HMI: interfaz humano máquina (Human Machine Interfaz, HMI).

MES: sistema de ejecución de manufactura (Manufacturing Execution System, MES).

PLC: Controlador lógico programable (Programable LogicController, PLC)

RTU: Unidad terminal remota (Remote Terminal Unit, RTU).

SCADA: Control de supervisión y adquisición de datos (Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA).

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: **DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA SCADA WINCC DE SIEMENS A UNA MÁQUINA PROTOTIPO EMPACADORA DE GALLETAS EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACION DE PROCESOS DE LA UPB**

AUTOR: **MATEO FELIPE BUSTOS CASTILLO**

FACULTAD: **FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA**

DIRECTOR(A): **LEIDY JOHANNA OLARTE SILVA**

RESUMEN

Se diseñó, automatizo e implemento el sistema SCADA para el prototipo de la empacadora de galletas asociado a la arquitectura Siemens, el cual fue desarrollado conjuntamente con el ingeniero mecánico, Fabián Maldonado. Se realizo el diseño del prototipo teniendo en cuenta las normativas técnicas establecidas para el montaje de la estructura física, cableado, comunicación, interfaz grafica y demás criterios de selección. Al analizar las necesidades de funcionamiento de la máquina prototipo, se realizó la programación de la misma, en el lenguaje de programación KOP, lenguaje de grafico de programación en esquemas de contactos. Este programa debe cumplir cada una de las funciones establecidas, tanto mecánicas como lógicas. A partir de este diseño, se implementaron los respectivos módulos del sistema SCADA, que brindan la información del proceso, para realizar la supervisión y evaluación de sus características de operación; con lo que se integra a este desarrollo el tercer nivel del modelo CIM.

Palabras Claves: SCADA, Automatización, HMI, modelo CIM, PLC, Ergonomía, KOP.

GENERAL ABSTRACT OF THE THESIS

TITLE: **DESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM SCADA WINCC OF SIEMENS TO A MACHINE PROTOTYPE BALER OF COOKIES IN THE LABORATORY OF PROCESS AUTOMATION OF THE UPB**

AUTHOR: **MATEO FELIPE BUSTOS CASTILLO**

SCHOOL (S): **FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA**

DIRECTOR: **LEIDY JOHANNA OLARTE SILVA**

ABSTRACT

It was designed; automated and implemented the system SCADA for the prototype of the Baler of Cookies associated to Siemens architecture, which was developed together with the Mechanical Engineer, Fabián Maldonado. I realize the design of the prototype having in mind the technical regulations established for the assembly of the physical structure, wired up, communication, graphical interface and other criteria of selection. When analyze the needs of functioning of the machine prototype, I realize the programming of the same one, in the language of programming KOP, language of graph of programming in schemes of contacts. This program must have each of the established functions, so much mechanical as logics. From this design, there were implemented the respective modules of the System SCADA, which offer the information of the process, to realize the supervision and evaluation of his characteristics of operation; with what integrate to this development the third level of the model CIM.

Keywords: SCADA, automation, HMI, CIM model, PLC, ergonomics, KOP

INTRODUCCION

La *ley universal del mínimo esfuerzo* es nuestra base y en la que se enfocaran los logros tecnológicos, ya que como consecuencia de esto, se han creado e inventado un sin número de herramientas para reducir o evitar en algunos casos trabajo pesado, cansino y arduo.

Específicamente en la informática sus cimientos y evolución, se puede decir que se deben a la necesidad de automatizar procesos o cálculos matemáticos en vez de realizarlos manualmente.

La automatización de procesos, conlleva a que dicho proceso sea más productivo, de mejor calidad y así mismo disminuir los tiempos y costos de producción. Además al transferir las tareas de producción de operadores humanos a un conjunto de elementos, se reduce la accidentalidad laboral y los errores en los procesos.

Para la optimización de los procesos, la ciencia de la automatización ha adaptado un sinnúmero de posibilidades donde se integran la tecnología y la producción, en las distintas áreas de una empresa. El modelo CIM (*Computer Integrated Manufacturing*) como su nombre lo indica, está basado en el modelo de manufactura integrada por computador.

Los sistemas de supervisión de control y adquisición de datos (SCADA), permiten la gestión y control de cualquier sistema local o remoto gracias a una interface grafica que comunica al usuario con el sistema. [1]

Por tanto, con el objetivo de optimizar y dar continuidad al desarrollo de prototipos en la línea de automatización de las facultades de Ingeniería Electrónica, Industrial y Mecánica; se realizaron ajustes en la máquina prototipo empacadora de galletas, con el fin de optimizar el proceso de empacado, lo que a su vez conlleva a la reducción en tiempo, costos además de aumentar la calidad del producto.

1 JUSTIFICACION

Al adquirir, implementar, integrar y aplicar diversas tecnologías y arquitecturas de automatización de procesos industriales, la Universidad, con el fin de brindar mejores herramientas de trabajo a sus profesionales y especialistas; vio la necesidad de avanzar para mantenerse en la vanguardia tecnológica y rediseñar y mejorar las máquinas prototipos para cada una de sus arquitecturas (Siemens, Telemecanique y Allen Bradley).

Al ir más a fondo de la automatización, se ve la necesidad de enfocar mas en el avance, el desarrollo y la implementación de un sistema SCADA, para la arquitectura Siemens, aplicando todas las normas y reglas referentes a la ergonomía, adquisición y presentación de información, y el manejo de alarmas.

Al integrar el tercer nivel del modelo CIM con el diseño e implementación del sistema SCADA, se da un paso fundamental para el aprendizaje y entendimiento de la optimización en los procesos de control. Mediante el uso de herramientas de gestión tales como supervisión, registros, tendencias, alarmas e históricos de datos.

El proceso de implementación del SCADA, se hace didáctico, amigable y claro para con el usuario, en este caso estudiantes de ingenierías Electrónica, Industrial y Mecánica. Con lo cual se evidencia la importancia de un diseño adecuado y que abarque correctamente las diferentes necesidades presentadas en cada caso.

2 MARCO TEORICO

2.1 SISTEMA SCADA

Se da el nombre de SCADA a cualquier software que permita el acceso a datos remotos de un proceso y permita, utilizando las herramientas de comunicación necesarias en cada caso, el control del mismo.

No se trata de un sistema de control, sino de una utilidad software de monitorización o supervisión, que realiza la tarea de interface entre los niveles de control (PLC) y los de gestión, a un nivel superior. [1]

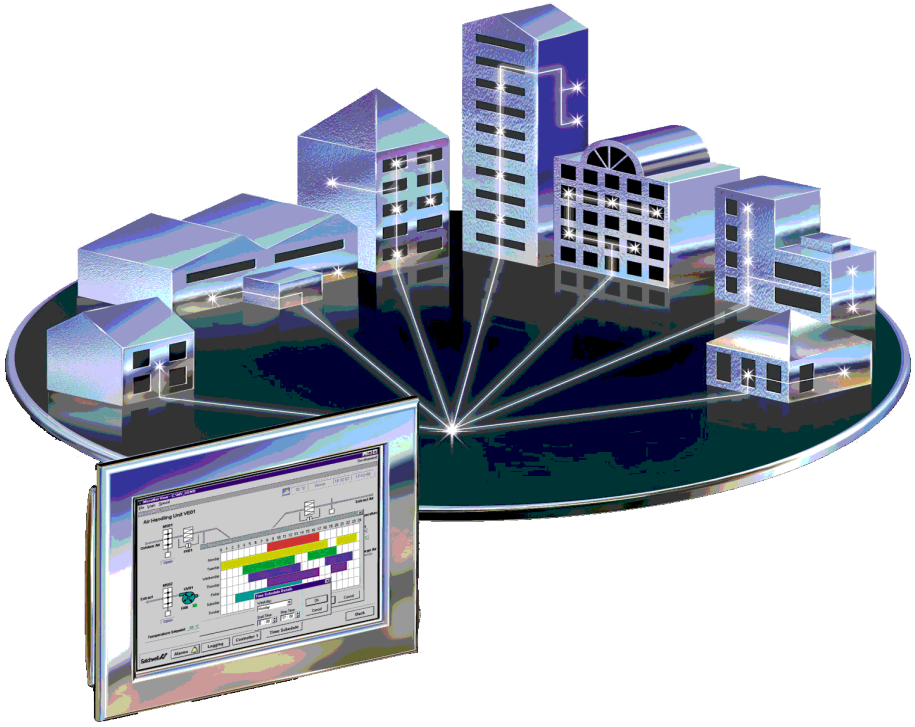


Figura 1. Sistema SCADA. [2]

2.1.1 Objetivos Los sistemas SCADA se conciben principalmente como una herramienta de supervisión y mando. Entre sus objetivos podemos destacar:

- *Economía*
- *Accesibilidad*
- *Mantenimiento*

- *Ergonomía*
- *Gestión*
- *Flexibilidad*
- *Conectividad*

El sistema a controlar aparece ante el usuario bajo un numero más o menos elevado de pantallas con mayor o menos información. Se pueden encontrar planos, fotografías, esquemas eléctricos, gráficos de tendencias, etc. [1]

2.1.2 Prestaciones El paquete SCADA, en su vertiente de herramienta de interface hombre-máquina, comprende toda una serie de funciones y utilidades encaminadas a establecer una comunicación, lo más clara posible, entre el proceso y el operador:

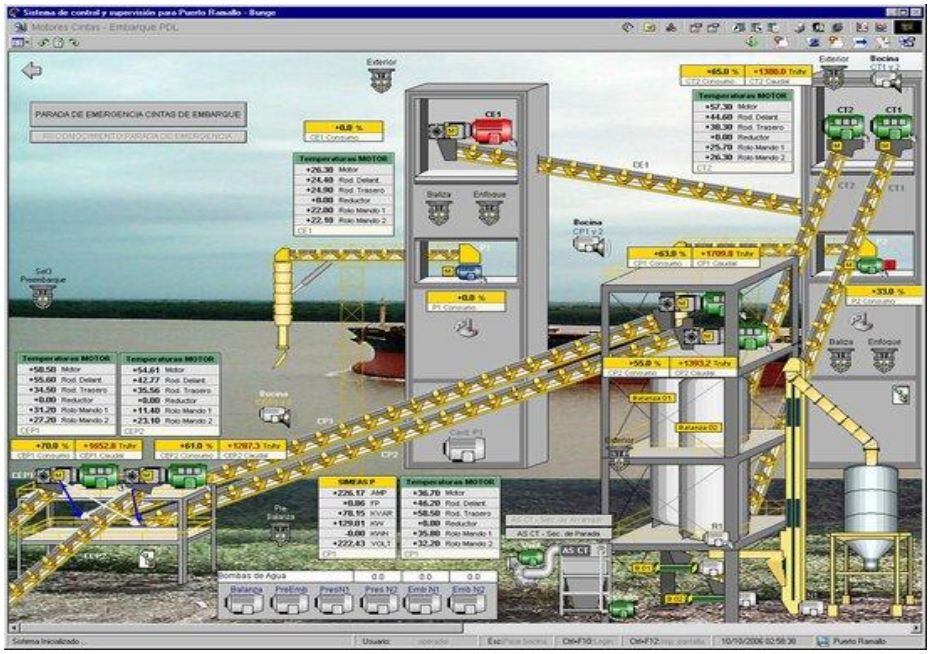


Figura 2. Línea de recepción y despacho de granos. [3]

- ***La monitorización:*** representación de los datos en tiempo real a los operadores de planta.
- ***La supervisión:*** supervisión, mando y adquisición de datos de un proceso y herramientas de gestión para la toma de decisiones.
- ***La adquisición de datos de los procesos en observación:*** en un sistema se puede observar mediante herramientas registradoras y obtener así un

valor medio, guardando los valores obtenidos y avaluándolos a posterioridad.

- ***La visualización de los estados de las señales del sistema (alarmas y eventos):*** reconocimiento de eventos excepcionales acaecidos en la plata y su inmediata puesta en conocimiento a los operarios para efectuar las acciones correctoras pertinentes. Además, los páneles de alarma pueden exigir alguna acción de reconocimiento por parte del operario, de forma que queden registradas las incidencias.
- ***El mando:*** posibilidad de que los operadores puedan cambiar consignas u otros datos claves del proceso directamente desde el ordenador.
- ***Garantizar la seguridad de los datos:*** tanto el envió como la recepción de datos debe estar suficientemente protegidos de influencias no deseadas, intencionadas o no.
- ***Garantizar la seguridad en los accesos:*** restringiendo zonas de programa comprometidas a usuarios no autorizados, registrando todos los accesos y acciones llevadas a cabo por cualquier operador.

Cuando se habla de un sistema SCADA no hay que olvidar que hay algo más que las pantallas que nos informan de cómo van las cosas en nuestra instalación. Tras estas se encuentran multitud de elementos de regulación y control, sistemas de comunicaciones y múltiples utilidades de software que pretenden que el sistema funcione de forma eficiente y segura.

2.1.3 Entorno La automatización de sistemas, desde el estado inicial de aislamiento productivo, ha pasado a formar parte del ámbito corporativo y se engloba dentro del paquete empresarial con la finalidad de optimizar la productividad y mejorar la calidad.

El esquema que representa los flujos de información dentro de la empresa y representa como se realiza la integración de todos los niveles es similar a la conocida pirámide de automatización CIM. [1]

Presenta la estructura corporativa dividida en tres niveles, que engloban las funciones principales que se desarrollan en cada uno de ellos:

- ERP (Enterprise Resource Planning): engloba la parte de gestión: finanzas, compras, ventas, logística.

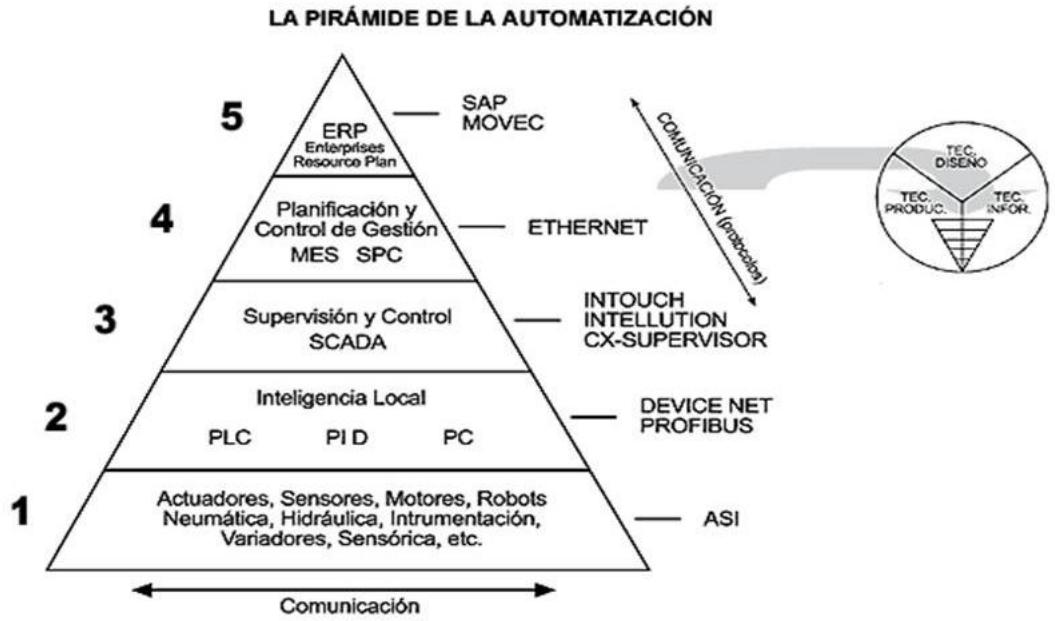


Figura 3. Modelo CIM (Manufactura Integrada por Computador). [4]

- MES (Manufacturing Execution System): comprende la gestión de calidad, documentación, gestión de producción, mantenimiento y optimización.
- CONTROL: engloba toda la parte de automatización y control de procesos.

Estos niveles engloban los diferentes flujos de información que se dan entre los elementos de cada uno de ellos y el intercambio de información que se da entre los diferentes niveles. [1]

La finalidad de este organigrama es disponer de la máxima información posible sobre el estado operativo global de la empresa para planificar las acciones de producción:

- Conocer la demanda prevista para planificar la producción a corto, medio y largo plazo y coordinar compras y logística (ERP).
- Conocer las existencias de material disponibles para aplicar en el proceso productivo y decidir si hay que planificar nuevas compras (MES, Gestión de Almacén).
- Coordinar los ciclos de mantenimiento preventivo para conocer la disponibilidad de máquinaria y la capacidad operativa durante el tiempo de producción previsto (MES, Mantenimiento).
- Conocer el estado operativo de planta (CONTROL, SCADA).

2.1.4 Criterios de Selección y Diseño Desde la invención de los primeros automatismos, los sistemas de control han ido creciendo en complejidad y han invadido todos los campos, desde las máquinas expendedoras, hasta los grandes sistemas de gestión de energía. Han pasado a ser parte de nuestras vidas y solo se percibe su verdadera magnitud, cuando estos dejan de funcionar correctamente debido a un mal diseño o a situaciones imprevistas, que es casi lo mismo. [1]

Un sistema de control cualquiera es útil, evidentemente, mientras funcione correctamente. En caso contrario puede crear problemas de forma directa o indirecta.

La reacción de un sistema ante situaciones inesperadas determinara su grado de fiabilidad, es decir, el tiempo de operación del mismo y puede mejorarse mediante el uso de técnicas de diseño adecuadas.

Los parámetros que influyen en las posibilidades de supervivencia se pueden englobar bajo los siguientes denominadores:

- *Disponibilidad*
- *Robustez*
- *Seguridad*
- *Prestaciones*
- *Mantenibilidad*
- *Escalabilidad*

2.1.5 Arquitectura de un Sistema SCADA El desarrollo del ordenador personal ha permitido su implementación en todos los campos del conocimiento y a todos los niveles imaginables.

Las primeras incursiones en el campo de la automatización localizaban todo el control en el PC y tendían progresivamente a la distribución del control en planta. De esta manera, el sistema queda dividido en tres bloques principales:

- Software de adquisición de datos y control (SCADA).
- Sistemas de adquisición y mando (Sensores y Actuadores).
- Sistema de interconexión (Comunicaciones).

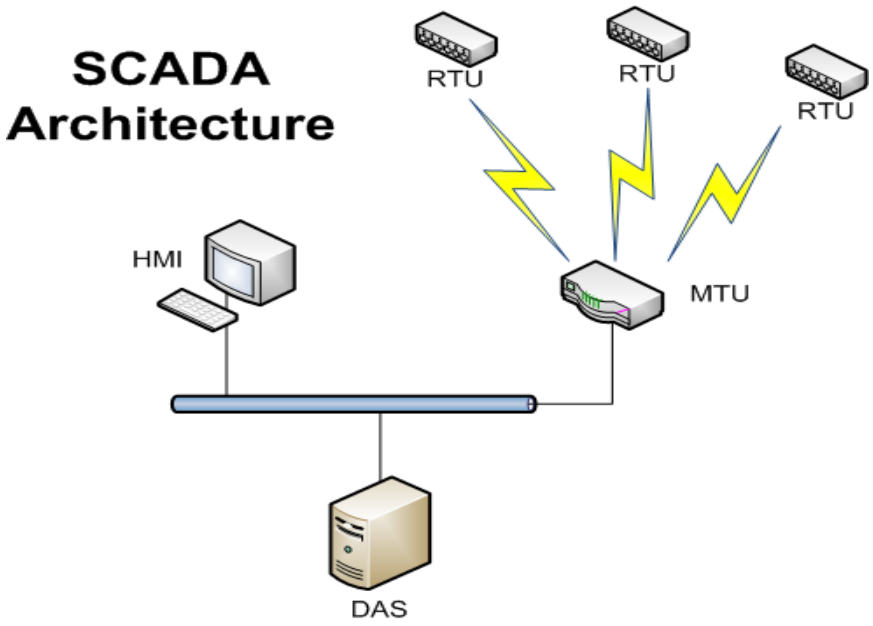


Figura 4. Arquitectura Sistema SCADA. [5]

El usuario, mediante herramientas de visualización y control, tiene acceso al sistema de control de proceso, generalmente un ordenador donde reside la aplicación de control y supervisión. La comunicación entre estos dos sistemas se suele realizar a través de comunicaciones corporativas tales como Ethernet. [1]

El sistema de proceso capta el estado del sistema a través de los elementos sensores e informa al usuario de las herramientas HMI. Basándose en los comandos ejecutados por el usuario, el sistema de proceso inicia las acciones pertinentes para mantener el control del sistema a través de los elementos actuadores.

La transmisión de los datos entre el sistema de proceso y los elementos de campo se lleva a cabo mediante los denominados buses de campo. La tendencia actual es englobar los sistemas de comunicación en una base común, como Ethernet industrial. Toda la información generada durante la ejecución de las tareas de supervisión y control se almacenan para disponer de los datos a posteriori.

Mediante el software de adquisición de datos y control, el mundo de las máquinas se integra directamente en la red empresarial, pasando a formar parte de los elementos que permitirán crear estrategias de empresa globales. Aparece el

concepto de fabricación integral informatizada. (*Computer Integrated Manufacturing*).

Un sistema SCADA es una aplicación de software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción que proporciona comunicación entre los dispositivos de campo, llamados también RTU, donde se pueden encontrar elementos tales como controladores autónomos o autómatas programables y un centro de control o unidad central, donde se controla el proceso de forma automática desde la pantalla de uno o varios ordenadores.

La estructura funcional de un sistema de visualización y adquisición de datos obedece generalmente a la estructura maestro-esclavo. La estación central se comunica con el resto de estaciones requiriendo de estas una serie de acciones o datos. [1]

- ***Hardware*** Un sistema SCADA, a escala conceptual, está dividido en dos grandes bloques:

  - ✓ Captadores de datos: recopilan los datos de los elementos de control del sistema y los procesan para su utilización. Son los servidores del sistema.

  - ✓ Utilizadores de datos: los que utilizan la información recogida por los anteriores, como pueden ser las herramientas de análisis de datos o los operadores del sistema. Son los clientes.

  Mediante los clientes, los datos residentes en los servidores pueden evaluarse, permitiendo realizar las acciones oportunas para mantener las condiciones nominales del sistema.

  Mediante los denominados buses de campo, los controladores de proceso envían la información a los servidores de datos, los cuales, a su vez, intercambian la información con niveles superiores del sistema automatizado a través de redes de comunicación de área local.

  Estos sistemas están formados por los siguientes elementos básicos:

2.1.5.1 Interface Hombre-Máquina (HMI, MMI) Comprende los sinópticos de control y los sistemas de presentación grafica. La función de un Panel Sinóptico es la de representar, de forma simplificada, el sistema bajo control.

En un principio, los paneles sinópticos eran de tipo estático, colocados en grandes panales plagados de indicadores y luces. Con el tiempo han ido evolucionando, junto al software, en forma de representaciones graficas en pantallas de visualización. En los sistemas complejos suelen aparecer los terminales múltiples, que permiten la visualización, simultáneamente, de varios sectores del sistema.

De todas formas, en ciertos casos, interesa mantener la forma antigua del Panel Sinóptico, pues la representación del sistema completo es más clara para el usuario al tenerla presente y no le afectan los eventuales fallos de alimentación de componentes o de controladores gráficos. [1]

Figura 5. Interfaz hombre máquina - HMI. [6]

2.1.5.2 Unidad central (MTU, Master Terminal Unit) Centraliza el mando del sistema. Se hace uso extensivo de protocolos abiertos, los cuales permiten la interoperabilidad de multiplataformas y multisistemas. Un sistema de este tipo debe estar basado en estándares asequibles a bajo precio para cualquier parte interesada. De esta manera, es posible intercambiar información en tiempo real entre centros de control y subestaciones situadas en cualquier lugar.

En el centro de control se realiza, principalmente, la tarea de recopilación y archivado de datos. Toda esta información que se genera en el proceso productivo se pone a disposición de los diversos usuarios que puedan requerirla. Se encarga de:

- ✓ *Gestionar las comunicaciones*
- ✓ *Recopilar los datos de todas las estaciones remotas (RTU)*
- ✓ *Envió de información*
- ✓ *Comunicación con los operadores*
- ✓ *Análisis*
- ✓ *Impresión*
- ✓ *Visualización de datos*
- ✓ *Mando*
- ✓ *Seguridad*

Estas tareas están encomendadas a equipos informáticos con funciones específicas y exclusivas, tales como:

- ✓ Almacenar datos (*Database server*): se ocupa del archivado de datos para el proceso posterior de los mismos mediante herramientas de representación grafica o de análisis estadístico.
- ✓ Almacenar archivos (*File server*): almacena los resultados de los análisis de los datos recogidos, guarda los datos concernientes a los eventos del sistema, datos de configuraciones, alarmas, etc.
- ✓ Administración: permite la gestión y el mantenimiento del sistema SCADA, controlar los sistemas de seguridad modificar la configuración de las tareas de backup, etc.
- ✓ Comunicaciones: permite el intercambio de datos en tiempo real con estaciones remotas. Este es un punto de entrada y salida de datos, por tanto, debe prestarse especial atención a la seguridad y protegerlo de accesos no autorizados.

2.1.5.3 Unidad remota (RTU, Remote Terminal Unit) Por unidad o estación remota, se puede entender aquel conjunto de elementos dedicados a labores de control y/o supervisión de un sistema, alejados del centro de control y comunicados con éste mediante algún canal de comunicación. [1]

Dentro de esta clasificación se puede encontrar varios elementos más o menos diferenciados:

- ✓ *RTU (Remote Terminal Unit):* especializados en comunicación.
- ✓ *PLC (Programmable Logic Controller):* tareas generales de control.
- ✓ *IED (Intelligent Electronic Device):* tareas específicas de control

Figura 6. Switch SCALANCE X-208. [7]

- ***RTU*** Las Unidades remotas, se encargaban en un principio de recopilar los datos de los elementos de campo y transmitirlos hacia la unidad central, a la vez que envían los comandos de control a estos. Serian los denominados procesadores de comunicación.

  Suelen estar basadas en ordenadores especiales que controlan directamente el proceso mediante tarjetas convertidoras adecuadas o que se comunican con los elementos de control mediante los protocolos de comunicación adecuados. Su construcción es más robusta, son operativos dentro de un rango de temperaturas mayor que los ordenadores normales y su robustez eléctrica también es mayor.

- ***PLC*** Los controladores lógicos programables o PLC, empezaron como sistemas de dedicación exclusiva al control de instalaciones, máquinas o procesos. Con el tiempo, han ido evolucionando, incorporando cada vez más prestaciones en forma de módulos de ampliación, entre ellos los procesadores de comunicaciones, que han hecho desvanecer la línea divisoria entre RTU y PLC, quedando incluidas todas las prestaciones en el PLC. [1]

A su vez, los PLC pueden tener elementos distribuidos con los cuales se comunican a través de sistemas de comunicación llamados buses de campo.

- ***IED*** Son los denominados periféricos inteligentes (*Intelligent Electronic Devices*). Se trata de elementos con propiedades de decisión propias que se ocupan de tareas de control, regulación y comunicación. Dentro de esta clasificación se pueden encontrar elementos tales como PLC, reguladores, variadores de frecuencia, registradores, procesadores de comunicación, generadores de tiempo y frecuencia, controladores de energía reactiva, transductores, etc. [1]

2.1.5.4 Sistemas de Comunicación El intercambio de información entre servidores y clientes se basa en la relación de productor-consumidor.

Los servidores de datos interrogan de manera cíclica a los elementos de campo, recopilando los datos generados por registradores, autómatas, reguladores de proceso, etc.

Un servidor de datos puede gestionar varios protocolos de forma simultánea, estando limitado por su capacidad física de soportar las interfaces de hardware. Estas permiten el intercambio de datos bidireccionales entre la Unidad Central y las unidades remotas mediante un protocolo de comunicaciones determinado y un sistema de transporte de información para mantener el enlace entre los diferentes elementos de la red. [1]

- ***Topologías*** Las diversas combinaciones de los elementos que se comunican dan lugar a unas topologías determinadas:

  - ✓ Punto a punto
  - ✓ Multipunto dedicado
  - ✓ Multipunto compartido estrella
  - ✓ Multipunto compartido bus
  - ✓ Multipunto compartido anillo

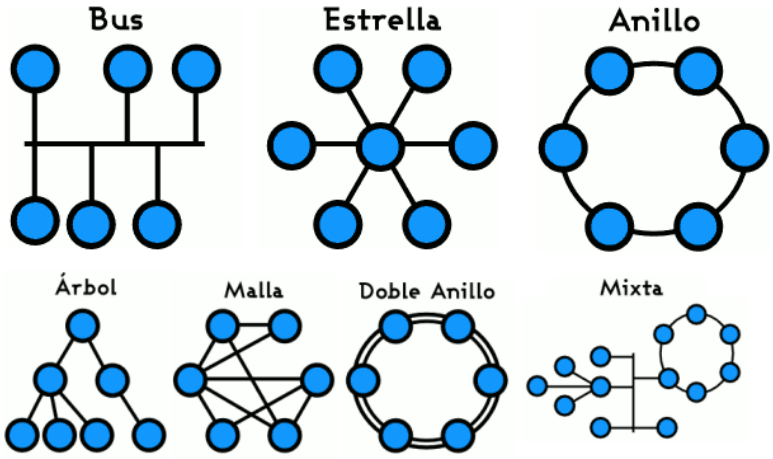


Figura 7. Topología de redes. [8]

- ***Seguridad*** La aplicación de estándares a las comunicaciones permite una mayor integración y flexibilidad en las configuraciones. No hay que olvidar que el uso de estándares acarrea problemas con la seguridad en los accesos (*Hacking*), los virus informáticos, la integridad de los datos o los problemas de comunicación. [1]

2.2 REGLAMENTACION

Al Comité Europeo de Normalización (CEN), en colaboración con la Organización Internacional de Normalización (ISO, International Standards Organization), le ha correspondido la elaboración de las normas ISO 9241 y EN 29241: Ergonomics requirements of visual displays terminals (VDT's) used for office tasks.

Quien necesite conocer los requisitos ergonómicos mínimos que deben reunir los equipos de visualización, de manera que se asegure un uso seguro y confortable de los mismos, deberá remitirse a las normas establecidas que hagan referencia a estas.

Usuarios, fabricantes y diseñadores de estos equipos, son los destinatarios de estas normas, así como a todos los implicados en su uso y en las condiciones de utilización. Inicialmente, estas normas técnicas no son de obligado cumplimiento, son unas directrices que pretenden uniformizar y aclarar todos los aspectos técnicos involucrados en el acondicionamiento de puestos de trabajo con pantallas de visualización. [1]

2.2.1 Ergonomía La ergonomía es la ciencia que estudia cómo adaptar el entorno a las condiciones óptimas para que el ser humano pueda desarrollar su labor con la mayor eficacia sin que ello afecte su salud.

Dentro del concepto de ergonomía se contemplan aspectos tales como la temperatura y humedad ambiente, disposición y forma del equipamiento, iluminación o ruido, entre otros.

Se ha visto que hay abundante información acerca de las condiciones de seguridad e higiene en el puesto de trabajo, de manera que se puede disponer de una serie de directrices que ayuden a crear un ambiente de trabajo seguro y acogedor.

Figura 8. Ergonomía digital. [9]

2.2.1.1 Aspectos Fundamentales

- ✓ *Puesto de trabajo*
- ✓ *Iluminación*
- ✓ *Ruido*
- ✓ *Temperatura y humedad*
- ✓ *Emisiones electromagnéticas*
- ✓ *Interconexión ordenador-persona*

2.2.1.2 Normatividad Relacionada

- Norma UNE 81425:1991: Principios ergonómicos a considerar en el proyecto de los sistemas de trabajo

- Norma UNE-EN 28996:1995: Ergonomía. Determinación de la producción del calor metabólico.

- Norma UNE-EN 27243:1995: Ambientes calurosos. Estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo basado en el índice WBGT. (Wet Bulb Globe Thermometer – Índice de riesgos térmicos)

- Norma UNE-EN 29241:1994: Requisitos ergonómicos para trabajo de oficina con pantallas de visualización de datos (PVD).

- Norma UNE-EN ISO 7730:1996: Ambientes térmicos moderados. Determinación de los índices PMV (Índice de estimación de la sensación térmica) y PPD (Índice grado de incomodidad) y especificaciones de las condiciones para el bienestar térmico.

- Norma UNE-EN 614-1 (febrero de 1996) Seguridad en la máquinas. Principios de diseño ergonómico. Directiva 93/104/CE, del 23 de noviembre de 1993. Determinados aspectos de la ordenación del tiempo de trabajo.

- Norma UNE-EN ISO 13406-1:200: Requisitos ergonómicos para trabajos con pantallas de visualización de panel plano.

- UNE-EN ISO 10075: Principios ergonómicos relativos a la carga de trabajo mental.

- ANSI/ISA-18.2 Gestión de alarmas.

Figura 9. Normatividad ANSI, ISO. [10]

2.3 SISTEMAS SCADA's PRINCIPALES

2.3.1 PROVEEDOR: USDATA

- **Producto: Factory Link 7** Esta solución SCADA es usada para recolectar información crítica de los procesos de la planta. Fue diseñada específicamente para MS Windows 2000 bajo la plataforma multicapa de DNA (Distributed iNternet Applications). Utiliza la tecnología estándar de objetos para la importación de datos externos, con lo que se reduce el costo de propiedad de los sistemas.

2.3.2 PROVEEDOR: National Instruments

- **Producto: LabView** Ofrece un ambiente de desarrollo gráfico con una metodología muy fácil de dominar por ingenieros y científicos. Con esta herramienta se pueden crear fácilmente interfaces de usuario para la instrumentación virtual sin necesidad de elaborar código de programación.

Figura 10. Producto Sistema SCADA. [21]

- **Producto: Lookout 4.5** Proporciona Control ActiveX para aplicaciones industriales, y los usuarios pueden aprovechar cualquier producto con control ActiveX disponible para construir dichas aplicaciones.

2.3.3 PROVEEDOR: Rockwell Automation

- **Producto: RSView32** Este software MMI para monitorear y controlar máquinas automatizadas y procesos está diseñado para operar en el ambiente de MS Windows 2000 con soporte para español. Es completamente compatible con contenedores OLE para ActiveX, lo que facilita la inclusión de controles de este tipo suministrados por terceros. [25]

- **Producto: RSBatch** Mediante este software se pueden configurar modelos de procedimientos para ejecutar secuencias de control de bache (tanda) e integrar acciones de control e información de producción con otras selecciones de software complementario.

Figura 11. Proveedores sistemas SCADA. [22]

2.3.4 PROVEEDOR: Siemens

- **Producto: HYBREX (Hybrid Expert System)** Herramienta de simulación que permite realizar cambios virtuales en la planta y observar sus resultados sin ningún riesgo.

- **Producto: WinCC HMI Ver. 5.0** WinCC HMI combina las características estándar (gráficos, alarmas, administración de recetas, etcétera) con otras avanzadas (reportes, referencias entre proyectos, diagnóstico de proceso, soporte multilingüe y redundancia completa).

- **Producto: Web Control Center (webCC)** Permite que una gran variedad de información desde varias áreas de la planta se despliegue simultáneamente en una sola interfase de usuario.

- **Producto: SIMATIC WinAC ODK (Open Developer Kit)** Herramienta de software para extender las funciones de WinAC que ofrece una serie de interfaces abiertas de alta velocidad para integrar datos de procesos en tiempo real con otras aplicaciones de software.

- **Producto: SIMATIC WinAC (Windows Automation Center)** Mediante esta solución integrada para control, HMI, redes y procesamiento de datos –todos en la misma plataforma– es posible emular el funcionamiento de un PLC un PC (la parte de control permite que se utilice un PC para emular a un PLC).

- **Producto: SIMATIC PLCSim** Herramienta de software que permite ejecutar programas de Simatic Step 7 en un PC. Así, se pueden depurar con mayor facilidad los programas antes de ingresarlos a los PLCs, facilitando el proceso de liberación de los sistemas de automatización. También funciona con sistemas Simatic WinCC, lo que permite verificar previamente los programas HMI. [25]

2.3.5 PROVEEDOR: Wonderware

- **Producto: FactorySuite 2000** Consiste en un conjunto de aplicaciones de software industrial orientado hacia las aplicaciones de control y MMI.

  - ✓ Intouch
  - ✓ IndutrialSQL Server
  - ✓ InControl
  - ✓ In Track
  - ✓ InBatch

- **Producto: SuiteVoyager 1.0** Permite a los usuarios crear un portal para visualizar la información de la planta que proviene de los módulos de InTouch, I/O Servers e IndustrialSQL mediante el uso de una conexión sencilla a internet y el empleo de un navegador convencional. [25]

2.4 SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control han ido siempre acompañados de unas interfaces de comunicación con el operador provistas de una tecnología más o menos compleja.

En sus inicios, los sistemas que se utilizaban para controlar procesos eran tecnológicamente simples, pues debían controlar procesos simples y las necesidades de control eran mínimas, tal como podía ser abrir o cerrar una llave de paso. [1]

Con el tiempo ha ido aumentando la complejidad de estos sistemas de forma exponencial, ya no basta con uno o dos indicadores, sino que son necesarios muchos más, colocados en unos paneles repletos de indicadores, esquemas y dibujos hechos con más o menos gracia. Toda esta tecnología se había basado en la lógica cableada y ha ido evolucionando sobre la marcha, incorporando los últimos avances en visualización de datos y ha llegado a su máxima expresión, a

día de hoy, con los ordenadores y las pantallas de visualización como estrella indiscutible de la función de dialogo entre el operador y el sistema.

La tarea de mantener informado al operador de lo que está aconteciendo en su instalación ha sido cada vez más difícil de plasmar físicamente, como se puede ver en la imagen. Ya no basta con un indicador, a veces es necesario colocar una imagen de conjunto para saber dónde se está situado. Por ello, la interface HMI se ha centrado principalmente en la interacción entre el operario y el ordenador, punto de contacto entre personas y tecnología. [1]

Figura 12. Sistemas de control. [23]

Los esfuerzos de los diseñadores se han centrado hasta ahora únicamente en el problema de mostrar toda la información disponible, sin tener en cuenta si la información aparecía de manera coherente y comprensible para sus destinatarios o si era realmente útil como ayuda en la toma de decisiones.

Toda la historia de evolución ha ido orientada a hacer la tarea del operador más sencilla y cómoda, pero hay dos factores que no ha sido posible modificar con el tiempo: el aburrimiento y la fatiga.

Si se considera que estas dos constantes van a estar presentes, se debe tener en mente hacer lo posible para minimizar o retardar la aparición de las mismas. [1]

Cualquier sistema controlado puede serlo de dos maneras, si se ciñe a los caminos de la información dentro del mismo:

- Confiando absolutamente en que los parámetros de diseño son correctos y que las ordenes que se envíen al sistema serán cumplidas.
- Vigilando continuamente que las ordenes enviadas se cumplan y realizando las correcciones adecuadas siempre que se a necesario.

Todos los sistemas de control que se engloban dentro del primer modelo reciben el nombre de sistemas de regulación en lazo abierto. Estos sistemas se basan en el diseño adecuado de los parámetros y las condiciones de trabajo del elemento de control para que este sea capaz de mantener el sistema controlado dentro de los límites deseados.

A los que se engloban dentro de la segunda definición, se les denomina sistemas de regulación en lazo cerrado, o realimentados y trabajan vigilando continuamente las reacciones del sistema a controlar, efectuando las acciones de corrección necesarias para mantener el control dentro de los límites deseados. [1]

2.5 INSTRUMENTACION

Se aplica la medición, el censado y procesamiento de la información del proceso de producción, ejecutando acciones básicas provenientes de las variables físicas a las cuales se les realiza el monitoreo y control mediante sensores y actuadores respectivamente.

2.5.1 Sensores Son dispositivos que toman la medida de una magnitud exterior y la transforman en señales eléctricas que son posibles de cuantificar; y de esta manera realizar el monitoreo y control. [13]

2.5.2 Actuadores Son los elementos que reciben la orden de los controladores, realizan la acción planeada y se adaptan a los cambios en el control dinámico. [13]

Figura 13. Sensores. [11]

Figura 14. Actuadores. [12]

2.5.3 Acondicionadores Dado que las señales del sistema deben ser compatibles, para ello se deben utilizar los acondicionadores de señal, que son elementos del sistema que a partir de la señal de salida de un sensor electrónico ofrecen un resultado registrado y legible para un instrumento de control. [13]

2.6 MÁQUINA PROTOTIPO

La máquina prototipo empacadora de galletas que se muestra en la figura 15, fue ensamblada, configurada y automatizada con el fin de cumplir uno a uno los requisitos de funcionamiento establecidos durante su concepción. Para ello se hizo un exhaustivo diseño donde se evaluaron previamente que tipo de elementos, mecánicos, eléctricos y electrónicos la conformarían.

Figura 15. Máquina Prototipo Empacadora de Galletas – MPEG. [24]

2.6.1 Sistema de Control El sistema más seguro se basa en la vigilancia, por tanto, los sistemas de control que requieren fiabilidad, utilizan la regulación en lazo cerrado.

Entre el controlador y el controlado, circula información. La información puede definirse como cualquier tipo de energía que pueda ser emitida y después detectada. En sistemas de control, la información sufre tres cambios:

1. Es producida por el sistema a controlar e interpretada por medio de diferentes elementos denominados sensores.

2. Se transmite hacia el sistema de control, donde es procesada y da lugar a una nueva información.

3. Se emite y codifica, de manera que puede ser introducida en el sistema mediante unos convertidores que denominamos actuadores.

El individuo, como parte de este proceso, recibe estímulos de diferentes fuentes, que debe saber ponderar e interpretar para poder realizar su cometido:

- De los sistemas de procesos
- Del entorno de trabajo
- De los medios disponibles para realizar sus funciones
- Del resultado del proceso
- Del análisis de resultados

Todas estas entradas de información son procesadas a través de los sentidos, que son los elementos sensores del individuo. Básicamente, a nivel industrial se hará uso intensivo, por orden de importancia, de la vista, el oído y el tacto. Nos vamos a centrar principalmente en el aspecto visual de la aplicación de supervisión, pues la vista es el sentido más explotado en el intercambio de información con el sistema de control. [1]

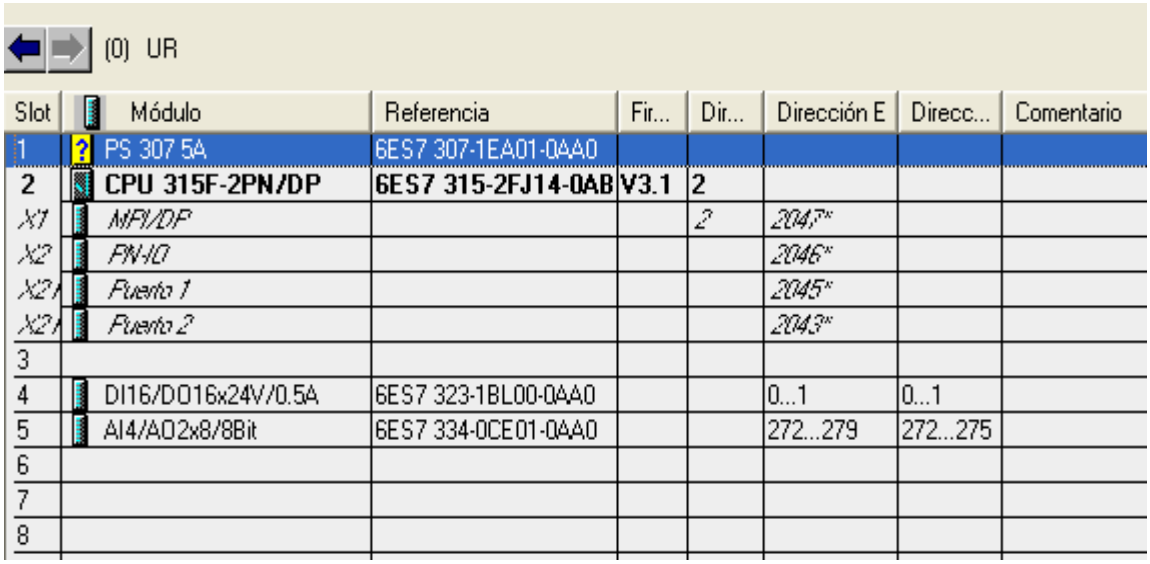
2.6.1.1 Controladores lógicos programables (PLC) La automatización tiene como propósito general aumentar la competitividad de la industria con la utilización de nuevas y mejores tecnologías. La constante evolución del hardware y software, aumenta constantemente en el campo de automatización, para poder satisfacer las necesidades que se detectan a nivel mundial. La utilización del PLC se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de operación, manejo, control, señalización, etc.

El controlador lógico programable es un dispositivo que sustituye los circuitos con relés para el control de un proceso determinado. El funcionamiento del PLC depende de la información y estado de sus entradas y salidas implementadas, las cuales se configuran vía software, transfiriendo el programa que controlara el proceso. Un PLC consta principalmente de una CPU, una fuente de alimentación y una o varias áreas de módulos apropiados para manipular señales de entrada y salida, análogas o digitales.

La automatización del prototipo que se presenta en este proyecto, se realizó mediante un PLC de la familia SIMATIC S7, el cual se encarga, mediante la adecuada programación, de manipular las señales digitales de entrada y salida, para tener una administración del proceso de empacado de galletas, en dos presentaciones de tamaño, implementando para ello instrumentación electrónica y sensórica apropiada. [14]

Figura 16. PLC Siemens Simatic. [24]

2.6.1.2 Gabinete principal de la Máquina Prototipo El gabinete de control principal de arquitectura Siemens, está conformado por un PLC S7300, que cuenta internamente con una CPU 315F-2PN/DP (315-2FJ14-0AB0) y módulos de entradas y salidas digitales y análogas; de referencias DI16/DO14x24V/0,5A Y AO4/AO2x8/8bit respectivamente. Además del PLC que representa la parte de control, también se cuenta con una parte de comunicaciones que se encarga de la transferencia y flujo constante de información entre las HMI, el PC y el PLC. Para ello se cuenta con un Switch Scalance X208.


(0) UR

Slot	Módulo	Referencia	Fir...	Dir...	Dirección E	Direcc...	Comentario
1	PS 307 5A	6ES7 307-1EA01-0AA0					
2	**CPU 315F-2PN/DP**	**6ES7 315-2FJ14-0AB**	**V3.1**	2			
X1	*MPI/DP*			2	2047*		
X2	*PN-IO*				2046*		
X2	*Puerto 1*				2045*		
X2	*Puerto 2*				2043*		
3							
4	DI16/DO16x24V/0.5A	6ES7 323-1BL00-0AA0			0...1	0...1	
5	AI4/AO2x8/8Bit	6ES7 334-0CE01-0AA0			272...279	272...275	
6							
7							
8							

Figura 17. Configuración interna PLC. [24]

La etapa de control del gabinete principal, consta de bornas de conexión y de relés que cumplen la función de accionar las salidas del PLC. La implementación de bornas, es primordial, ya que este gabinete hace parte del laboratorio de automatización de procesos de la UPB; por lo tanto debe brindar facilidad y seguridad para las conexiones, ya sea para la elaboración prácticas de laboratorio o para la implementación de alguna mejora del prototipo relacionado a este gabinete. Por lo anterior, también se encuentran rack's, conectores, rieles y cableado de control; que habilitan las conexiones al PLC de manera segura e indirecta. (Ver figura 18)

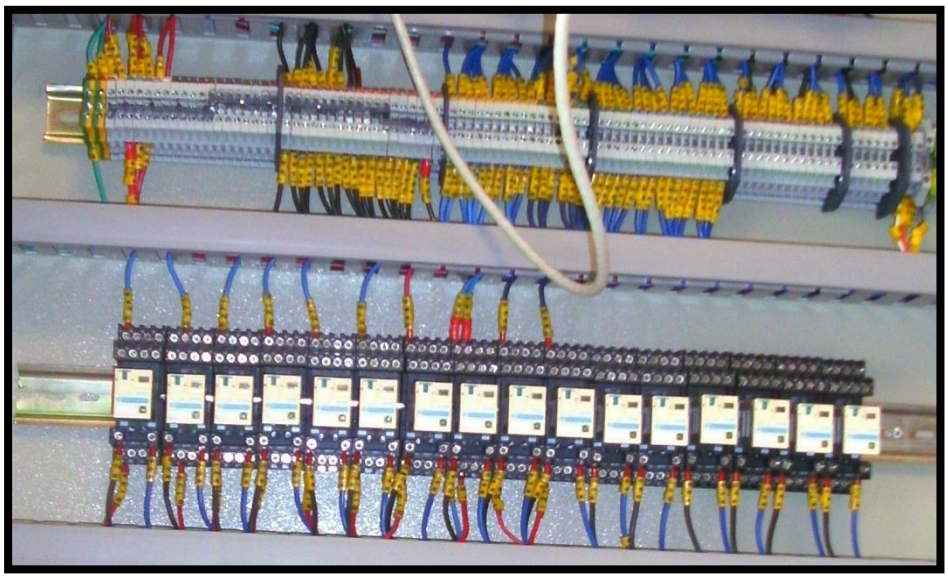


Figura 18. Entradas y salidas PLC. [24]

La etapa de potencia del gabinete principal cuenta con las protecciones y medidas de seguridad pertinentes, ya que se manejan voltajes y corrientes altas. (Ver figura 19)

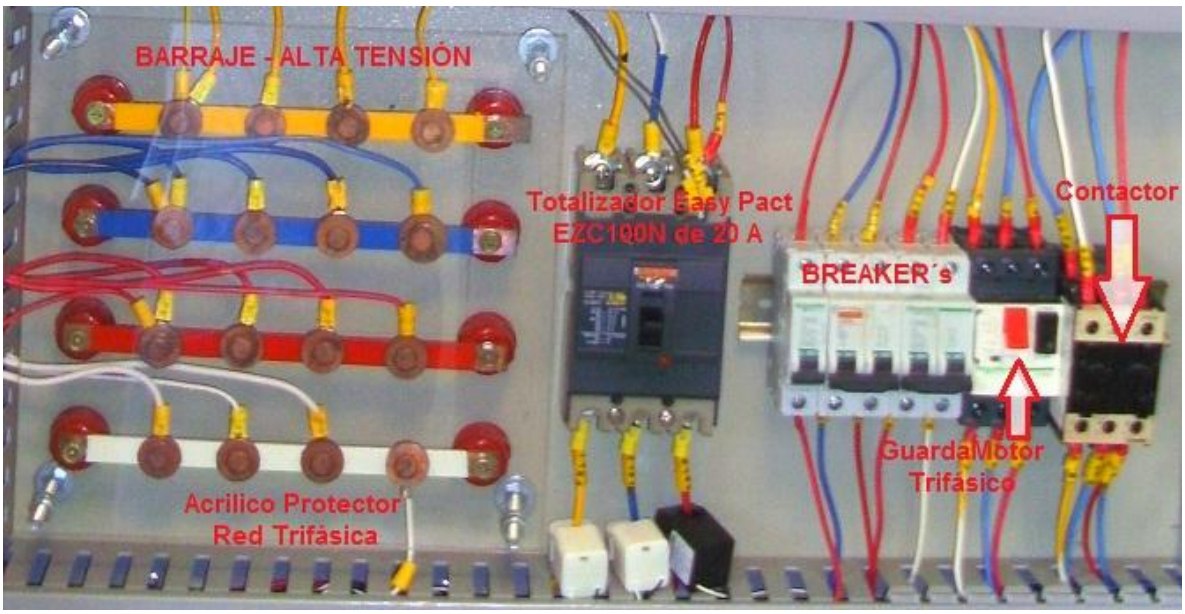


Figura 19. Conexiones y Protecciones de alta tensión. [24]

2.6.1.3 Instrumentación de la Empacadora de galletas

- ***Instrumentación y Tecnología Neumática*** Con la introducción de la neumática en los procesos de fabricación; la industria se beneficia con un medio más barato de automatización, el cual puede llevar el costo de implementación a un nivel mucho más bajo. El desenvolvimiento de la automatización de forma sencilla en cuanto a mecanismos, se ha logrado utilizando técnicas relacionadas con la neumática, las cuales son empleadas en la mayoría de las máquinas modernas.

  El aire comprimido en la neumática, como el aceite en la oleo hidráulica, son fluidos a través de los cuales se transmite potencia de una fuente exterior de energía, a unos actuadores o cilindros. La tecnología de la neumática se refiere al estudio del comportamiento y aplicación del aire comprimido. [14]

  Por otro lado, para los casos de manipulación de alimentos para el consumo humano, favorecen el uso de la neumática. Esta proporciona mejores condiciones de higiene, las cuales son primordiales para nuestra máquina prototipo empacadora de galletas.

  - ✓ ***Actuadores neumáticos*** El trabajo realizado por un actuador neumático es lineal o rotativo. Los actuadores neumáticos sirven para transformar la energía de la presión en movimiento; con ello se desarrollan y transmite esfuerzos.
    - ***Actuadores lineales:*** Los cilindros neumáticos independientemente de su forma, representan los actuadores más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos. Existen dos tipos fundamentales de actuadores, de los cuales se derivan construcciones especiales o variaciones, dependiendo de las características de operación. [14]

    - ***Cilindros de simple efecto:*** Un cilindro de simple efecto desarrolla un trabajo en un solo sentido, ya sea normalmente contraído o normalmente expandido. El émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno (muelle) o por algún otro medio externo como cargas o movimientos mecánicos. [14]

      La empacadora de galletas, utiliza esta clase de cilindros (simple efecto), para los procesos de sellado tanto vertical como horizontal, accionando los cilindros 1 y 2 respectivamente, según sea el caso. (Ver figura 20)

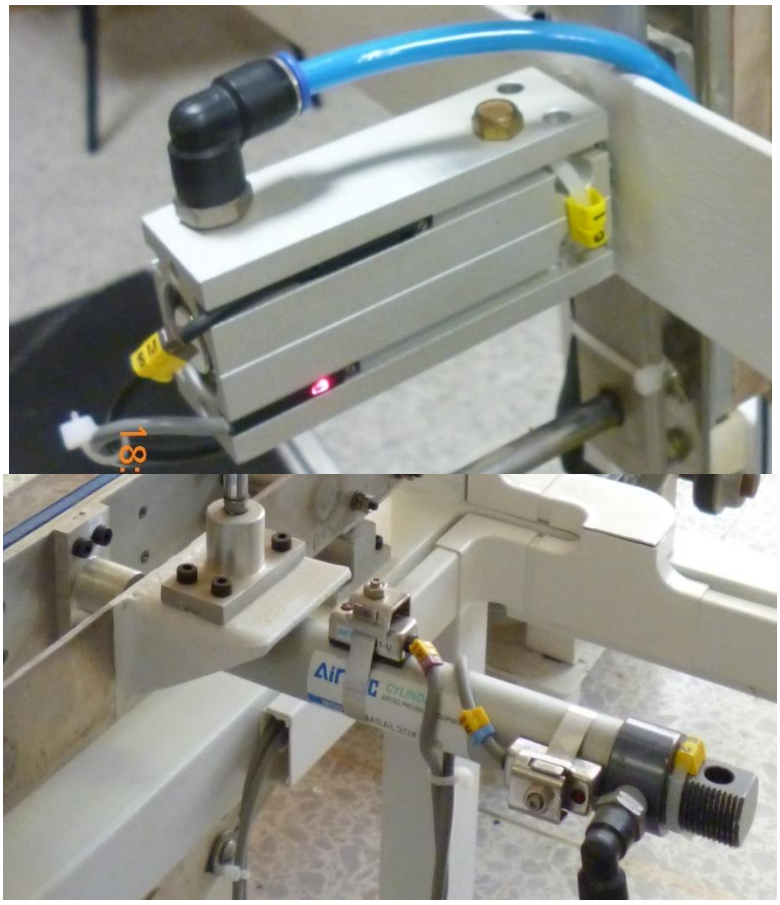


Figura 20. Cilindros neumáticos simple efecto – C1 y C2. [24]

- ***Cilindros doble efecto:*** *Los* cilindros de doble efecto realizan tanto su carrera de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido. Su denominación se debe a que emplean las dos caras del émbolo, por lo cual estos componentes pueden realizar trabajo en ambos sentidos; causando que consuman más flujo de aire comprimido que los cilindros de simple efecto. [14]

  Como se muestra en la figura 21, la máquina prototipo empacadora de galletas, utiliza uno de estos elementos (cilindro doble efecto). Sus funciones son el arrastre de plástico y la definición del tamaño del paquete de galletas. Para su buen funcionamiento, el sistema debe tener el nivel de presión óptimo, ya que debe realizar los movimientos con la velocidad y la fuerza justa.

Figura 21. Cilindro neumático doble efecto – C3. [24]

Estos cilindros son los componentes más habituales en el control neumático, incluso cuando no es necesaria la realización de esfuerzo en ambos sentidos. Esto sucede debido a que en función del tipo de válvula empleada para el control, los cilindros de doble efecto pueden contener aire en una de sus dos cámaras asegurando oposición en el movimiento, por lo que se asegura un buen posicionamiento del embolo [14].

- ✓ ***Válvulas de control direccional*** Las válvulas de control de dirección se usan principalmente para dirigir el flujo del aire comprimido en la dirección deseada. La función primordial de dichas válvulas es iniciar o suspender el flujo de aire. Se pueden accionar de diferentes maneras, ya sea eléctrico, mecánico, neumático entre otros.

  Dichas válvulas cuentan con vías y posiciones. Las vías son los conductos que pueden interconectarse a través de la línea de aire comprimido y las posiciones son las diferentes conexiones que pueden mantenerse de forma estable entre las vías del distribuidor. Una válvula de control direccional puede tener 2, 3, 4 ó 5 vías. [14]

Figura 22. Electroválvulas neumáticas AIRTAC. [24]

En la figura 22, se muestran las válvulas de control direccional utilizadas en la máquina. Se observan 4 electroválvulas, dos de ellas 3/2 (EV1 y EV2) y las otras dos de tipo 5/3 (EV3 y EV4).

Las electroválvulas 1 y 2 manejas los cilindros simple efecto C1 y C2 respectivamente, mientras que las electroválvulas 3 y 4 manejan el cilindro doble efecto C3. EV4 activa la contracción del embolo (pinza arriba), mientras que EV3 expande el embolo (pinza abajo).

- ✓ ***Válvulas reguladoras de caudal*** Existen dos grupos en los cuales se pueden clasificar las válvulas reguladoras de caudal:

  - ***Reguladoras unidireccionales:*** Dichas válvulas permiten el libre movimiento del aire comprimido en un solo sentido. En el sentido contrario permite una estrangulación intercalada que fija el caudal de aire una vez determinada la presión. Para nuestro sistema, estas reguladoras unidireccionales son las adecuadas, ya que se debe a utilizar el flujo de aire comprimido en un solo sentido. [14] (Ver la figura 23)

  - ***Reguladoras bidireccionales:*** Regulan el paso del aire comprimido en ambas direcciones.

Figura 23. Reguladores de caudal unidireccional (RC1, RC2, RC3 y RC4). [24]

- ✓ ***Válvulas reguladoras de presión*** Su función es la de mantener una presión de trabajo constante sin importar las variaciones de presión en la línea de aire comprimido y del consumo de aire. La presión de entrada es siempre mayor que la presión de salida.

  En una válvula reguladora de presión, cuando la presión de entrada es superior a la presión máxima de regulación estipulada por el usuario, la válvula permite la salida del aire a la atmósfera, esto estimula la reducción de la presión. [14]

  La máquina prototipo, requiere una presión constante de 60 PSI, por lo cual esta válvula reguladora es ideal, además de imprescindible para el buen funcionamiento. (Ver figura 24)

Figura 24. Reguladora de presión FESTO. [24]

Nomenclatura	Nombre	Función
C1	Cilindro simple efecto	Encargado del movimiento de la resistencia vertical
C2	Cilindro simple efecto	Encargado del movimiento de la resistencia horizontal y corte del plástico.
C3	Cilindro doble efecto	Encargado del avance del plástico.
EV1	Electroválvula 3/2	Encargada de accionamiento del cilindro C1
EV2	Electroválvula 3/2	Encargada de accionamiento del cilindro C2
EV3	Electroválvula 5/3, solenoide derecho	Encargada del movimiento de retroceso del embolo del cilindro C3
EV4	Electroválvula 5/3, solenoide izquierdo	Encargada del movimiento de avance del embolo del cilindro C3
RC1	Regulador de caudal	Encargado de regular el caudal del cilindro C1
RC2	Regulador de caudal	Encargado de regular el caudal del cilindro C2
RC3	Regulador de caudal	Encargado de regular el caudal del cilindro C3 para el movimiento de retroceso del vástago
RC4	Regulador de caudal	Encargado de regular el caudal del cilindro C3 para el movimiento de avance del vástago
RP	Regulador de presión	Encargado de regular la presión del sistema neumático a un set-point determinado por el usuario.

Tabla 1. Nomenclatura del sistema neumático del prototipo. [24]

Cantidad	Elemento
2	Actuador lineal neumático simple efecto
1	Actuador lineal neumático doble efecto
4	Regulador de caudal
1	Regulador de presión
2	Electroválvula 3/2
1	Electroválvula 5/3
4	Silenciador
21	Racor

Tabla 2. Instrumentación neumática del prototipo. [24]

- ***Instrumentación electrónica*** En diferentes procesos de automatización industrial es relevante adquirir y manipular señales por medio de sensores o dispositivos electrónicos capacitados para cumplir con funciones específicas.

  - ✓ ***Sensor capacitivo*** La función del sensor capacitivo consiste en señalar un cambio de estado, basado en la variedad del estímulo de un campo eléctrico. Dichos sensores detectan objetos metálicos o no metálicos, midiendo el cambio en la capacitancia, la cual depende de la constante dieléctrica del material a detectar, su masa, tamaño y distancia hasta la superficie sensible del detector. [14]

    Para el conteo de galletas de nuestra máquina se utilizó un sensor de este tipo (sensor capacitivo). Durante el proceso, el cambio en la capacitancia al detectar la galleta genera una señal de pulso, la cual va a ir a la entrada del PLC. Esta acción genera internamente (programa) el incrementar el contador de galletas; es decir que el cambio en la capacitancia es el conteo de galletas. (Ver figura 25)

Figura 25. Sensor capacitivo. [24]

✓ ***Sensor magnético de posición*** Los sensores magnéticos reaccionan a los campos magnéticos y uno de sus principales usos es determinar la posición de los émbolos en cilindros neumáticos. Basados en el hecho de que los campos magnéticos pueden traspasar metales no magnetizables, este tipo de sensor está diseñado para detectar a través de la pared de aluminio de un cilindro neumático su posición por medio de un imán permanente en el embolo. [14]

Figura 26. Sensor magnético de posición para cilindros neumáticos (C1, C2 y C3). [24]

En la figura 26, se muestra como están ubicados los sensores magnéticos en su respectivo cilindro. En el caso del cilindro 1, los sensores magnéticos 1 y 2 (SM1 y SM2) indican la posición del embolo. Su función es activar la electroválvula 1 (EV1) cuando el embolo se encuentra en SM1 y desactivando EV1 cuando el embolo es detectado por SM2.

Para el cilindro 2 el funcionamiento es el mismo, pero esta vez SM6 activa EV2 y SM7 lo desactiva.

Para el cilindro C3 de doble efecto, se tienen 3 sensores (SM3, SM4 y SM5), que cumplen con la función de activar y desactivar las electroválvulas según sea el caso. Para subir la pinza SM5 activa EV4 y es desactivada por SM3 cuando el proceso es de grandes pequeños, o SM4 cuando el proceso es de

paquetes pequeños. Para bajar la pinza SM3 o SM4 según el caso, activan EV3 hasta llegar a SM5 que es desactivada.

Los sensores y dispositivos electrónicos son un buen medio para registrar señales o manipular variables en un proceso de control automático. A su vez en la automatización de aplicaciones industriales se involucran diferentes elementos, los cuales su función es la de integrar y suministrar un proceso sincronizado en tiempo real. [14]

En la figura 27, se muestra el arreglo que se tuvo que realizar para acondicionar la señal de pulsos generada por el sensor capacitivo (conteo). Este ajuste se realizo ya que el tipo de sensor NPN, envia la señal de control (conteo) por la linea neutra y no por la linea de +24, como se requiere para la conexión con el PLC.

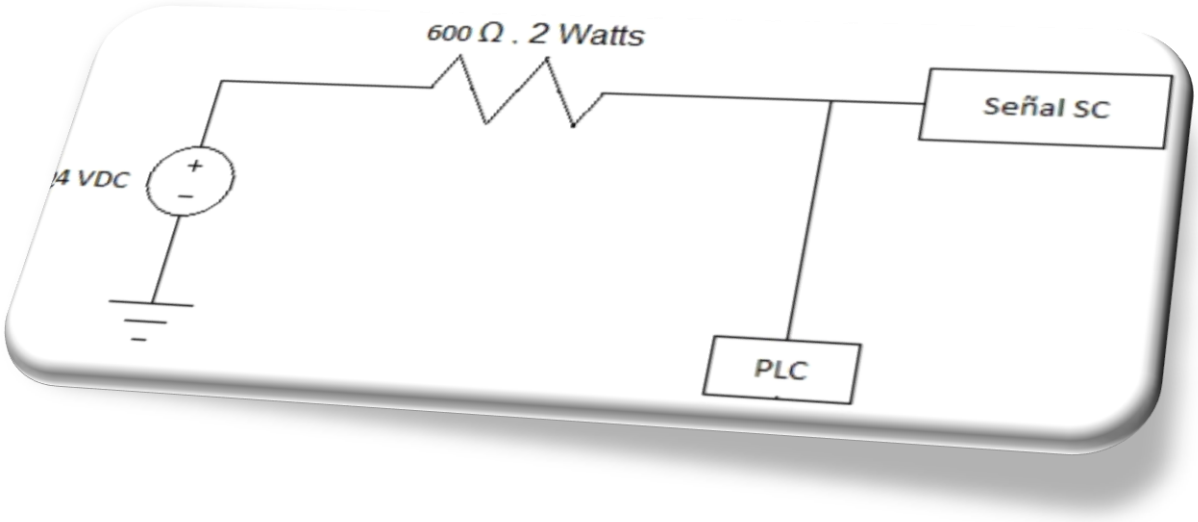


Figura 27. Circuito ajuste de señal sensor capacitivo. [24]

Nomenclatura	Descripción de la variable	Voltaje de operación	Entrada al PLC
P1	Pulsador encargado de energizar el prototipo	0-24 VDC	E1.0
P2	Pulsador encargado de des-energizar el prototipo	0-24 VDC	E1.1
SM1	Sensor magnético encargado de indicar la posición de avance del embolo del cilindro 1	0-24 VDC	E0.0

SM2	Sensor magnético encargado de indicar la posición de retroceso del embolo del cilindro 1	0-24 VDC	E0.1
SM3	Sensor magnético encargado de indicar la posición de retroceso del embolo del cilindro 3	0-24 VDC	E0.2
SM4	Sensor magnético encargado de indicar la posición central del embolo del cilindro 3	0-24 VDC	E0.3
SM5	Sensor magnético encargado de indicar la posición de avance del embolo del cilindro 3	0-24 VDC	E0.4
SM6	Sensor magnético encargado de indicar la posición de retroceso del embolo del cilindro 2	0-24 VDC	E0.5
SM7	Sensor magnético encargado de indicar la posición de avance del embolo del cilindro 3	0-24 VDC	E0.6
SC	Sensor capacitivo encargado de contar las galletas a empacar.	0-24 VDC	E0.7

Tabla 3. Entradas digitales prototipo. [24]

Nomenclatura	**Descripción de la Variable**	**Voltaje de operación**	**Salida del PLC**
R1	Resistencia encargada del sellado vertical	0-110 VAC	A0.4
R2	Resistencia encargada del sellado y corte horizontal	0-110 VAC	A0.5
M1	Motor-reductor encargado de mover la banda transportadora de suministro de galletas (Banda1)	0-24 VDC	A0.6
M2	Motor-reductor encargado de mover la banda transportadora de producto ya empacado (Banda2)	0-220 VAC	A0.7
EV1	Solenoide encargado de activar la electroválvula del sistema de sellado vertical	0-110 VAC	A0.0
EV2	Solenoide encargado de activar la electroválvula del sistema de sellado y corte horizontal	0-110 VAC	A0.1
EV3	Solenoide encargado de activar la electroválvula del sistema de avance del papel en sentido ascendente	0-110 VAC	A0.2
EV4	Solenoide encargado de activar la electroválvula del sistema de avance del papel en sentido descendente	0-110 VAC	A0.3

Tabla 4. Salidas digitales prototipo. [24]

2.6.2 Funcionamiento Básico Máquina Prototipo

2.6.2.1 Diagrama de funcionamiento

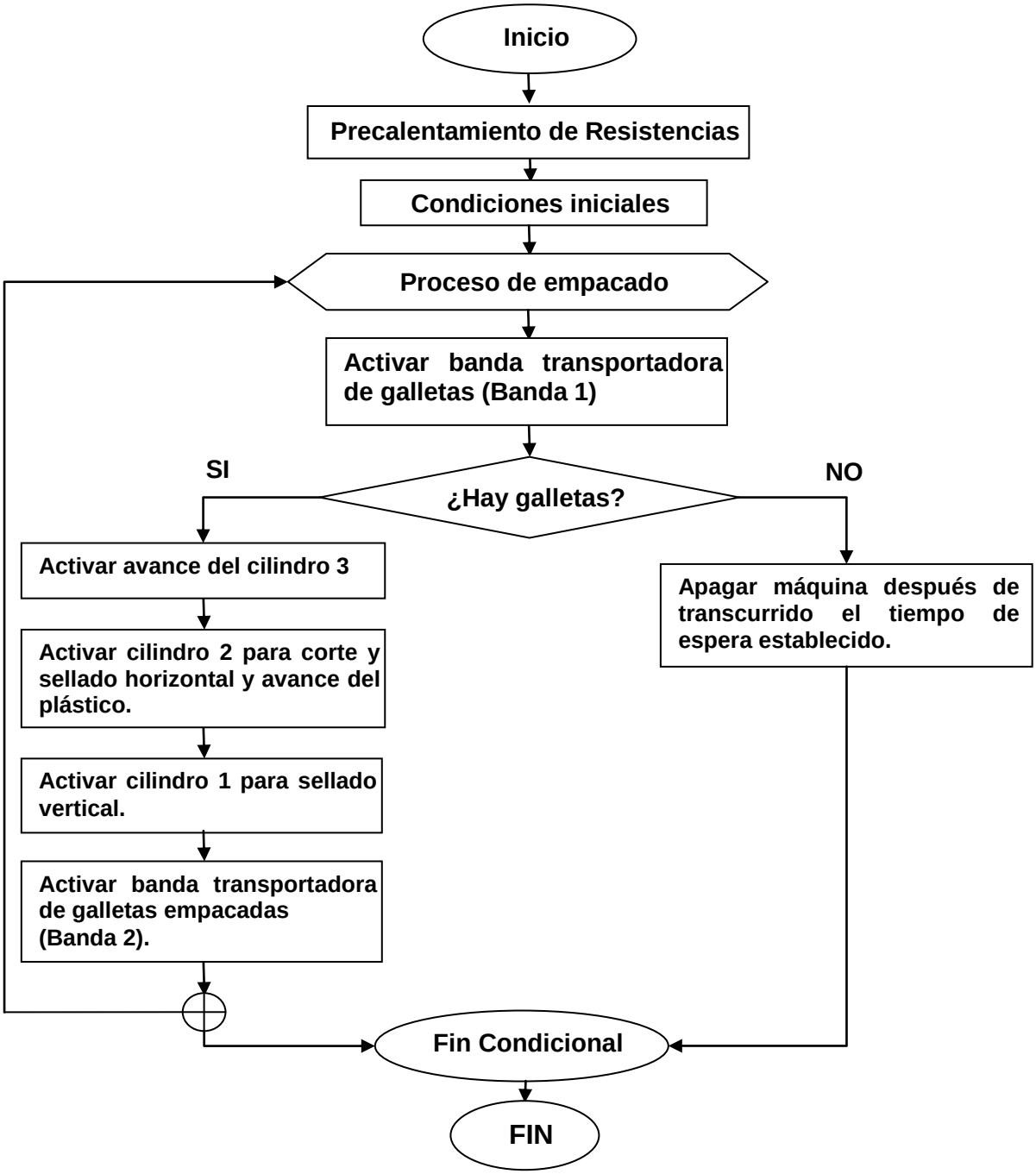


Figura 28. Diagrama de flujo, lógica de programación. [24]

En la figura 28, se muestra de manera general el funcionamiento del proceso de la empacadora de galletas, el cual se explica a continuación:

Se inicia accionando 1PB desde el gabinete principal o ONHMI el Runtime del SCADA según se desee, para energizar el sistema. Al tener energizado el sistema, se debe configurar y asegurar las condiciones iniciales de la máquina prototipo. Al seleccionar la opción “Condiciones Iniciales” en la imagen de proceso inicial, se activa el precalentamiento de las resistencias. Una vez transcurrido el tiempo de espera preestablecido, se procede a configurar las condiciones iniciales del prototipo. Cuando el sistema esté listo, se selecciona la opción “Proceso de Empacado”, donde se escoge el tipo de paquetes (pequeños o grandes) que se va a realizar. Luego de escoger el tipo de proceso a realizar, se procede a iniciarlo, dándole la opción de “PLAY” al menú.

El proceso de producción de galletas es cíclico y básicamente consiste en seguir y cumplir una serie de condiciones durante el proceso. Si dicho proceso se realiza sin ningún tipo de contrariedad, este se realizara de la siguiente manera:

- Se activa la banda de suministro de galletas (Banda1), el sensor capacitivo (SC) hace el conteo de las galletas según el proceso.
- Al cumplir la primera condición que es completar el numero de galletas establecido, se activa el cilindro 3 (EV4) desde SM5 hasta SM3.
- Al estar en SM3, se activa el cilindro 2 (EV2), para el sellado y corte horizontal del plástico.
- Una vez en SM7, se activa nuevamente el cilindro 3 pero hacia abajo (EV3), desde SM3 hasta SM5.
- SM5 y SM7 desactivan el cilindro 2 (EV2), se abre la pinza y deja caer el paquete ya empacado. Al mismo tiempo se activa el cilindro 1 (EV1), y se realiza el sellado vertical del siguiente paquete.
- Se activa la banda transportadora de paquetes (Banda2) durante un tiempo establecido para llevar el paquete el sitio de reparto.

Este proceso terminara una vez se cumpla alguna de las siguientes condiciones:

- Culminación del proceso: se realizaron todos los paquetes que se requerían.
- Falta de suministro: el proceso se detendrá una vez el suministro de galletas se interrumpa.
- Decisión del usuario: el usuario decidió detener el proceso voluntariamente (STOP) o porque se presento alguna falla (Parada de Emergencia).

2.6.2.2 Programación

- ***Software de programación, Simatic Step 7*** Es el software estándar que ofrece Siemens para la configuración y programación de los sistemas de automatización SIMATIC. Maneja diferentes lenguajes básicos de programación tales como:

  - ✓ El esquema de contactos KOP es gráfico, similar a los diseños de circuitos, se dibuja de forma secuencial utilizando elementos de accionamiento normalmente abiertos, cerrados, bobinas, contadores, temporizadores etc.
  - ✓ Los diagramas de funciones FUP, utiliza símbolos gráficos del lenguaje booleano para crear la lógica de programación.
  - ✓ La lista de instrucciones AWL, es un lenguaje textual de programación orientado a la máquina.

Figura 29. Inicio Simatic Step7. [24]

Step7 realiza funciones tales como:

- ✓ Crear y gestionar proyectos
- ✓ Configurar y paramétrizar el hardware y la comunicación
- ✓ Crear programas de control
- ✓ Cargar programas en sistemas de destino
- ✓ Comprobar el sistema automatizado
- ✓ Diagnosticar fallos de la instalación

2.6.2.3 Interfaz HMI Para la manipulación y administración del proceso de empacado de prototipo de máquina empacadora de galletas se implementó una interfaz de usuario. La elaboración de la interfaz, se llevó a cabo por medio del software WinCC Flexible suministrado por Siemens. La visualización y manejo de la interfaz se realizó por medio de un computador o una pantalla táctil Siemens SIMATIC TP 177B PN/DP, según sea el caso requerido.

Figura 30. Inicio Simatic HMI - Wincc Flexible. [24]

El proceso de implementación de la HMI comenzó con la creación virtual de la interfaz de usuario por medio de la cual se administrara el proceso de empacado. Luego se procedió a la comunicación entre el computador con el modulo Ethernet por medio del cable multi-master PPI. Posteriormente se procedió a la comunicación vía Ethernet del Swith Scalance con la pantalla táctil. Finalmente se cargo la interfaz para ser manipulada.

La interfaz de usuario cuenta con la opción de condiciones iniciales, para accionar la máquina cada vez que la máquina tenga un cambio de rollo de plástico (polipropileno). También presenta la opción de tamaño del paquete, ya sea grande o pequeño. Además cuenta con el accionamiento manual de cada elemento del prototipo 2, para la inspección de elementos móviles del prototipo.

3 SCADA PROTOTIPO

3.1 DISEÑO SCADA

WinCC (*Windows Control Center*) es el software *SCADA* (*Supervisory Control and Data Acquisition*) de Siemens para Windows. Es una aplicación software *HMI* (*Human Machine Interface*) que integra el software de controlador de planta en el proceso de automatización.

Los componentes de WinCC permiten integrar sin problemas aplicaciones nuevas o ya existentes.

WinCC combina la arquitectura de las aplicaciones de Windows con la programación entornos gráficos e incluye varios elementos destinados al control y supervisión de procesos.

El entorno de ingeniería de proyectos de WinCC engloba:

- ✓ Dibujos para diseñar representaciones de planta
- ✓ Estructura de archivos para guardar datos/eventos marcados con fecha y hora en una base de datos SQL
- ✓ Generador de informes – para generar informes sobre los datos solicitados
- ✓ Administración de datos – para definir y recopilar datos de toda la planta

Figura 31. WinCC Explorer. [24]

3.1.1 Definición de necesidades El laboratorio de automatización de procesos industriales, creado por las escuelas de ingenierías Electrónica, Industrial y Mecánica, con el fin de ampliar su capacidad y de ofrecer una mayor robustez en los procesos, ha venido haciendo una serie de cambios y rediseños en los prototipos correspondientes a cada una de las arquitecturas.

Para este caso se vio la necesidad de modificar el proceso controlado por la arquitectura Siemens, el cual es la máquina prototipo empacadora de galletas, ya que fue rediseñado en su aspecto físico y en su funcionamiento. Este rediseño se llevo a cabo conjuntamente, por estudiantes de ingeniería electrónica y mecánica, dada la necesidad de obtener resultados confiables y funcionales, para implementaciones futuras.

3.1.2 Conceptualización y Viabilidad El rediseño de la máquina Prototipo Empacadora de Galletas, evidencio la necesidad que había de modificar algunos aspectos en el funcionamiento, cableado y componentes, de ella. Por consiguiente, se llevaron a cabo las respectivas mejoras en la configuración para garantizar el mejor funcionamiento.

Por otro lado se implementaron herramientas y elementos para la monitorización, supervisión, adquisición, visualización y mando entre los niveles de control (PLC) y los de gestión. Para ello se utilizó el software Siemens, WinCC y se desarrollo la interface que controla por completo el proceso.

3.1.2.1 Normatividad Aplicada

- **ISO 13407: proceso de diseño centrado en el usuario para sistemas interactivos** Esta parte proporciona recomendaciones relativas a procesos de diseño centrados en el usuario a través de toda la vida útil de los sistemas interactivos informáticos. Esta norma está dirigida a los responsables de los procesos de diseño (los jefes de proyecto) y proporciona una guía de fuentes de información y normas que tratan del enfoque centrado en el usuario. Por lo tanto, esta norma tiene que ver con la planificación y la gestión del diseño centrada en el usuario. Aborda únicamente los aspectos técnicos del factor humano y de la ergonomía en la medida en que los jefes de proyecto necesitan comprender la adecuación e importancia de estos datos en relación al proceso de diseño en su conjunto.

Aquí están descritas las etapas de comprensión y especificación del contexto de uso, de especificación de las exigencias relacionadas al usuario y a la organización, de la producción de soluciones y de evaluación. Además, se indica al jefe del proyecto cómo evaluar la conformidad del proceso de diseño que ha puesto en práctica, con la norma 13407. Así, éste debe probar que los objetivos de usabilidad han sido objeto de test, y que estos han sido realizados utilizando métodos validos, y además que una cantidad apropiada de usuarios ha participado en él y son representativos de los futuros usuarios, y que los datos producto de estos test han sido tratados de manera apropiada. [17]

El estándar describe las siguientes cuatro actividades fundamentales:

- ✓ Entender y especificar el contexto de uso.
- ✓ Especificar los requisitos de los usuarios y organizativos.
- ✓ Diálogo simple y natural.
- ✓ Producción de soluciones de diseño.

Y la naturaleza iterativa de estas actividades está ilustrada en la siguiente figura:

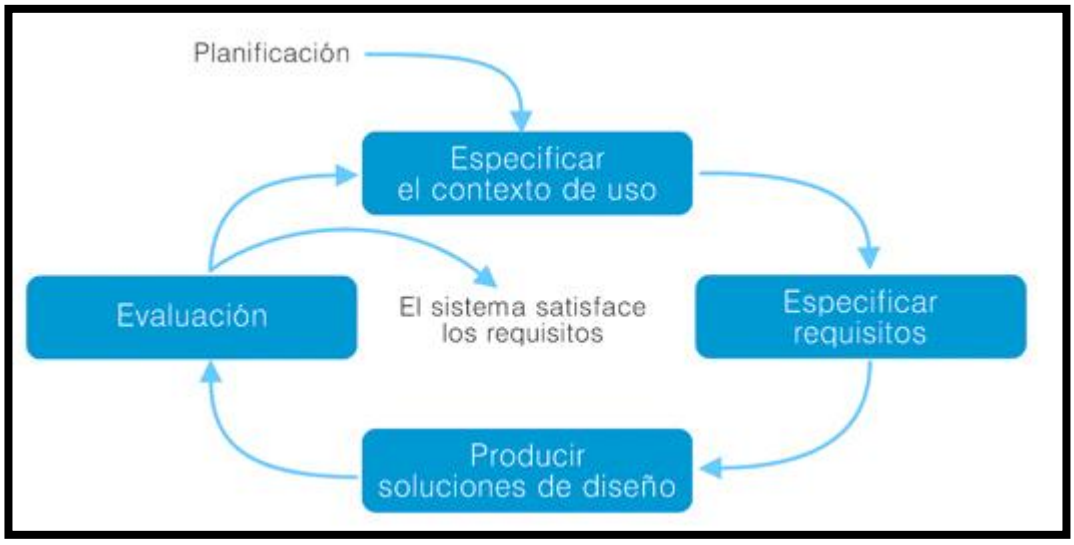


Figura 32. Normatividad ISO 13407. [18]

- **ISO 9241**

  ✓ ***ISO 9241-10: Principios para diálogos.***

  Esta parte describe principios generales de ergonomía juzgados importantes para el diseño y evaluación de diálogos entre el usuario y los sistemas de información (adaptación a la tarea, carácter auto descriptivo, control por parte del usuario, conformidad con las expectativas del usuario, tolerancia a errores, aptitud a la individualización, facilidad de aprendizaje). Estos principios pueden ser aplicados durante la especificación, el desarrollo o la evaluación de software como línea directriz general, y son independientes de cualquier técnica de diálogo específico. En este documento, cada principio está acompañado de una descripción seguida de ejemplos de puesta en práctica.

Figura 33. Principios de dialogo. [24]

  ✓ ***ISO 9241-11: Guía de especificaciones y medidas de usabilidad***

  Esta parte define la usabilidad y explica cómo identificar la información a tomar en cuenta para especificar o evaluar la usabilidad, en términos de desempeño y satisfacción del usuario. Este documento proporciona directrices para la descripción del contexto de usabilidad del software y las medidas pertinentes relativas a la usabilidad (medida de la eficacia y de la eficiencia).

  ✓ ***ISO 9241-12: Presentación de la información***

  Esta parte proporciona recomendaciones ergonómicas relativas a la presentación y a las propiedades particulares de la información presentada en las pantallas de visualización. Las recomendaciones proporcionadas tienen como objetivo permitir al usuario ejecutar tareas de percepción de manera eficaz y satisfactoria. [17]

Aquí se aborda por lo tanto la organización de la información (ubicación de la información, adecuación de las ventanas, zonas de información, zonas de entrada/salida, grupos de información, listas, tablas, etiquetas, campos, etc.), los objetos gráficos (cursores y punteros, etc.), y las técnicas de codificación de la información (codificación alfanumérica, abreviación de códigos alfanuméricos, codificación grafica, codificación por colores, marcadores, etc.). Es proporcionado un ejemplo de procedimiento de evaluación y conformidad.

- ✓ ***ISO 9241-13: Guía del usuario***

Esta parte proporciona recomendaciones relativas a la ayuda del usuario. Las recomendaciones presentadas en esta parte están relacionadas al prompt, el feedback, el estado del sistema, la gestión de errores y la ayuda en línea. Las recomendaciones presentadas en esta parte deberían facilitar la interacción de un usuario con un programa, favoreciendo el uso eficaz del programa, evitando la carga de trabajo mental inútil, proporcionando a los usuarios un medio de gestión de errores y un asistente a los usuarios con niveles de conocimiento diferente.

- ✓ ***ISO 9241-14: Diálogos de menús***

Esta parte proporciona recomendaciones para el diseño ergonómico de los menús, es decir tipos de interacción en el que se presentan opciones a los usuarios bajo diferentes formas (ventanas de dialogo con casillas a marcar, botones, campos, etc.). En esta parte, numerosas recomendaciones son condicionales, es decir que sólo deberían ser aplicadas en contextos específicos (ej. Tipo particular de usuario, de tarea, de entorno, de tecnología, etc.). La aplicación de estas recomendaciones debería estar subordinada a un conocimiento de las tareas y de los futuros usuarios. Aquí se aborda entonces la estructura de los menús, la navegación en los menús, la selección y ejecución de las opciones y la presentación de los menús.

- ✓ ***ISO 9241-15: Diálogos de tipo lenguaje de órdenes***

Esta parte proporciona recomendaciones para el diseño y evaluación de los diálogos de tipo lenguaje de órdenes. Recordemos que en este tipo de diálogo, el usuario ingresa comandos completos o abreviados respetando la sintaxis del lenguaje de órdenes y el ordenador los ejecuta. Este documento aborda la estructura y la sintaxis del lenguaje de órdenes, la representación de los comandos (nombres, abreviación, teclas de función, etc.), los aspectos relativos a los modos de entrada y salida, el feedback y la ayuda. [17]

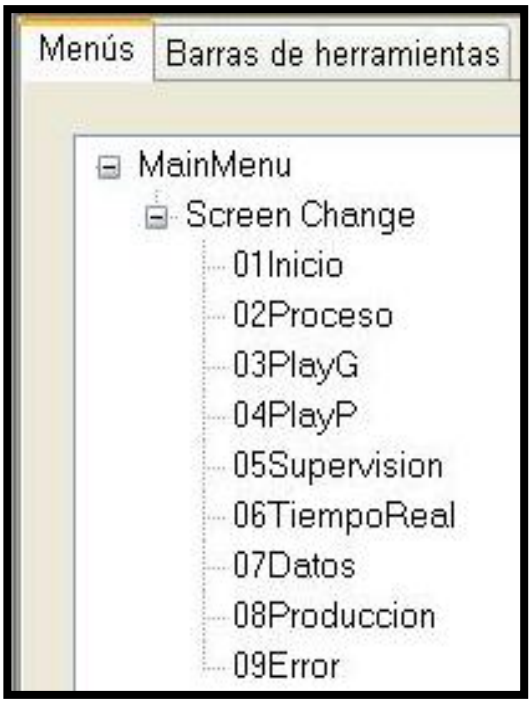


Figura 34. Diálogos de menús. [24]

✓ ***ISO 9241-16: Diálogos de manipulación directa***

En los diálogos de tipo de manipulación directa, los usuarios efectúan operaciones manipulando objetos que aparecen en pantalla como si manipularan entidades físicas (ej. Puntear, desplazar, etc.). Esta parte aborda las metáforas graficas, la apariencia de los objetos utilizados en la manipulación directa, el feedback, los dispositivos de entrada de datos, la manipulación de objetos, el punteo y la selección, el dimensionamiento, la manipulación directa de las ventanas y los iconos, etc.

✓ ***ISO 9241-17: Diálogos por cumplimentación de formularios***

Los diálogos por cumplimentación de formularios, son diálogos en los que el usuario rellena, selecciona las entradas o modifica los campos indexados dentro de un formulario o de una ventana de diálogo, presentada por el sistema. Las recomendaciones dadas en esta parte tienen que ver con la estructura de los formularios, los campos y etiquetas, las entradas (textuales alfanuméricas, de opción, los controles, las validaciones, etc.), el feedback y la navegación en el formulario. [17]

- **ANSI/ISA-18.2-2009: Sistemas de gestión de alarma**

  A continuación se definen las etapas del ciclo de vida de la Gestión de alarmas según norma ANSI/ISA-18.2-2009, vigente desde el 23 de junio de 2009. [20]

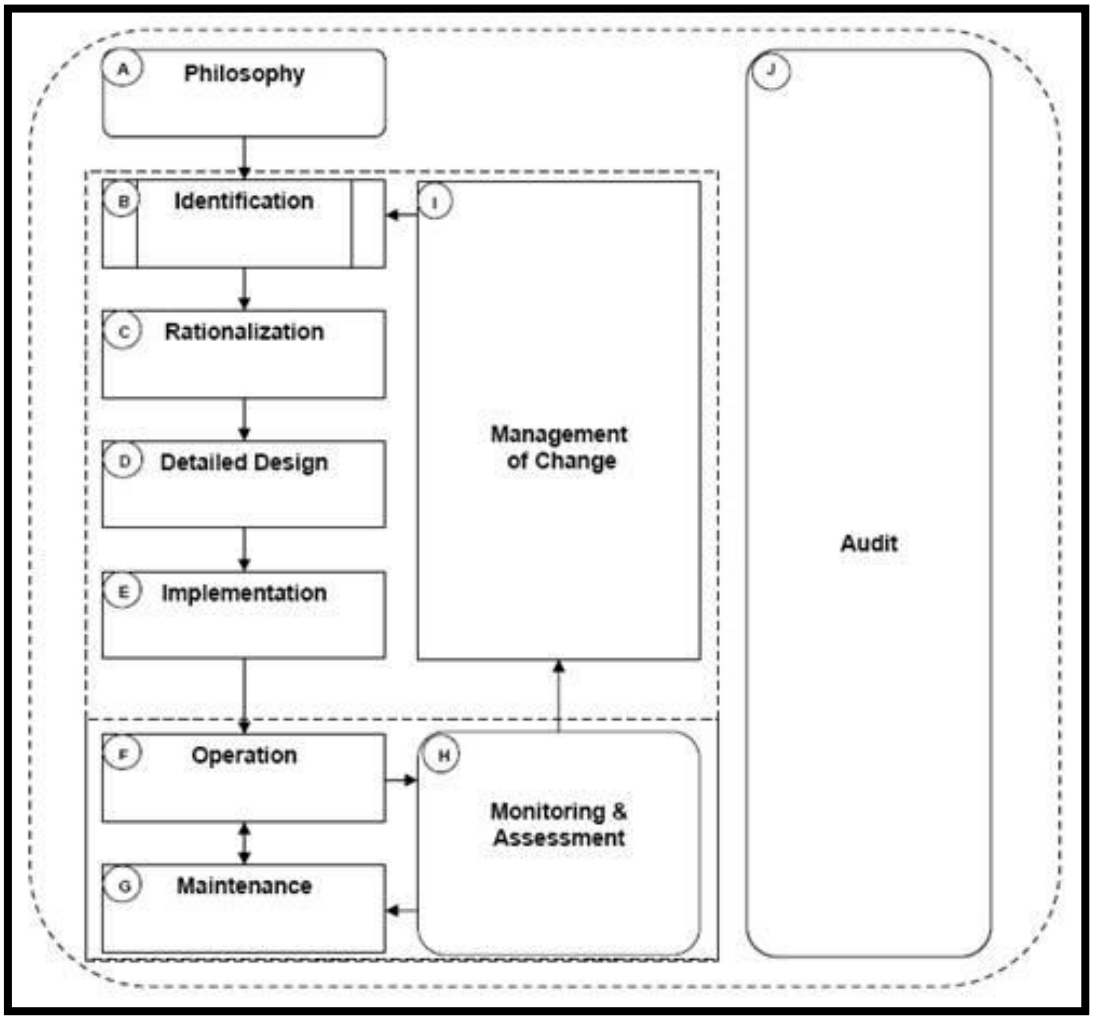


Figura 35. Ciclo de vida de la gestión de alarmas. [19]

A. *Filosofía*: Es el punto de partida habitual en el ciclo de vida de alarma. La filosofía proporciona una guía para todas las otras etapas y garantiza que todos los procesos de cada etapa del ciclo de vida estén planificados y documentados. [20]

B. *Identificación*: Incluye actividades tales como revisiones de procesos de riesgos, análisis de la capa de protección y los permisos ambientales que identifican las posibles alarmas.
C. *Racionalización*: Cada alarma potencial se prueba contra los criterios documentados en la filosofía de alarma, para justificar que cumple los requisitos. Las alarmas se analizan para definir sus atributos (límite, prioridad, clasificación y tipos). Los resultados de la racionalización se documentan en una Base de datos maestra de alarmas.
D. *Diseño Detallado*: El diseño de alarma incluye el diseño de la alarma base, que establece parámetros como la banda muerta de alarma o fuera de tiempo de retraso, el diseño avanzado de alarma, como el uso de estados de equipos o de procesos para suprimir automáticamente una alarma, y el diseño de interface hombre-máquina (HMI), que muestra la alarma al operador para que pueda efectivamente detectar, diagnosticar y responder a ella. Durante esta fase, la información contenida en la Base de datos maestra de alarma (como el límite de la alarma y la prioridad) se utiliza para configurar el sistema.
E. *Aplicación*: Es la encargada de poner en funcionamiento las alarmas. Incluye las actividades de entrenamiento, pruebas y puesta en marcha.
F. *Mantenimiento*: El proceso de poner una alarma en la transición 'fuera de servicio,' desde su etapa de operación a la etapa de mantenimiento. En esta etapa la alarma no realiza su función de indicar la necesidad de que el operador adopte medidas.
G. *Monitoreo y evaluación*: El monitoreo y evaluación del sistema de alarma es una etapa independiente porque abarca los datos recogidos en las fases de operaciones y mantenimiento. La evaluación es la comparación del rendimiento del sistema de alarma con los objetivos de desempeño establecidos en la filosofía.
H. *Gestión del cambio*: Incluye la actividad de autorización para todos los cambios en el sistema de alarma, incluye la adición, cambios y supresión de alarmas.
I. *Auditoría*: Se centra principalmente en la revisión periódica de los procesos de trabajo y el rendimiento del sistema de alarma. Su objetivo es mantener la integridad del sistema de alarma en todo su ciclo de vida para identificar áreas de mejora. [20]

3.1.3 Diseño preliminar Utilizando el software WinCC Flexible para el diseño de HMI's de la arquitectura Siemens, se realizó un diseño inicial o preliminar donde se determinaron las acciones básicas del proceso, en cuanto a automatización y manejo básico de la máquina prototipo. Se controlaron básicamente dos variables; numero de paquetes y numero de galletas por paquete. El ambiente grafico es básico y no permite toma de datos, tendencias o registro alguno. Este diseño preliminar, se realizó durante la puesta en marcha u operación del prototipo en su segunda versión; para realizar las pruebas pertinentes y revisar el buen funcionamiento de la máquina.

Sin embargo para este diseño preliminar y gráficamente liviano, se hace ideal para el manejo de pantallas táctiles de baja resolución HMI, tal como se muestra a continuación:

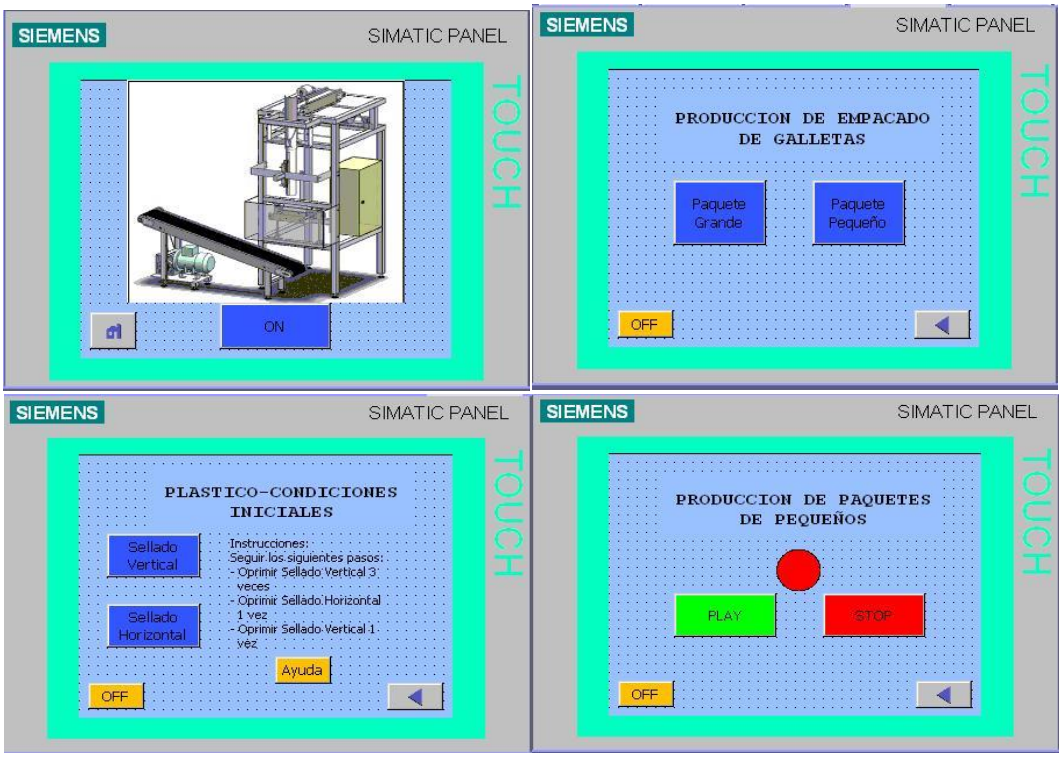


Figura 36. Diseño HMI pantalla TP177 Siemens. [24]

3.1.4 Diseño Final Para el diseño final del sistema SCADA de la máquina prototipo empacadora de galletas, se implementaron criterios propios de diseño basados en la normatividad y necesidades de funcionamiento.

Cumpliendo con lo anterior se procedió a realizar el diseño grafico final del sistema SCADA de la máquina prototipo empacadora de galletas.

3.1.4.1 Configuración

Se deben crear todos los Tags necesarios y establecidos para el funcionamiento del sistema. Para ello se utilizo los mismos que fueron creados en la tabla de símbolos del programa, en Simatic S7. Además de ellos se pueden crear otros tags internos para uso de datos propios del sistema de supervisión.

Con la creación de grupos de Tags, es posible crear todos los grupos de Tags que sean necesarios. Estos grupos se utilizan para separar los diferentes tipos de Tags del proceso. (Ver figura 37)

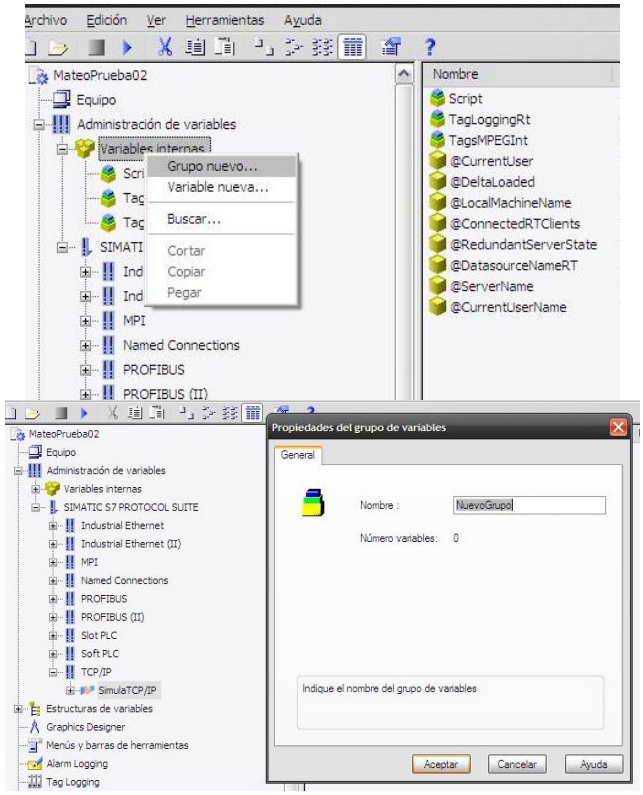


Figura 37. Creación de grupos de Tags. [24]

Para crear los tags internos del sistema, se debe seguir paso a paso las instrucciones dadas en las figuras 38 y 39.

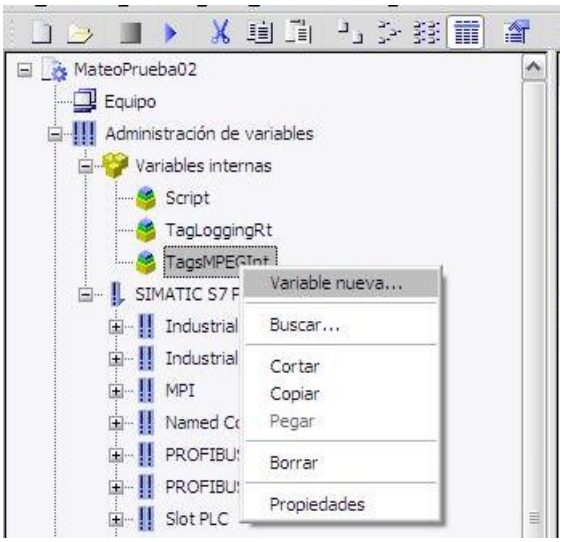


Figura 38. Creación variable interna. [24]

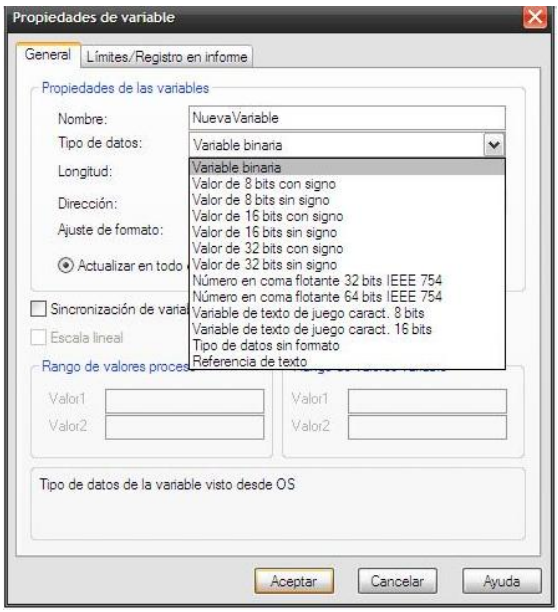


Figura 39. Asignación tipo de variable. [24]

Los Tags Externos son los tags o variables utilizadas por el proceso. Están relacionadas directamente con las variables y marcas del programa en SIMATIC S7.

En la figura 40 se muestra como se crean las variables externas. Se debe dar clic derecho sobre el grupo al cual se desean adicionar las variables y seleccionar la opción *Variable Nueva*.

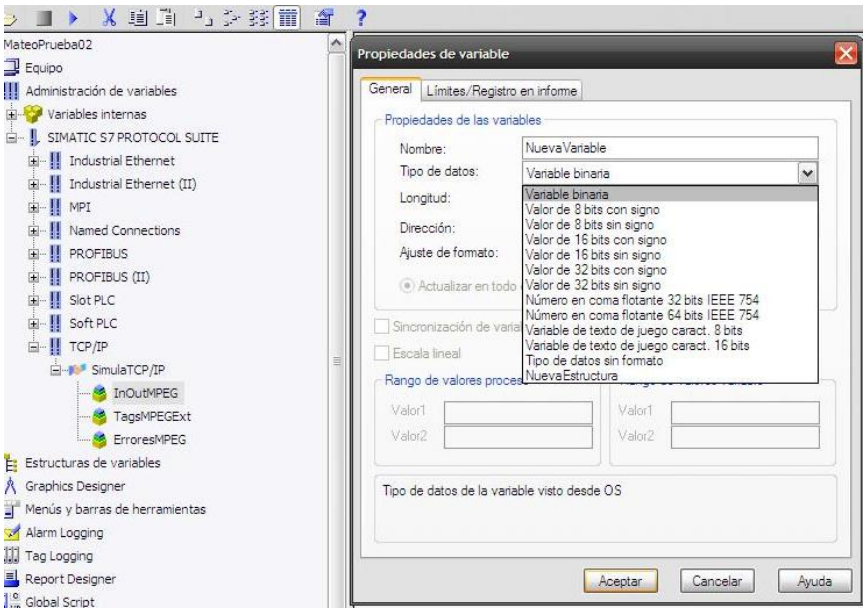


Figura 40. Creación de variables de proceso. [24]

En el cuadro de *propiedades de variable*, se asignan el nombre y el tipo de variable, según la clase de datos que vaya a manejar. (Ver figura 41)

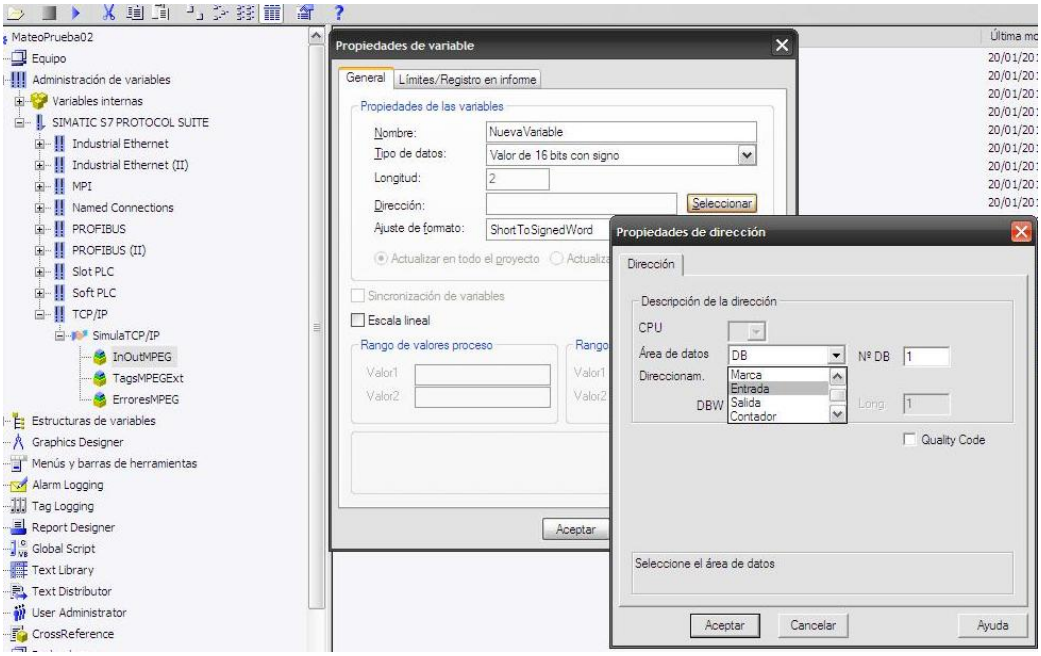


Figura 41. Selección de tipo y dirección de la variable. [24]

En la figura 42 y 43, se muestran el grupo de variables internas y externas respectivamente, utilizadas para automatizar, controlar y supervisar el proceso de empacado de la máquina prototipo empacadora de galletas.

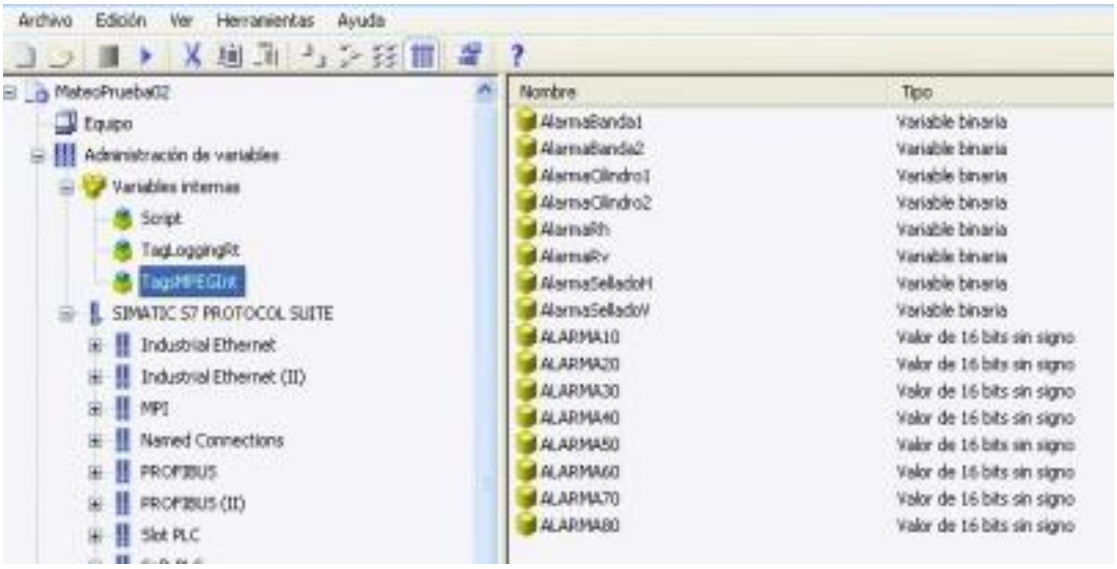


Figura 42. Variables internas del sistema SCADA. [24]

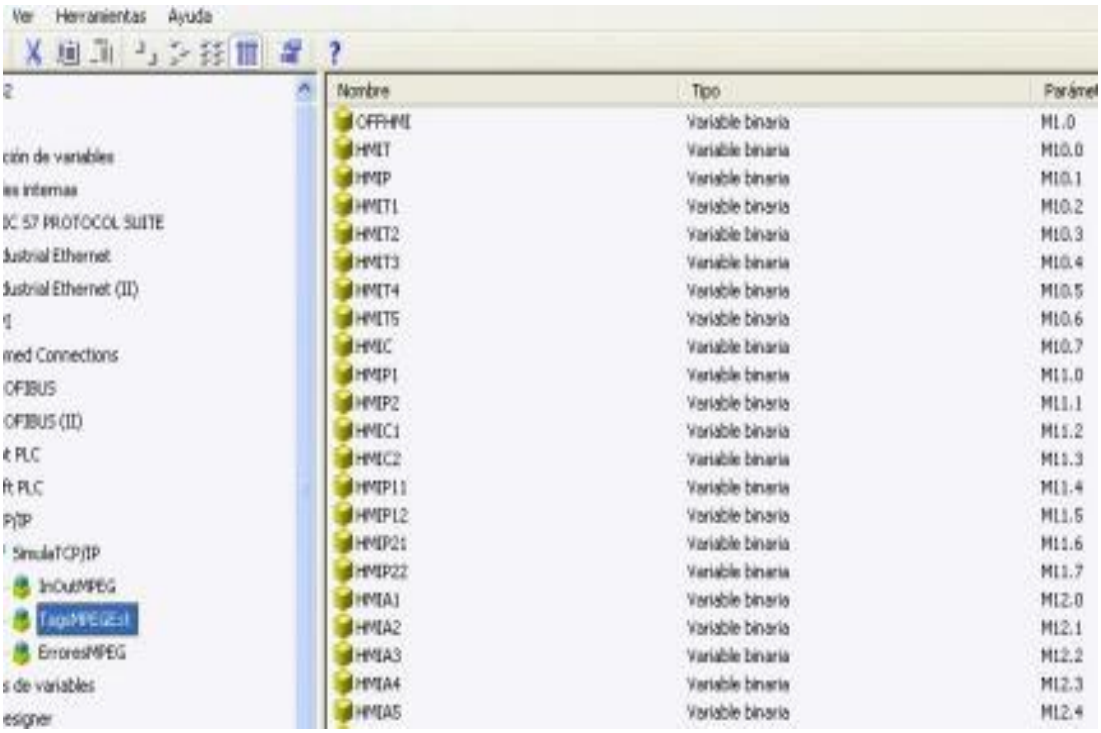


Figura 43. Variables externas del sistema SCADA. [24]

Es necesario realizar la configuración de la comunicación, para ello hay que referirse a la figura 44; donde se muestra la configuración TCP/IP, para la comunicación con el PLC. Se establece el IP: 192.168.56.1 Numero de Bastidor 0 Numero de slot 2 y deseleccionada la opción de Enviar/recibir bloque de datos sin formato.

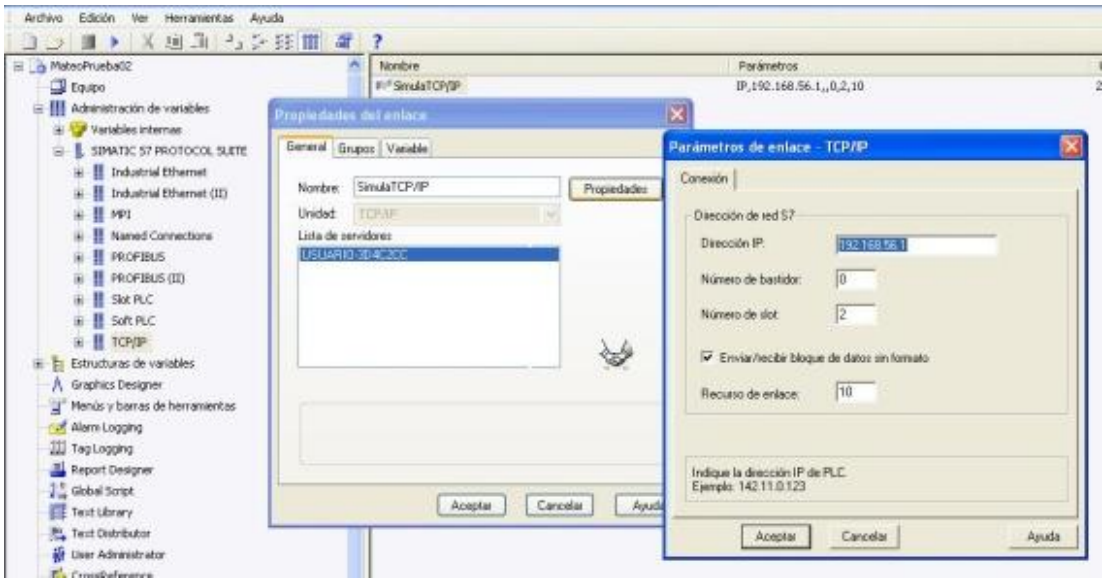


Figura 44. Configuración TCP/IP sistema SCADA. [24]

A continuación se crean las imágenes, según el diseño; para el ambiente grafico del sistema SCADA a implementar. Estas imágenes van a ser las diferentes pantallas que se manipularan e interactuarán durante los diferentes procesos del prototipo. Para la creación de las imágenes de proceso, se inicia realizando clic derecho sobre *Graphics Designer* y seleccionando la opción *Nueva imagen* (figura 45), se crea una nueva imagen de proceso. Esta imagen es creada por defecto con el nombre de *NewPdl0.Pdl*, el cual debe ser editado como se muestra en la figura 46.

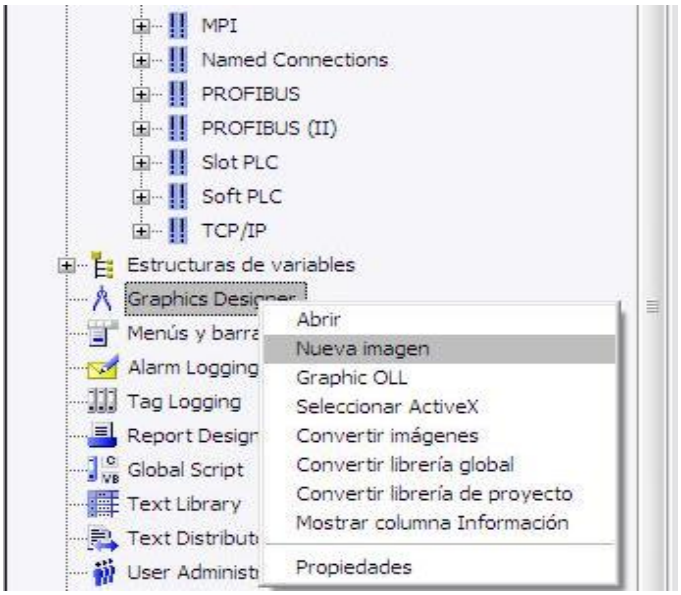


Figura 45. Creación de las Imágenes de Proceso. [24]

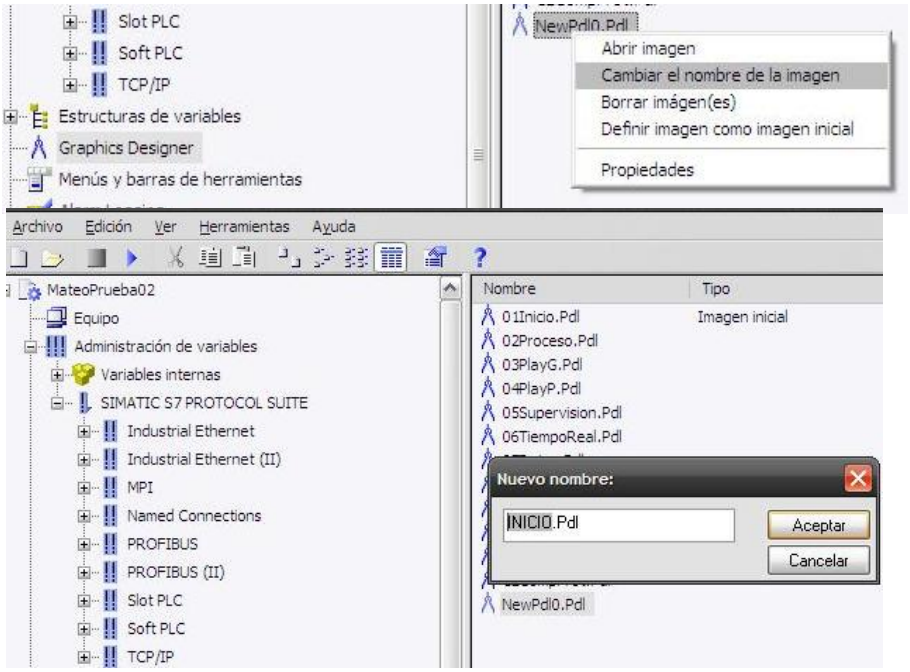


Figura 46. Edición del nombre de la Imagen de Proceso. [24]

En la figura 47 se muestra, la lista de imágenes de proceso creadas y editadas una por una, según su función y aplicación. Estas imágenes representan las pantallas de navegación del sistema con las cuales se va a interactuar.

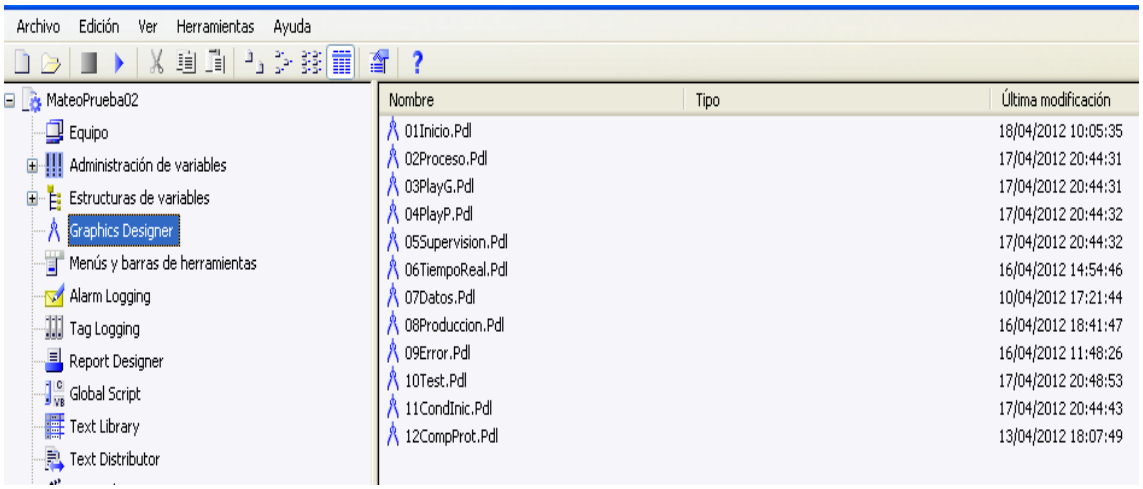


Figura 47. Creación ambiente grafico sistema SCADA. [24]

Para la configuración del inicio y activación del Runtime del proceso, es necesario realizar la configuración que se muestra la figura 48. Se debe seleccionar las secuencias al iniciar WinCC Runtime. Además se debe identificar y seleccionar la imagen de inicio, la configuración de menús y barras.

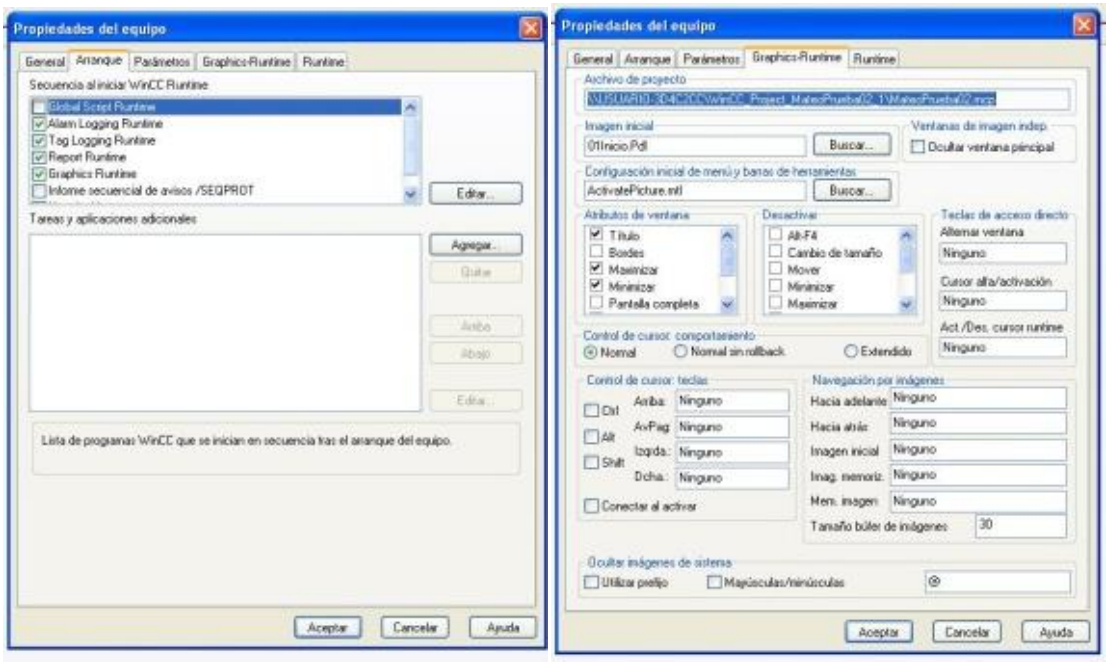


Figura 48. Configuración inicio Runtime sistema SCADA. [24]

La figura 49 muestra las alarmas necesarias durante el proceso y sus respectivas configuraciones, las cuales se pueden observar en la tabla que se encuentra en la parte inferior de la figura.

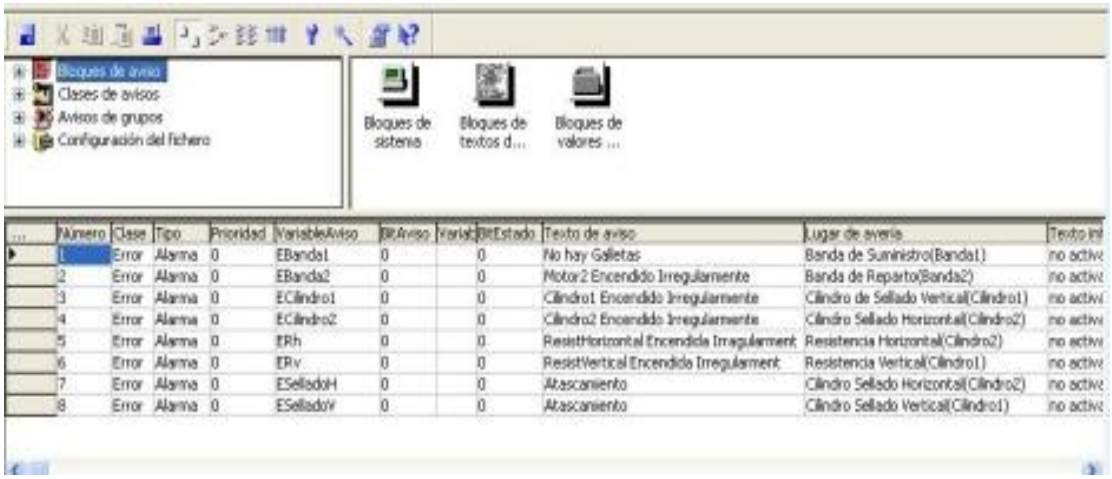


Figura 49. Creación y configuración de alarmas sistema SCADA. [24]

En la figura 50 se muestran los ficheros requeridos para realizar la toma de datos y registros de las variables controladas. El tiempo de adquisición debe ser el adecuado para cada fichero, ya que de ello depende la fiabilidad de los datos.

Figura 50. Configuración ficheros del proceso. [24]

La figura 51, muestra el formato creado para la impresión de informes de los registros tomados por el sistema durante el proceso.

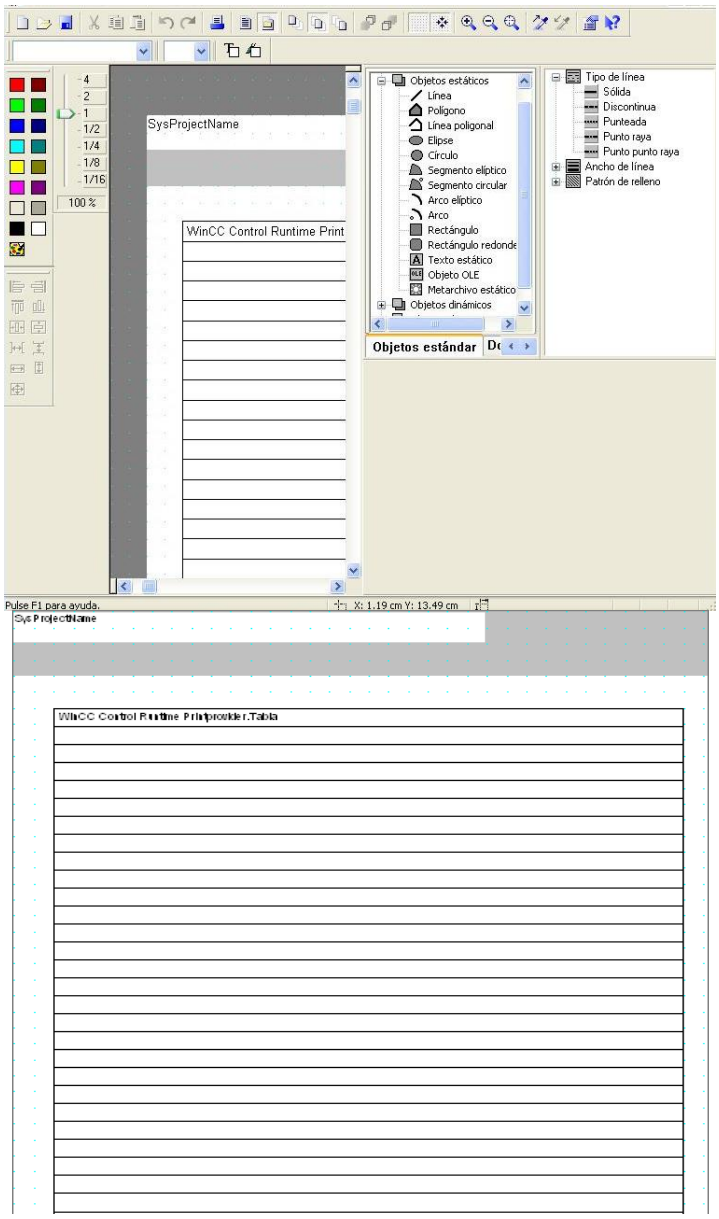


Figura 51. Formato informes sistema SCADA. [24]

3.1.4.2 Diseño grafico Para el diseño se utilizó la informacion y ejemplos contenidos en el manual de ayuda incorporado en el WinCC Explorer. (Ver figura 52)

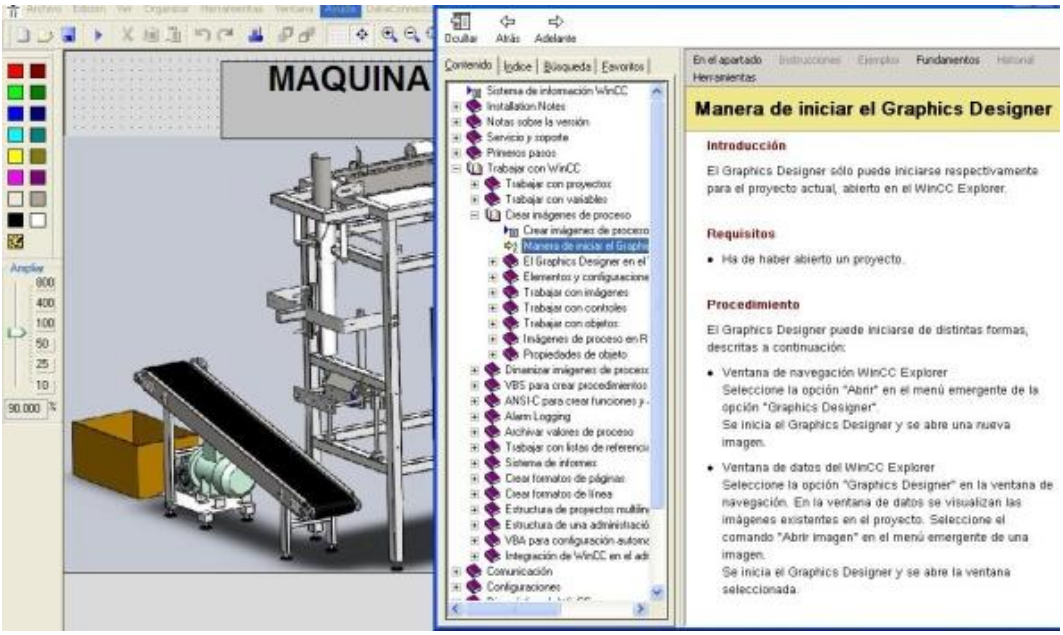


Figura 52. Ayuda manejo de proyecto y herramientas WinCC Explorer. [24]

Para poder controlar el proceso de la empacadora de galletas, se hizo necesario realizar un diseño preliminar de la estructura y establecer los vínculos necesarios, donde se configuraran los paneles de navegación.

En la tabla 5, se explica el contenido de cada bloque de la figura 53.

PANTALLA	Acciones especificas	Acciones generales
INICIO	**ON:** Energiza el sistema **Proceso:** Ir a pantalla Proceso **Supervisar:** Ir a pantalla Supervisión **Condiciones Iniciales:** Ir a pantalla Condiciones Iniciales **Testeo:** Ir a pantalla Testeo **Video:** Ir a pantalla Video **Nota:** Para toda acción seleccionada, se energiza la respectiva variable de proceso.	**Navegación:** Inicio – Atrás – Warning **Acción:** Parada de emergencia
Condiciones Iniciales	**Sellado vertical:** Energiza la variable que acciona el cilindro 1. **Sellado horizontal:** Energiza la variable que acciona el cilindro 2. **Ayuda:** Habilita el texto de ayuda	

Testeo	**Motor1:** Acciona el test del motor1 **Motor2:** Acciona el test del motor2 **Cilindro1:** Acciona el test de C1 **Cilindro2:** Acciona el test de C2 **Cilindro3:** Acciona el test de C3	**Navegación:** Inicio – Atrás – Warning **Acción:** Parada de emergencia
Proceso	**Proceso de empaque paquete grande:** Ir a pantalla Paquete grande y energizar variable correspondiente **Proceso de empaque paquete pequeño:** Ir a pantalla Paquete pequeño y energizar variable correspondiente	
Paquete Grande	**PLAY:** Inicia el proceso de empacado **STOP:** Interrumpe el proceso de empacado **Supervisión:** Ir a Pantalla de supervisión	
Paquete Pequeño	**PLAY:** Inicia el proceso de empacado **STOP:** Interrumpe el proceso de empacado **Supervisión:** Ir a Pantalla de supervisión	
Supervisión	**Tiempo real:** Ir a pantalla Tiempo real **Datos:** Ir a pantalla Datos **PRODUCCION:** Ir a pantalla Producción	
Tiempo Real	Habilitar la grafica deseada	
Datos	Habilitar el tipo de datos a analizar	
Producción	Habilitar opciones estadísticas y analizar los resultados obtenidos durante y al final del proceso	
Errores	Identificar los errores o fallas del sistema durante el proceso de empacado	
Video	Seleccionar el video que se desea observar, según el proceso el criterio del usuario	

Tabla 5. Pantallas y sus funciones. [24]

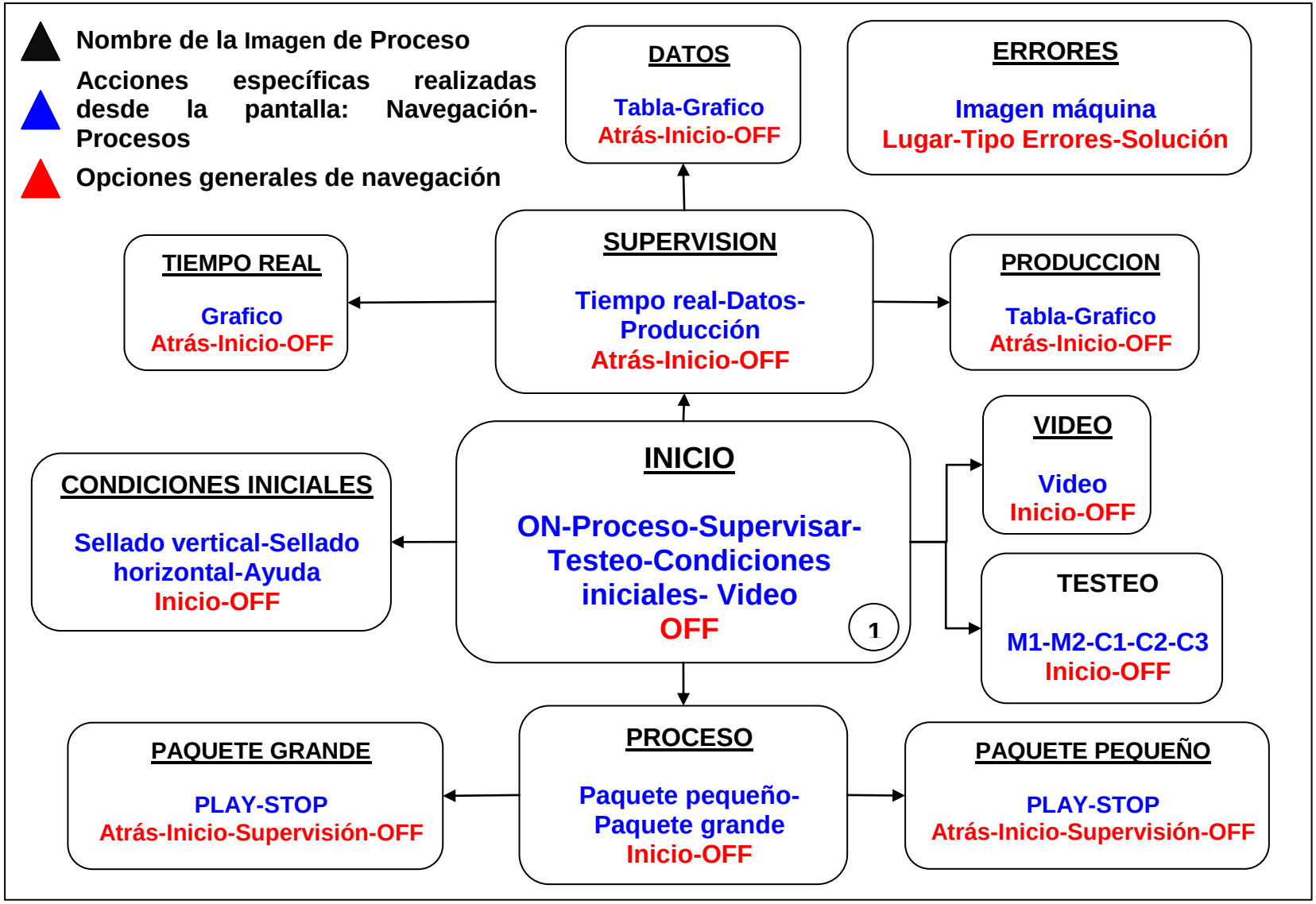


Figura 53. Diseño y navegación previo menús Sistema SCADA. [24]

- **INICIO** A continuación se puede observar en la figura 54, el ambiente grafico principal de nuestro sistema SCADA. Por lo anterior esta imagen fue configurada como la imagen inicio del sistema. A su vez se puede observar los diferentes botones presentes, con los cuales se van a controlar el proceso del sistema. Cada botón representa una variable interna o externa, que su vez se relaciona directamente con las marcas o variables del programa diseñado en Simatic STEP7.

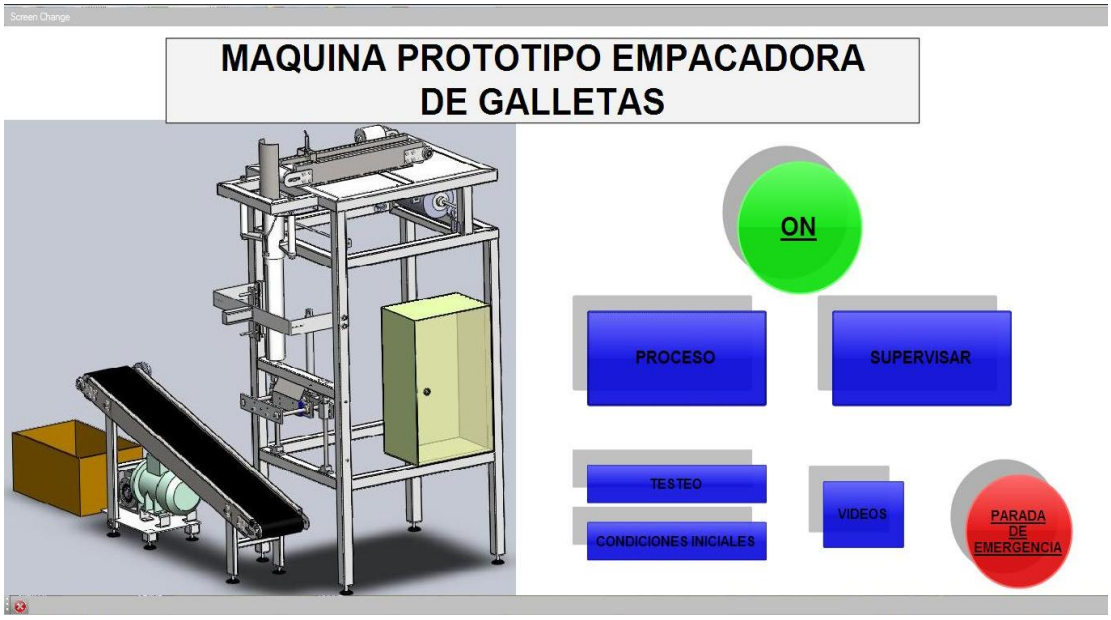
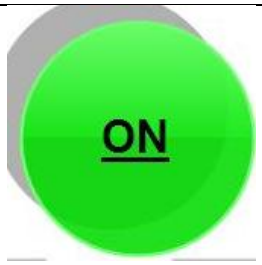
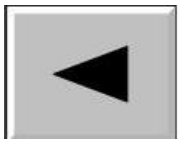
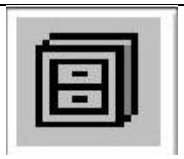


Figura 54. Imagen inicio y menú principal Runtime. [24]

En la tabla 6, se observan todos los botones, su respectiva variable y las características de cada una.

BOTON	VARIABLE	OBSERVACIONES
	ONHMI	Energiza todo el sistema

	HMIP	Energiza la variable y accede a la pantalla Proceso
	X	Accede a la pantalla Supervisar
	HMIT	Energiza la variable y accede a la pantalla Test
	HMIC	Energiza la variable y accede a la pantalla Condiciones Iniciales
	X	Accede a la pantalla Videos
	OFFHMI	Des-energiza todo el sistema
	HMIP1	Energiza la variable y accede a la pantalla Paquete Grande
	HMIP2	Energiza la variable y accede a la pantalla Paquete Pequeño
	X	Accede a la pantalla Inicio

	HMIP11 HMIP21	Energiza las variables según desde donde se accione
	HMIP12 HMIP22	Energiza las variables según desde donde se acceda
	HMIA1 HMIA2 HMIA3 HMIA4 HMIA5	Energiza la variable y accede a la pantalla anterior
	X	Accede a la pantalla Supervisar
	X	Accede a la pantalla TiempoReal
	X	Accede a la pantalla Datos
	X	Accede a la pantalla PRODUCCION
	Alarma	Energiza la variables y accede a la pantalla Errores
	HMIT1	Energiza la variable

	HMIT2	Energiza la variable
	HMIT3	Energiza la variable
	HMIT4	Energiza la variable
	HMIT5	Energiza la variable
	HMIC1	Energiza la variable
	HMIC2	Energiza la variable

Tabla 6. Configuración de Botones. [24]

- **PROCESO** En la figura 55 se muestra el ambiente grafico de la pantalla donde se selecciona el tipo de paquetes a producir. Cada botón representa una variable, asignada también en la tabla de símbolos del programa. En la parte superior derecha se puede observar el LED indicador del precalentamiento de las resistencias, este está presente en todas las pantallas que dependen de esta condición para ejecutar alguna acción.

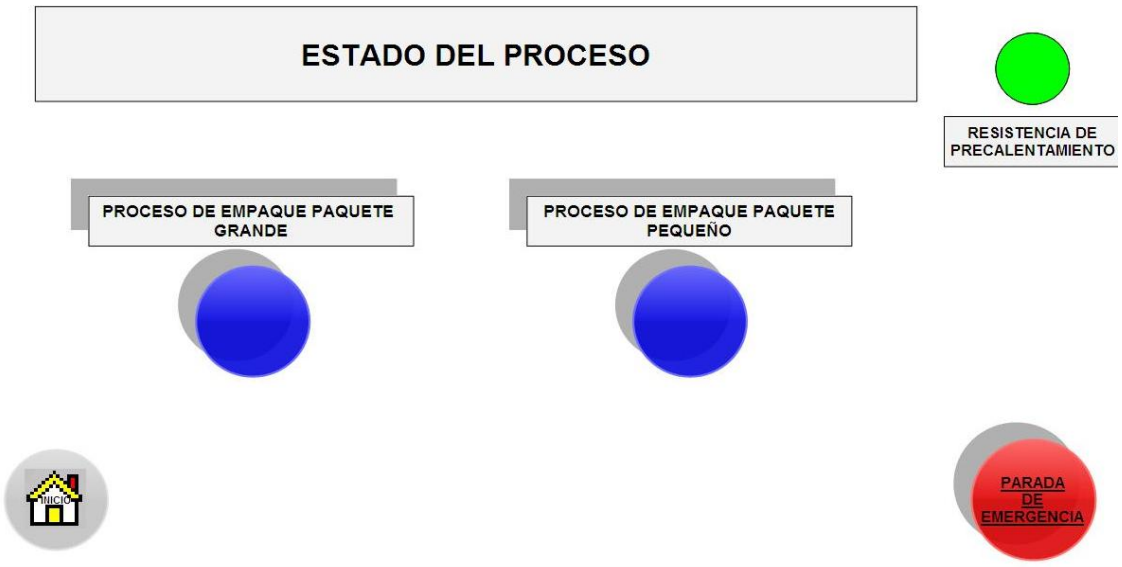


Figura 55. Menú de selección tipo de proceso. [24]

- **EMPAQUE PAQUETE GRANDE** En la figura 56, se tienen los botones con los que se activa y pausa el proceso de empaque de galletas en su versión de paquete grande (PLAY-STOP). Se puede observar una casilla donde se debe ingresar un número (1-100). Este número representa la cantidad de paquetes a producir durante el proceso a iniciar. El dato que se ingresa se convierte en una variable de entrada (E/S), que es transferida al contador correspondiente al número de paquetes grandes, para este caso.

Figura 56. Menú acciones paquete grande. [24]

- **EMPAQUE PAQUETE PEQUEÑO** En la figura 57, se tienen los botones con los que se activa y pausa el proceso de empaque de galletas en su versión de paquete pequeño (PLAY-STOP). Se puede observar que como en todas las demás pantallas del sistema se encuentra el botón de parada de emergencia, en la esquina inferior derecha de la pantalla. Este botón está asociado directamente a la variable OFFHMI, que se encuentra tanto en la lista de variables del WinCC Explorer, como en la lista de símbolos del Simatic Step7.

Figura 57. Menú acciones paquete pequeño. [24]

- **SUPERVISION** En la figura 58, se muestra el menú de supervisión del proceso. Se puede observar el diseño de la máquina empacadora, el cual durante el runtime, deja ver el movimiento de cilindros, bandas y detección de sensores. Desde este menú se puede navegar a los principales menús de supervisión tales como supervisión en tiempo real, supervisión de datos y supervisión de la producción. También se puede ver en tiempo real el estado del proceso que esté realizando el prototipo, este ON u OFF, con su respectivo color según las normas de ergonomía.

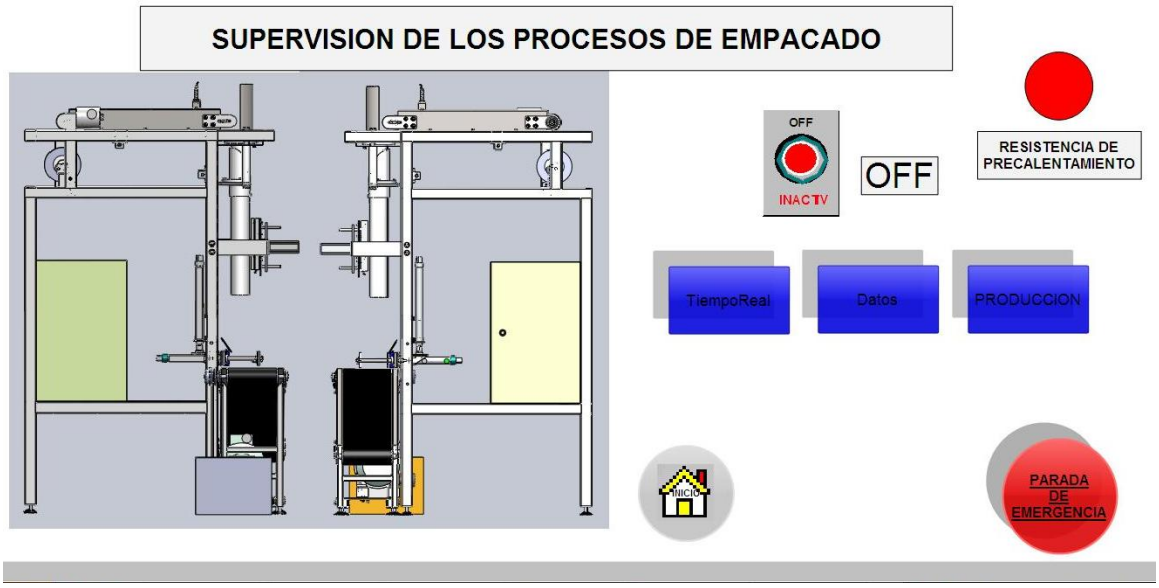


Figura 58. Menú supervisión de proceso. [24]

- **<u>SUPERVISION EN TIEMPO REAL</u>** En la figura 59, menú supervisión en tiempo real, se puede ver el comportamiento en el instante, por medio de curvas características. Estos comportamientos pueden registrarse, grabarse y exportarse a tablas de Excel; para ser impresos o analizados con más detenimiento.

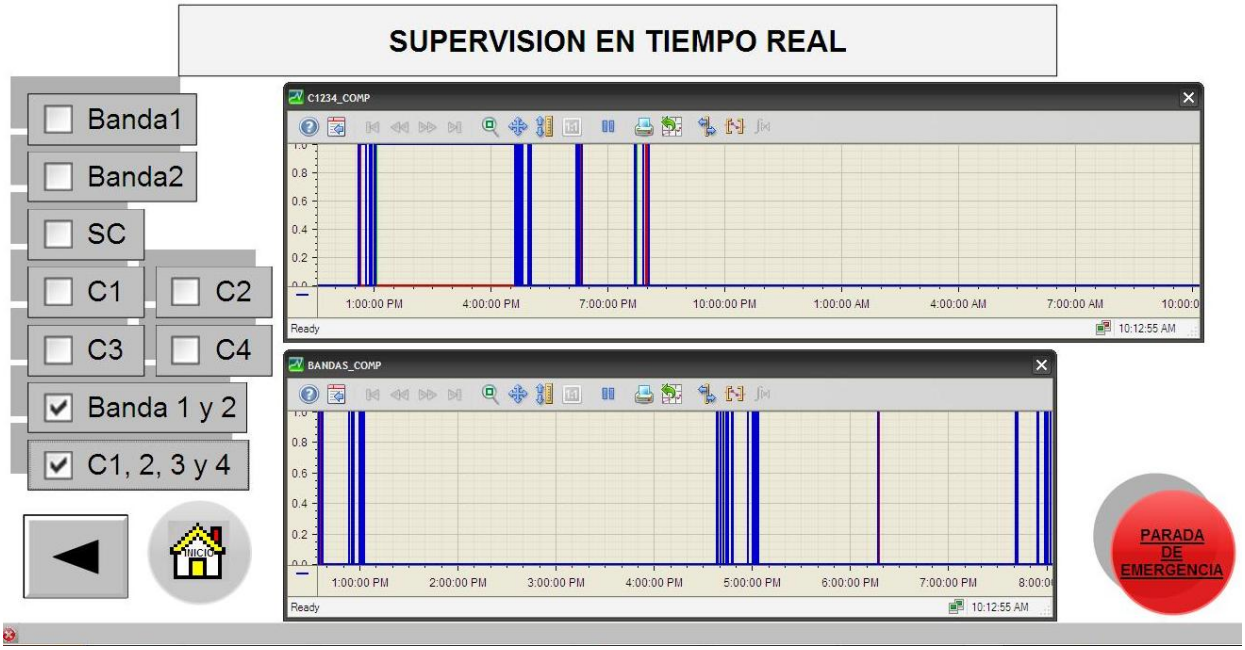


Figura 59. Menú supervisión en tiempo real del proceso. [24]

- **<u>SUPERVISION DATOS</u>** En la figura 60 en la parte superior, se observa la tabla de acciones de los elementos de la máquina prototipo. Se puede ver en que instante se activo y desactivo cada elemento, y comparar los tiempos de accion entre los mismos. En la parte inferior, se oberva el historial de fallas, según su color se identifica cuales fueron correjidas (Verde) o cuales no lo han sido aun (Rojo). A su vez se puede ver la aparicion del mensaje de error en la esquina inferior derecha arriba de la parada de emergencia cada vez que en el sistema ocurre una falla durante el proceso.

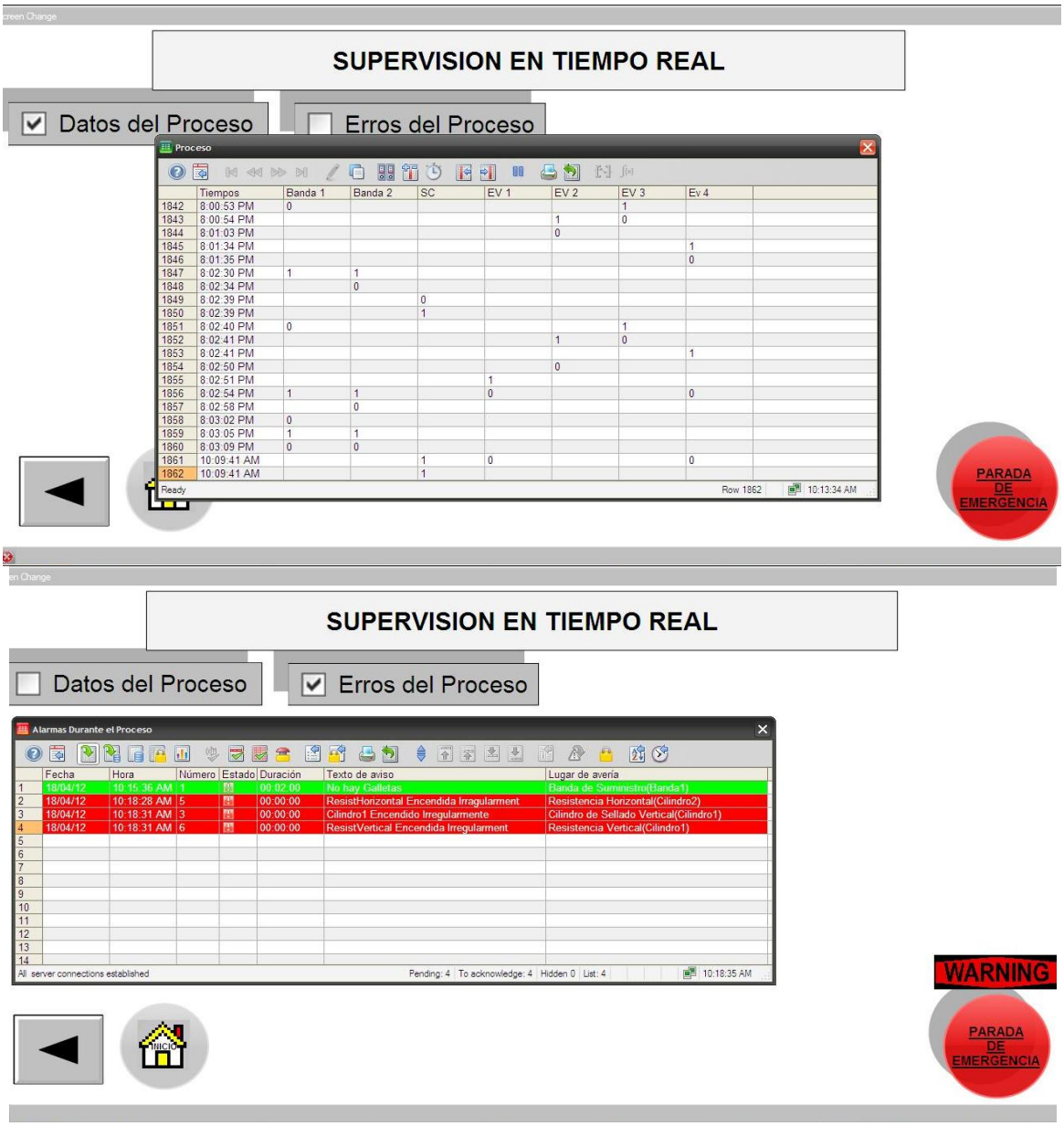


Figura 60. Menú supervisión de datos del proceso. [24]

- **SUPERVISION PRODUCCION** En la figura 61, se observa la produccion parcial y total del proceso de empacado. En la tabla se consignan los datos de galletas, paquetes grandes y paquetes pequeños producidos. Estos datos se toman contra el tiempo de produccion tal como se observa y consigna en la tabla.

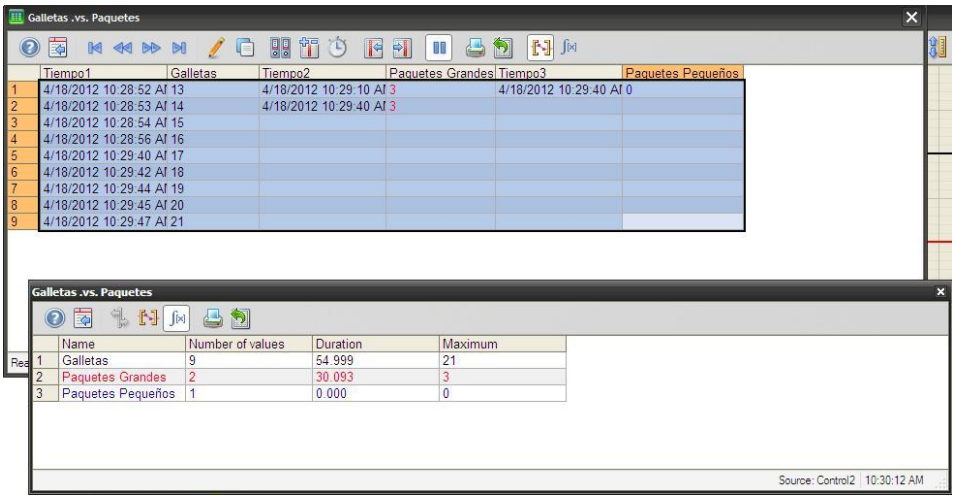


Figura 61. Datos obtenidos durante el proceso. [24]

En la figura 62, se aprecia detalladamente el comportamiento del proceso, representando graficamente la relacion existente entre número de galletas y el número de paquetes, durante el tiempo de muestra determinado por el usuario.

Figura 62. Menú supervisión de la producción del proceso. [24]

- **ERRORES** En la figura 63 se puede apreciar con mas claridad y detalle, la presencia de los errores ocurridos durante el proceso. Adicional al aviso, se representa el lugar de la averia resaltado en color rojo, en la grafica del prototipo, como lo indican las normas sobre el uso de alarmas. Ademas al dar click sobre el lugar de la averia, el sistema muestra las posibles causas de dicho error. Al solucionar el error o los errores el aviso de WARNING desaparece y el elemento que presentaba el error vuelve a su color original.

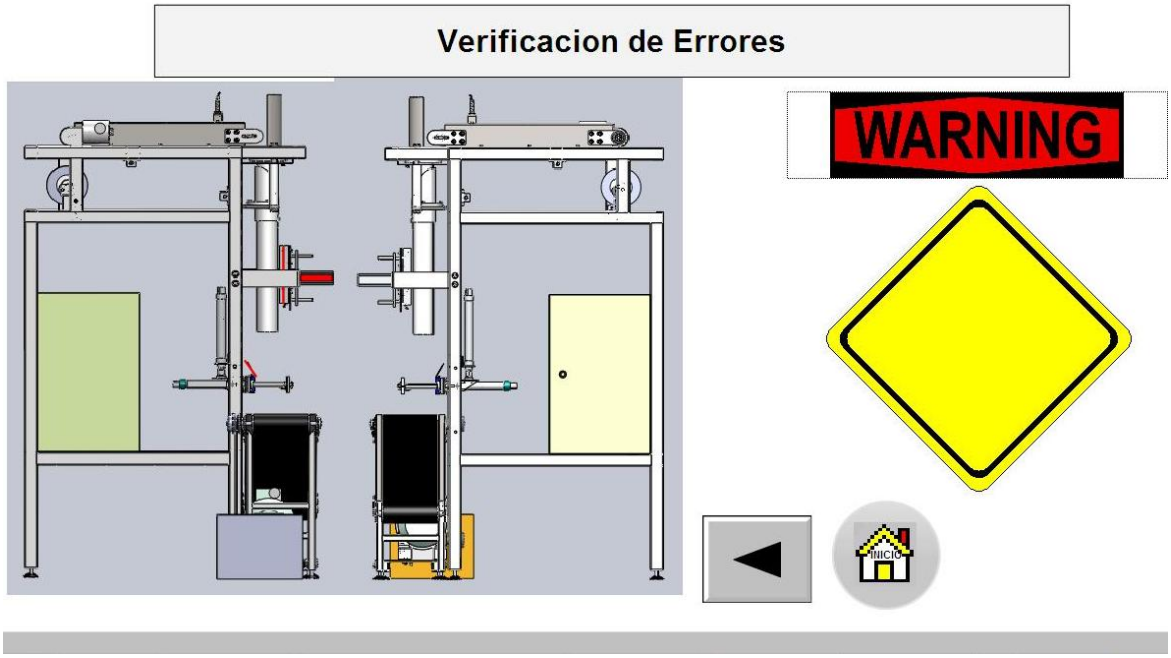


Figura 63. Menú supervisión de errores del proceso. [24]

- **TESTEO** Al frente de cada elemento movil (Motor1, Motor2, Cilindro1, Cilindro2 y Cilindro3), se encuentra el respectivo boton para su testeo, que a su vez, al ser accionado y estar energizado activa el led indicador respectivo. (Ver figura 64)

Figura 64. Menú testeo elementos móviles del prototipo. [24]

- **<u>CONDICIONES INICIALES</u>** Para iniciar el proceso o los procesos, la máquina debe cumplir con unas condiciones iniciales especificas, las cuales se deben realizar desde el menu observado en la figura 65. Con la opcion de ayuda se puede obtener informacion adicional y mas detallada.

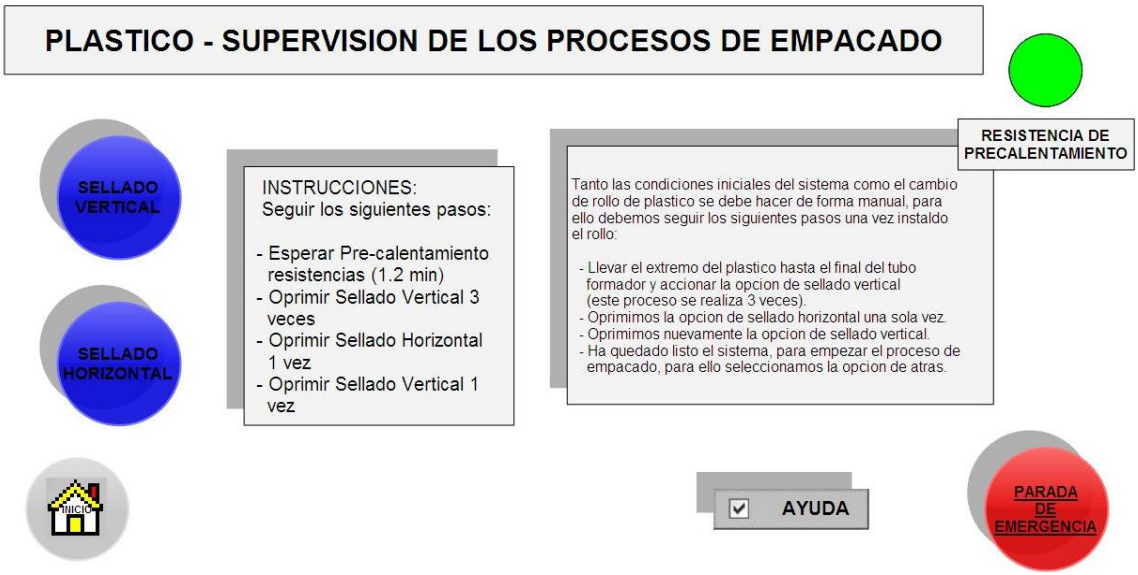


Figura 65. Menú condiciones iniciales del prototipo. [24]

- **VIDEO** En la figura 66, se pueden observar los videos de la máquina prototipo empacadora de galletas funcionando en los diferentes procesos, tales como el testeo, condiciones iniciales y el proceso de empaque galletas paquete grande y pequeño.

Figura 66. Menú videos. [24]

3.1.4.3 Pruebas y analisis de resultados

En la figura 67, se muestran los comportamientos comparativos entre la banda 1 y 2, en la parte superior; y entre las electrovalvulas 1, 2, 3 y 4, en la parte inferior. Estos comportamientos están acorde con el funcionamiento de la máquina, lo que indica que tanto los ficheros como los tiempos de adquisicion de datos, estan configurados adecuadamente.

En la tabla de la figura 68, se muestra la actividad de cada uno de los elementos de la máquina prototipo empacadora de galletas. Los datos binarios indican que el elemento está activado cuando la casilla tiene el valor 1 y desactivado cuando la casilla tiene un 0. En la segunda columna de la tabla se muestra el momento en el cual cambia de estado, permitiendo así comparar tiempos con respecto a cambios de estado.

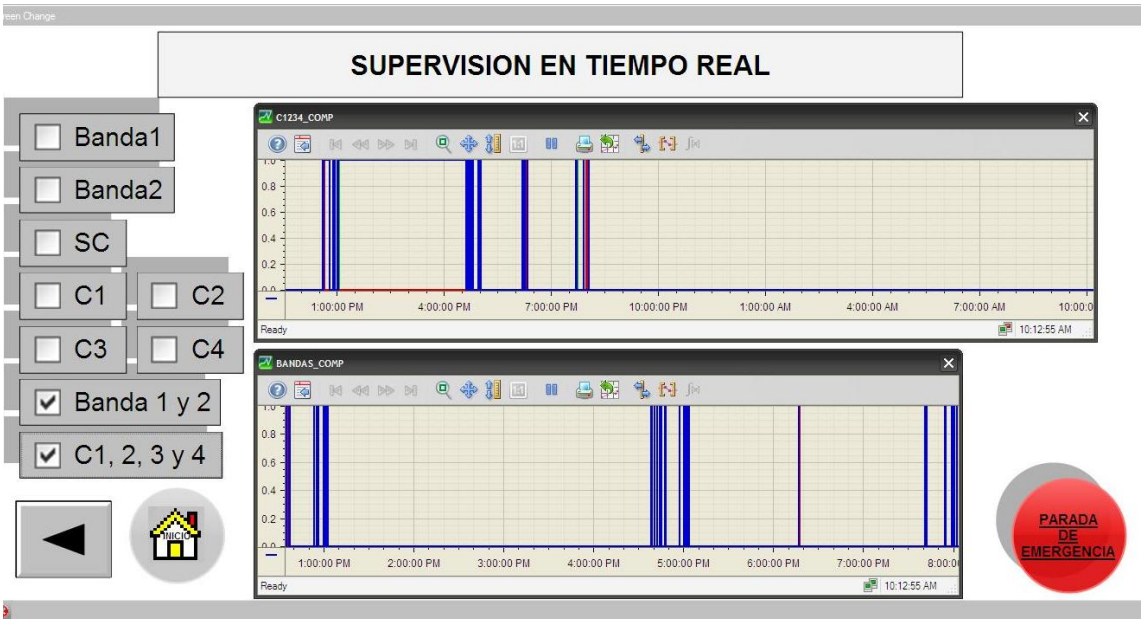
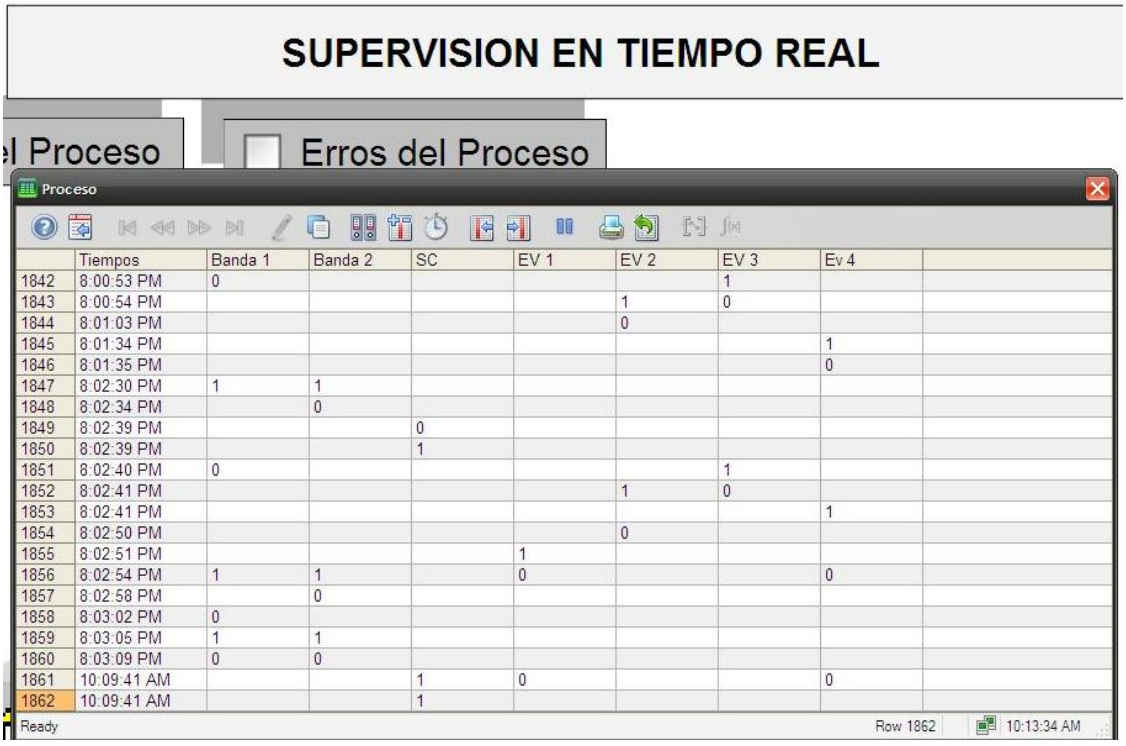


Figura 67. Resultados y comportamiento del proceso. [24]



	Tiempos	Banda 1	Banda 2	SC	EV 1	EV 2	EV 3	Ev 4
1842	8:00:53 PM	0					1	
1843	8:00:54 PM					1	0	
1844	8:01:03 PM					0		
1845	8:01:34 PM							1
1846	8:01:35 PM							0
1847	8:02:30 PM	1	1					
1848	8:02:34 PM		0					
1849	8:02:39 PM			0				
1850	8:02:39 PM			1				
1851	8:02:40 PM	0					1	
1852	8:02:41 PM					1	0	
1853	8:02:41 PM							1
1854	8:02:50 PM					0		
1855	8:02:51 PM				1			
1856	8:02:54 PM	1	1		0			0
1857	8:02:58 PM		0					
1858	8:03:02 PM	0						
1859	8:03:05 PM	1	1					
1860	8:03:09 PM	0	0					
1861	10:09:41 AM			1	0			0
1862	10:09:41 AM			1				

Figura 68. Datos del proceso. [24]

En las figuras 69 y 70, se muestra la actividad de las fallas presentadas en el sistema durante el proceso de empacado. En este caso, se evidencia la falta de suministro de materia prima (galletas). En la figura 69 se presenta el error, identificado por el color rojo, mostrando el tipo de error, lugar de la avería, la fecha en que ocurrió, la hora exacta de la falla. En la figura 70 se muestra el evento solucionado, identificado con el color verde y también muestra el tipo de error, el lugar y número de la avería; en esta oportunidad se muestra la hora en la que fue solucionado y el tiempo transcurrido entre la falla y su solución.

Figura 69. Error del proceso. [24]

En la figura 71, se muestran los fallos ocurridos y solucionados respectivamente; junto con la información respectiva de lugar, tipo, número, hora, fecha y duración de la avería.

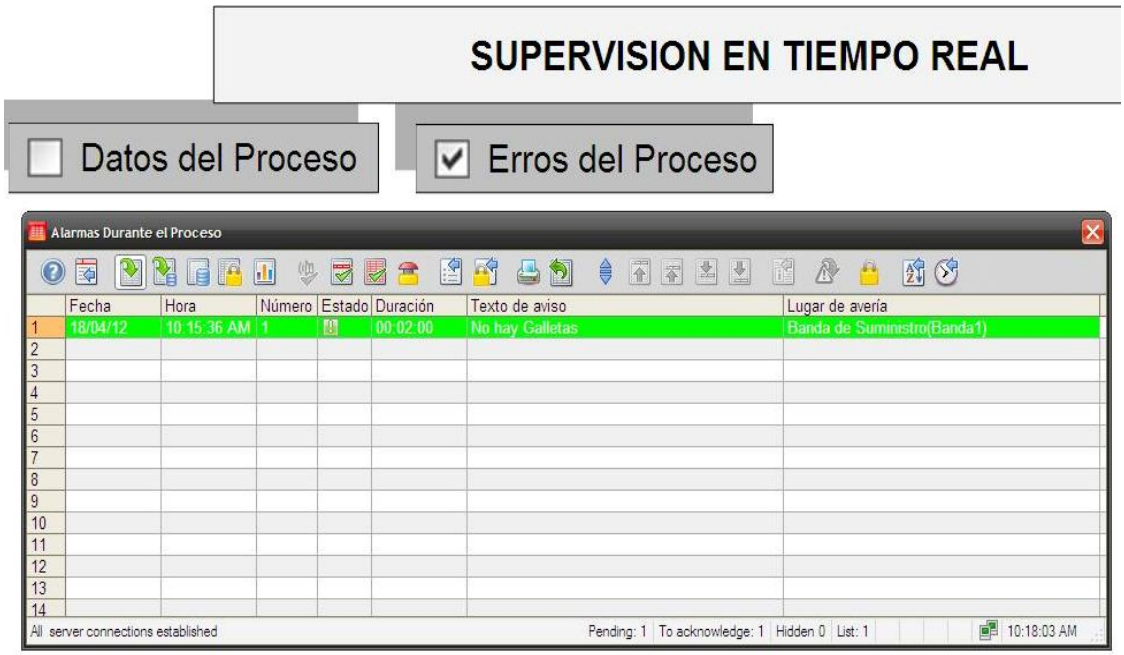


Figura 70. Solución fallo durante el proceso [24]

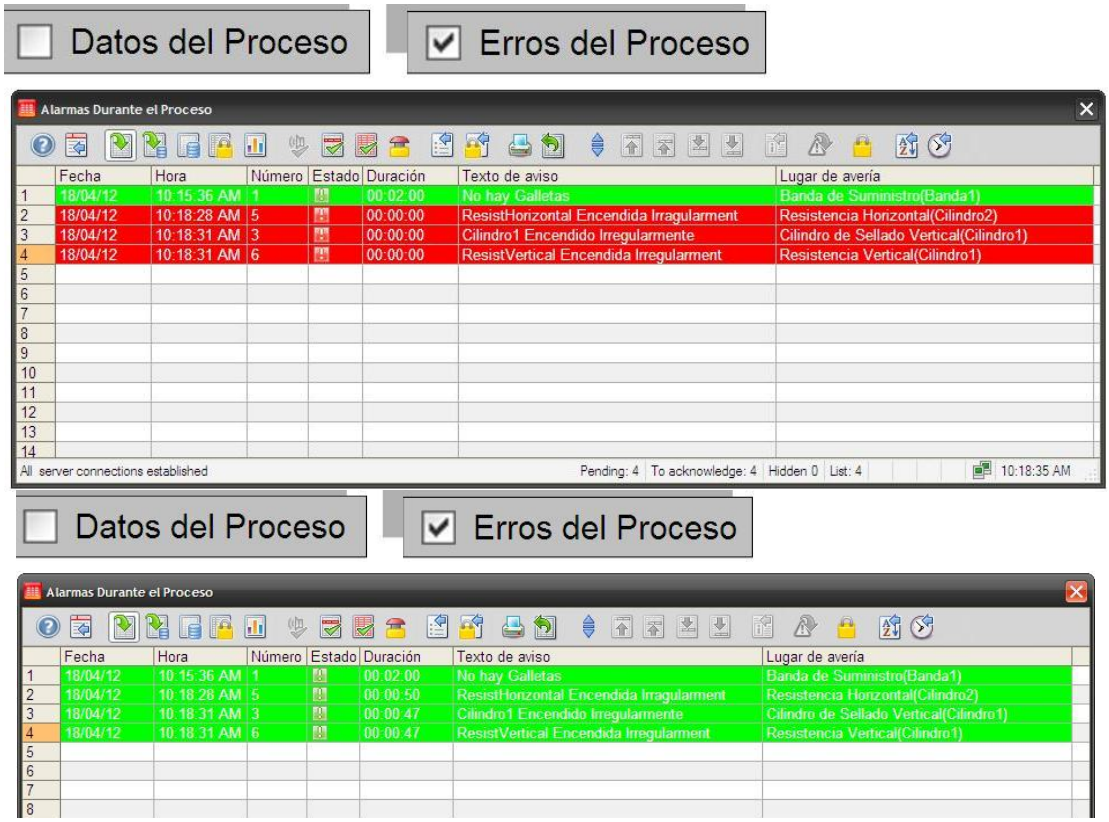


Figura 71. Fallos y solución durante el proceso. [24]

En la figura 72, se observa el comportamiento del prototipo durante el proceso de empacado. La grafica descrita en la figura (SC vs Banda2), hace referencia a una relación directa al conteo de galletas y paquetes respectivamente. Línea negra representa el número de galletas y la línea roja el número de paquetes.

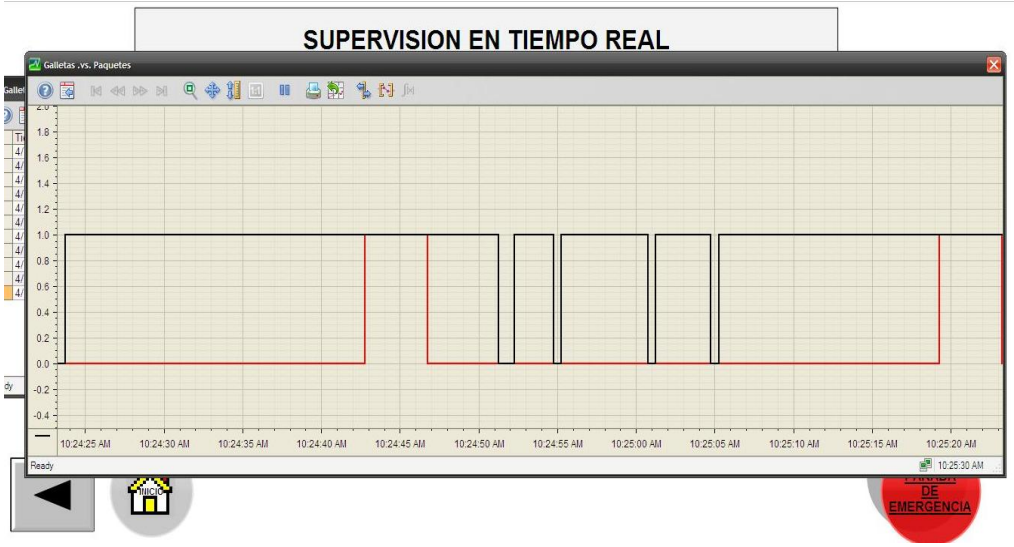


Figura 72. SC vs Banda2 relación Galletas vs Paquetes. [24]

En la figura 73, se muestra la tabla de producción parcial o total, dependiendo de si se analiza durante el proceso o al final del proceso; se muestra el conteo uno por uno en la tabla de datos y en la tabla estadística se muestra el número total o parcial de galletas y paquetes.

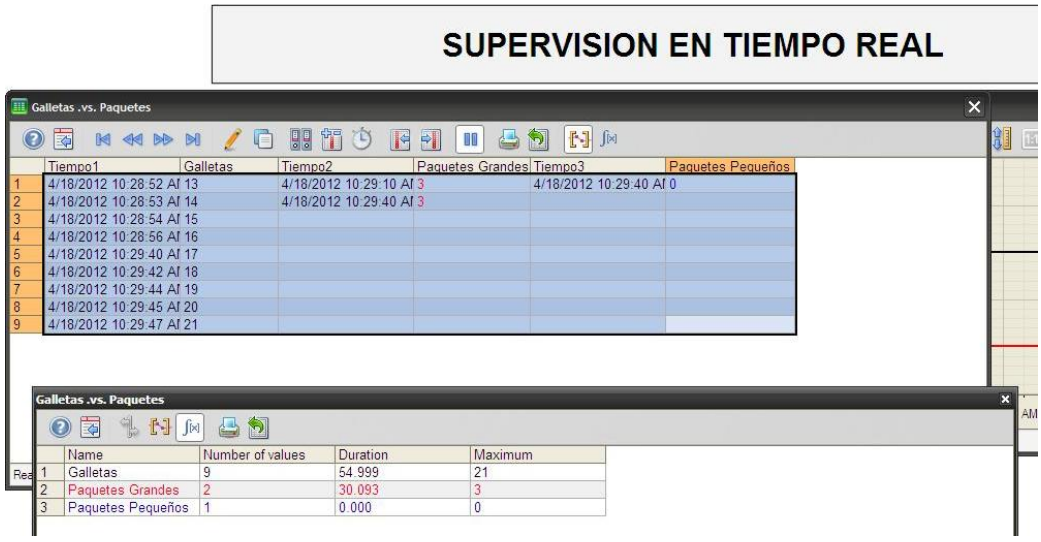


Figura 73. Datos de producción. [24]

CONCLUSIONES

Durante el desarrollo del proyecto, se pudo apreciar la importancia y necesidad de un enfoque interdisciplinar para el diseño y buen funcionamiento del prototipo. Las máquinas prototipo tienen etapas mecánicas, eléctricas y electrónicas; las cuales se fundamentan entre ellas y si se desarrollan de manera individual los proyectos quedan inconclusos u obsoletos a largo plazo. Por ello se decidió realizar un trabajo conjunto con un estudiante de ingeniería mecánica, que finalmente dio como resultado una máquina prototipo más confiable y robusta.

La importancia de una completa y eficaz planeación, queda en evidencia en la ejecución de un proyecto donde no tiene cabida la improvisación, ya que cada improvisto e inconveniente presentado, debe ser solucionado en el menor tiempo posible y de manera correcta; por lo anterior la planeación, junto con el planteamiento de cronogramas de trabajo, son fundamentales en la concepción y buen desarrollo del proyecto.

La automatización de la máquina prototipo empacadora de galletas, se realizo utilizando el software programable de Siemens, SIMATIC Step7. Por medio de este, se creó y digito el código fuente que automatiza el proceso y el sistema. Además en el programa se crearon todas las variables asociadas, a marcas, entradas y salidas, que determinan el funcionamiento del prototipo.

En la implementación del sistema SCADA de la arquitectura Siemens, se utilizó el software WinCC Explorer V 7.0. Este software, es ideal para la adquisición y el manejo de datos, registros; generación de estadísticas y gráficos de tendencias y comportamientos; del sistema a controlar.

Al manejar los programas de diseño de sistemas SCADA HMI, se observó la diferencia real entre uno y otro. (Wincc Flexible y WinCC Explorer). En el diseño grafico preliminar realizado con WinCC Flexible, debido a las limitaciones de este, se realizó un programa con funciones básicas de activación y desactivación de variables y navegación interna entre menús. El diseño grafico final del sistema SCADA, se realizó con WinCC Explorer, un software robusto que brinda todas las herramientas necesarias de diseño.

El programa SCADA WinCC Explorer, ofrece un ambiente robusto pero amigable, haciendo así que el diseño del sistema sea de fácil configuración y

aplicación. Los datos, registros, gráficos, tablas, etc. Obtenidos durante el proceso; tendrán la fiabilidad sujeta al diseño adecuado o no del sistema. Si el diseño e implementación son claros y adecuados, los datos de producción, comportamiento, alarmas y estados del proceso serán confiables y reales.

Las normas de ergonomía y alarmas, se hacen fundamentales en el diseño grafico y funcional del sistema. Estas normas sirven para desarrollar el proyecto basándonos en las necesidades del usuario. Es en torno a él que debe girar el proceso de diseño ya que el entendimiento y buen manejo del sistema, va a depender el funcionamiento adecuado del prototipo.

Se puede observar que del buen diseño visual, navegación y funcional, depende la correcta manipulación del sistema, por el usuario de la Máquina Prototipo Empacadora de Galletas. Por lo anterior, se hace énfasis en la necesidad de realizar bosquejos y diseños preliminares antes de plasmar el diseño definitivo. Las pruebas del funcionamiento del prototipo, deben realizarse paso por paso para ir depurando los posibles errores que puedan afectar el funcionamiento de la máquina y la integridad del usuario.

BIBLIOGRAFIA

[1] RODRIGUEZ PENIN, Aquilino. Sistemas SCADA. 2da ed. México: Alfaomega, 2007.

[2] **C**ontrol de Accesos. [En Línea] <http://control-accesos.es/wp-content/scada_edificiomn.gif> [Consulta 20-11-11]

[3] Open Automation. [En Línea] < http://www.openautomation.net/uploadsfotos/bunge-01-01.jpg> [Consulta 15-11-11]

[4] Universidad Nacional Hermilio Valdizan: Manufactura Integrada por Computadora CIM. [En Línea] <http://www.fiisunheval.com/file.php/1/Laboratorio_CIM/piramide_de_la_automatizacion.JPG> [Consulta 03-12-11]

[5] ISC Diary: SCADA: A big challenge for information security professionals. [En Línea] < http://handlers.dshield.org/msantand/scada.png> [Consulta 15-11-11]

[6] MicroWest Design LTD. [En Línea] <http://www.microwestdesign.com/graphics/photos/touchscreen.gif> [Consulta 03-12-11]

[7] Siemens Automation Industrial. [En Línea] <http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/24626574/P_IK10_XX_00825i.jpg> [Consulta 10-12-11]

[8] Red Iris. [En Línea] <http://guimi.net/monograficos/G-Redes_de_comunicaciones/imgs/pq/GRedesdecomunicaciones-img4.png> [Consulta 11-12-11]

[9] ARGUVI: Definición Ergonomía. [En Línea] <http://arguvi.wikispaces.com/file/view/ergonomia.jpg/179475967/ergonomia.jpg> [Consulta 07-01-12]

[10] ISO International Organization for Standardization. [En Línea] <http://www.iso15022.org/images/iso.gif> [Consulta 07-01-12]

[11] Emagister: Instrumentation Sensors. [En Línea] <http://cdn3.grupos.emagister.com/imagen/tipos_de_sensores_430139_t0.jpg> [Consulta 07-01-12]
[12] Swissesor: Automatización/Accionamiento Industrial. [En Línea] <http://www.swissesor.com/imagen/bild%20actuadores.png> [Consulta 07-01-12]

[13] InnstrumentacionyControl.net. [En Línea] <instrumentacionycontrol.net/es/instrumentación> [Consulta 07-01-12]

[14] MALDONADO CAMACHO, Fabián Mauricio. Prototipo de una máquina empacadora de galletas. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana, 2011

[15] Siemens Automation Catalog. [En Línea] <https://eb.automation.siemens.com/goos/catalog/Pages/Collateral.axd?method=product&mlfb=6ES7314-6BH04-0AB0&region=CO> [Consulta 12-11-11]

[16] Festo. FAQ-Válvulas y terminales de válvulas. [En Línea] <http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/b/b4/Posici%C3%B3n2_opcion_a_ejer3_07277.jpg> [Consulta 08-01-12]

[17] Kioskea: Normatividad ISO 9241. [En Línea] **<**http://es.kioskea.net/faq/1632-las-normas-en-ergonomia-de-software> [Consulta 08-01-12]

[18] APEI. Informe APEI sobre Usabilidad. [En Línea] <http://www.nosolousabilidad.com/manual/img/fig32.jpg> [Consulta 13-11-11]

[19] Ciencia PC. Filosofía, identificación y racionalización de Alarmas. [En Línea] <http://cienciapc.idict.cu/index.php/cienciapc/article/viewFile/194/453/2079> [Consulta 13-11-11]

[20] Ciencia PC. Filosofía, identificación y racionalización de Alarmas. [En Línea] <http://cienciapc.idict.cu/index.php/cienciapc/article/view/194/453> [Consulta 13-11-11]

[21] AEGIS Solutions: Engineered Systems and Software for real World Applications. [En Línea] <http://www.aegis-solutions.com/images/LabVIEW_Certified_Developer.jpg> [Consulta 13-05-12]

[22] ICS: Industrial Control Solutions [En Línea] <http://www.icsincontrol.co.uk/images/scada/scada.jpg> [Consulta 13-05-12]

[23] ICS: Industrial Control Solutions [En Línea] <http://www.icsincontrol.co.uk/images/general/general.jpg> [Consulta 13-05-12]

[24] BUSTOS CASTILLO, Mateo Felipe. Diseño e implementación del sistema SCADA WinCC de Siemens a una máquina prototipo empacadora de galletas en el laboratorio de automatización de procesos de la UPB. 1ra ed. Bucaramanga 2012. Trabajo de grado (Ingeniero electrónico). Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga. Facultad de ingeniería electrónica.

[25] AUTOMATAS: Autómatas Industriales [En Línea] <http://www.automatas.org/redes/scadas.htm> [Consulta 13-05-12]

ANEXOS

Anexo A. Programa – Código KOP.

(Remítase al Anexo Digital)

Anexo B. Plano neumático de la Máquina Prototipo Empacadora de Galletas.

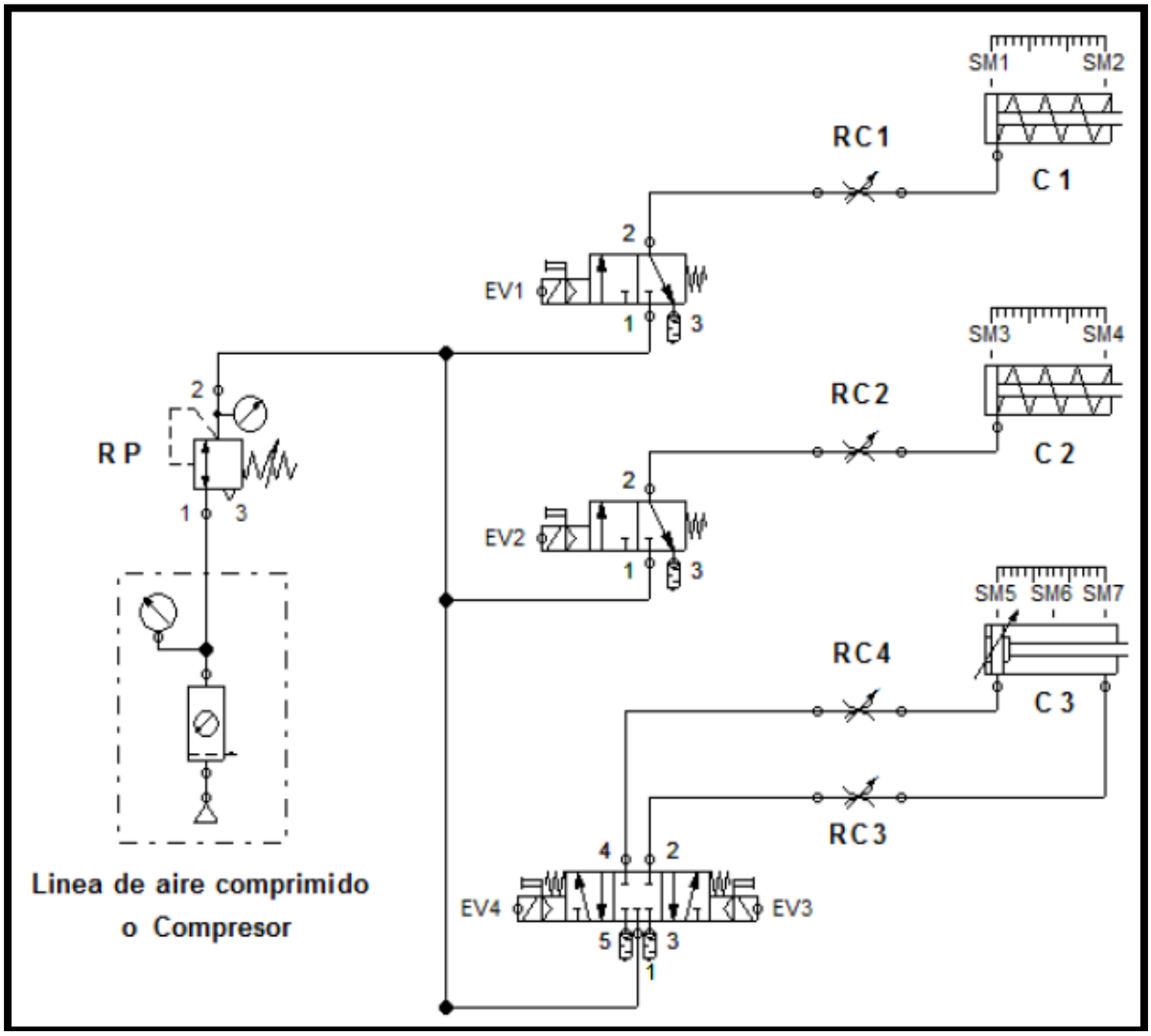


Figura 74. Plano neumático. [24]

Anexo C. Plano Eléctrico Máquina Prototipo Empacadora de Galletas.

(Remítase al Anexo Digital)

Anexo D. Manual.

(Remitirse al Anexo Digital)

Anexo D. Manual.

LISTA DE FIGURAS

Pag

Figura 1. Inicio del programa.....1

Figura 2. Precalentamiento de resistencias. 2

Figura 3. Menú principal.....3

Figura 4. Testeo partes móviles del prototipo.....4

Figura 5. Condiciones iniciales del proceso. 5

Figura 6. Menú paquetes.....5

Figura 7. Inicio de programa del proceso de paquetes grandes. 6

Figura 8. Control de materia prima del proceso de paquetes grandes.....7

Figura 9. Contadores y conversor de datos I_BCD del proceso de paquetes grandes.....8

Figura 10. Inicio de programa del proceso de paquetes pequeños. 9

Figura 11. Control de materia prima del proceso de paquetes pequeños..9

Figura 12. Contadores y conversor de datos I_BDC del proceso de paquetes pequeños. 10

Figura 13. Contadores del proceso general para registros, datos y gráficos. 11

Figura 14. Estado de memorias y salidas correspondientes. 12

Figura 15. Condiciones de fallas en el sistema.....13

Figura 16. Estado de variable Alarma y errores del sistema. 14

CODIGO DEL PROGRAMA DEL PROYECTO DE GRADO "DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA SCADA WINCC DE SIEMENS A UNA MAQUINA PROTOTIPO EMPACADORA DE GALLETAS EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACION DE PROCESOS DE LA UPB"

Segmento 1-4: al pulsar 1PB en el tablero u ONHMI en la interfaz grafica usada (SCADA o pantalla tactil), se da inicio a la secuencia del codigo. Se energizan las marcas que ubican a los cilindros en posicion de inicio.

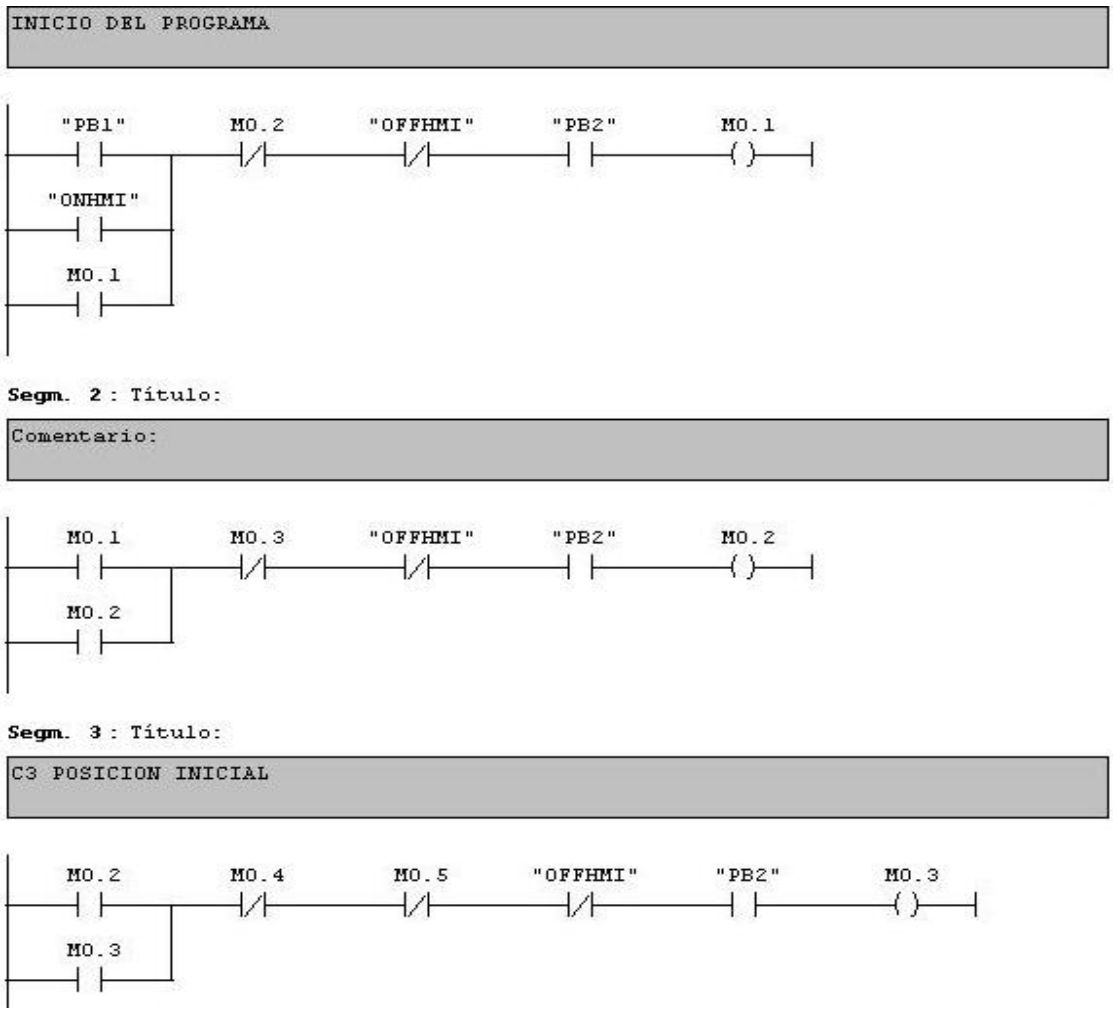


Figura 1. Inicio del programa

Segmento 5-8: al seleccionar las opciones HMIC o HMIP, condiciones iniciales y preceso respectivamente, se inicia la accion de precalentamiento de resistencias. Este proceso dura, por defecto 1min 20seg; para ambas resistencias.

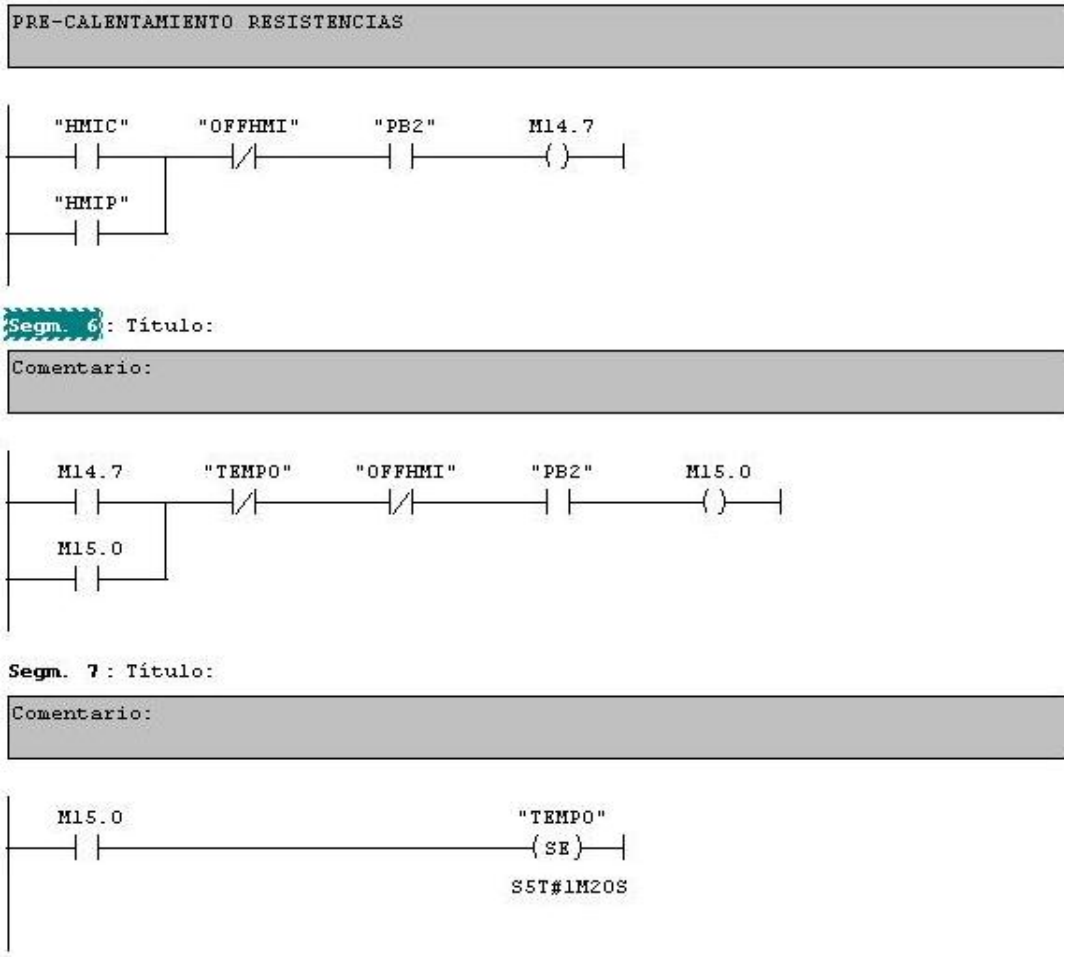


Figura 2. Precalentamiento de resistencias.

Segmento 9-11: en los segmentos 9, 10 y 11 encontramos HMIC, HMIT Y HMIP correspondientes a las opciones de condiciones iniciales, testeo de la maquina y proceso de empacado respectivamente. Estando habilitada la marca M0.4 con anterioridad, se pulsa la opción deseada desde la HMI y el sistema la ejecutara.

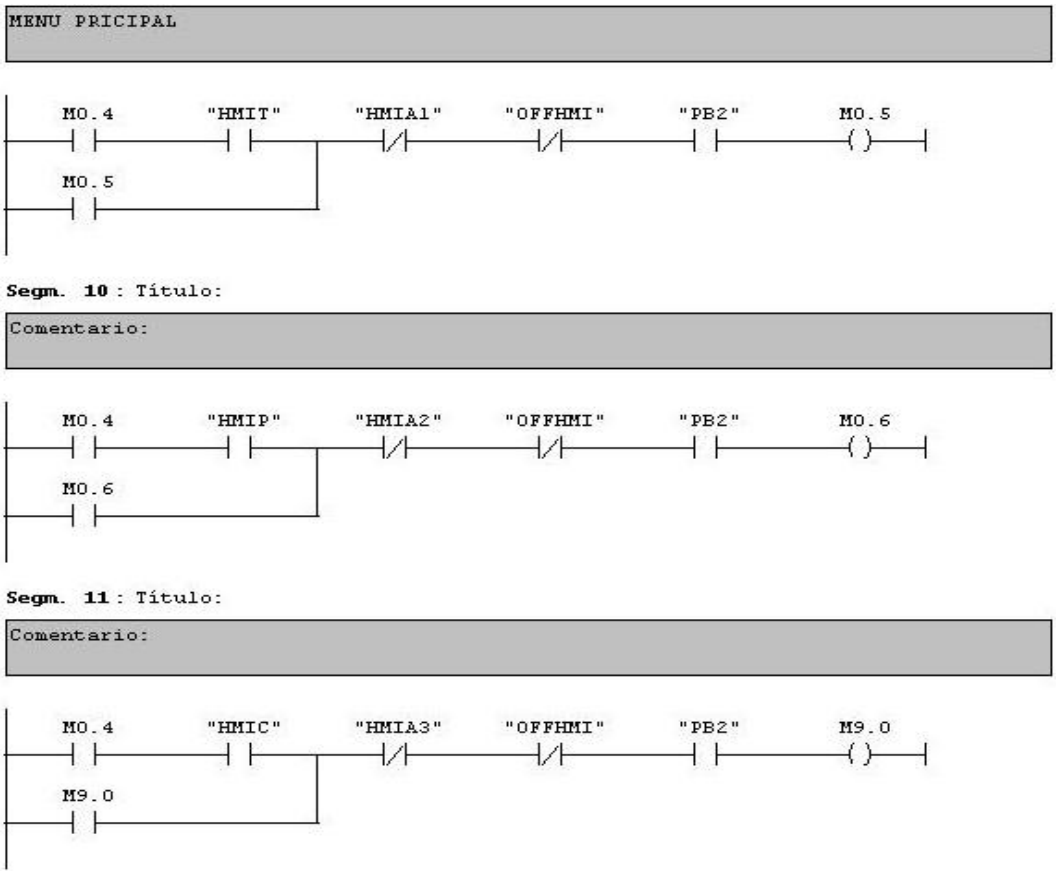


Figura 3. Menú principal.

Segmento 12-18: en estos segmentos se efectúa la revisión y funcionamiento adecuado de cada parte móvil de la maquina (Motor1, motor2, cilindros 1, 2 y 3). Cada test se hace de manera individual (HMIT1, HMIT2, HMIT3, HMIT4, HMIT5), ya que un segmento deshabilita los otros, pues se desea realizar una revisión completa y puntual.

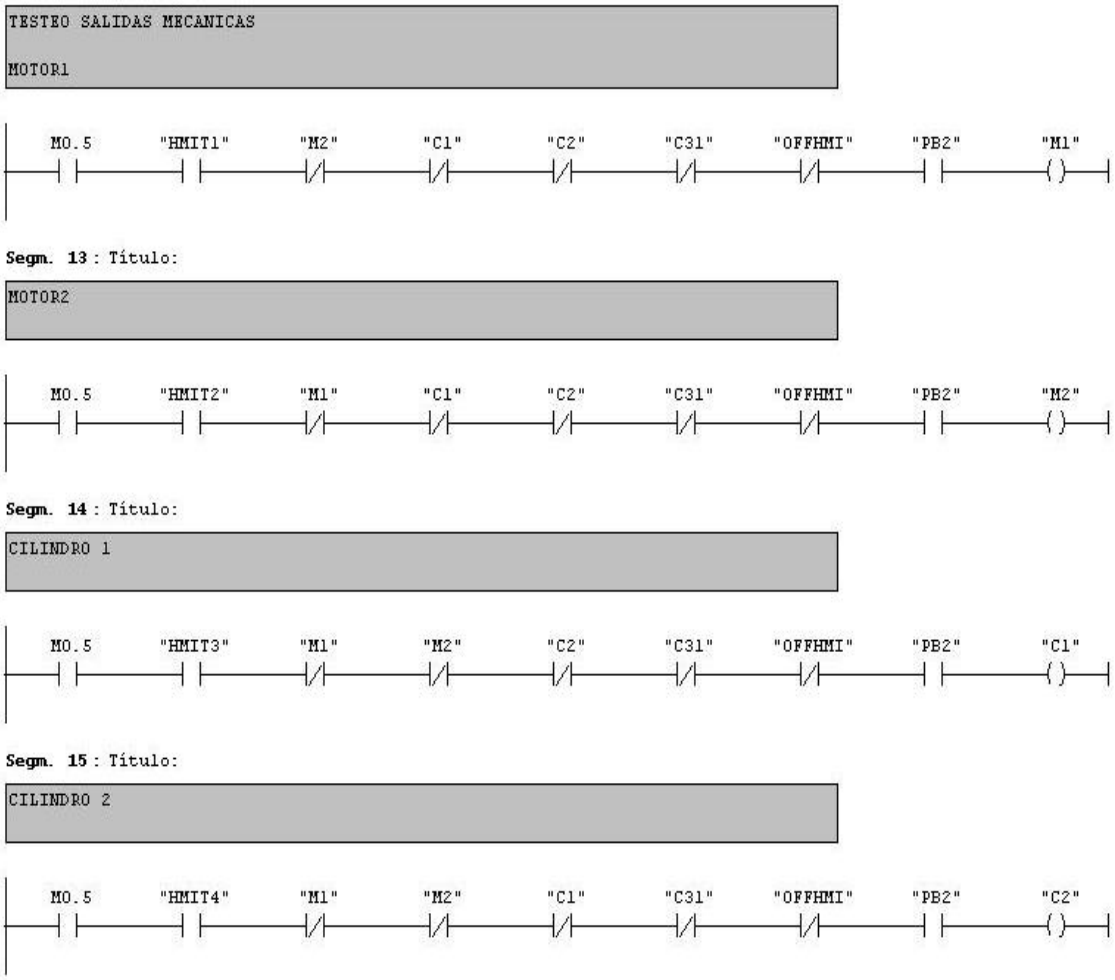


Figura 4. Testeo partes móviles del prototipo.

Segmento 19-28: al seleccionar HMIC1 se energiza M1.7, realizando el sellado vertical del plástico que se va a utilizar para el empaque; para esto se activan la resistencia RV y cilindro1. Así mismo al seleccionar HMIC2 y cumpliendo con la condición de SM5 y SM6, se activan la resistencia RH y el proceso de sellado horizontal, arrastre de plástico y corte del mismo.

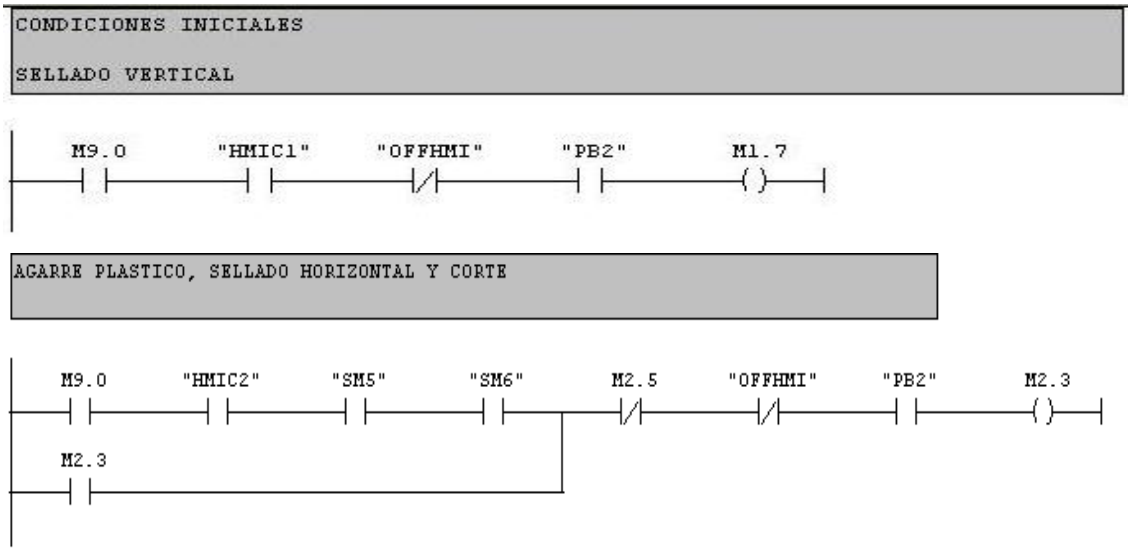


Figura 5. Condiciones iniciales del proceso.

.

Segmento 29-30: despues del testeo y de que la maquina prototipo se encuentre en condiciones iniciales optimas para empezar el proceso, nos encontramos listos para seleccionar que tipo de paquete de galletas deseamos empacar. Para ello seleccionamos HMIP1 para paquete pequeño o HMIP2 para paquete grande; energizando M3.2 o M5.5, según la selección.

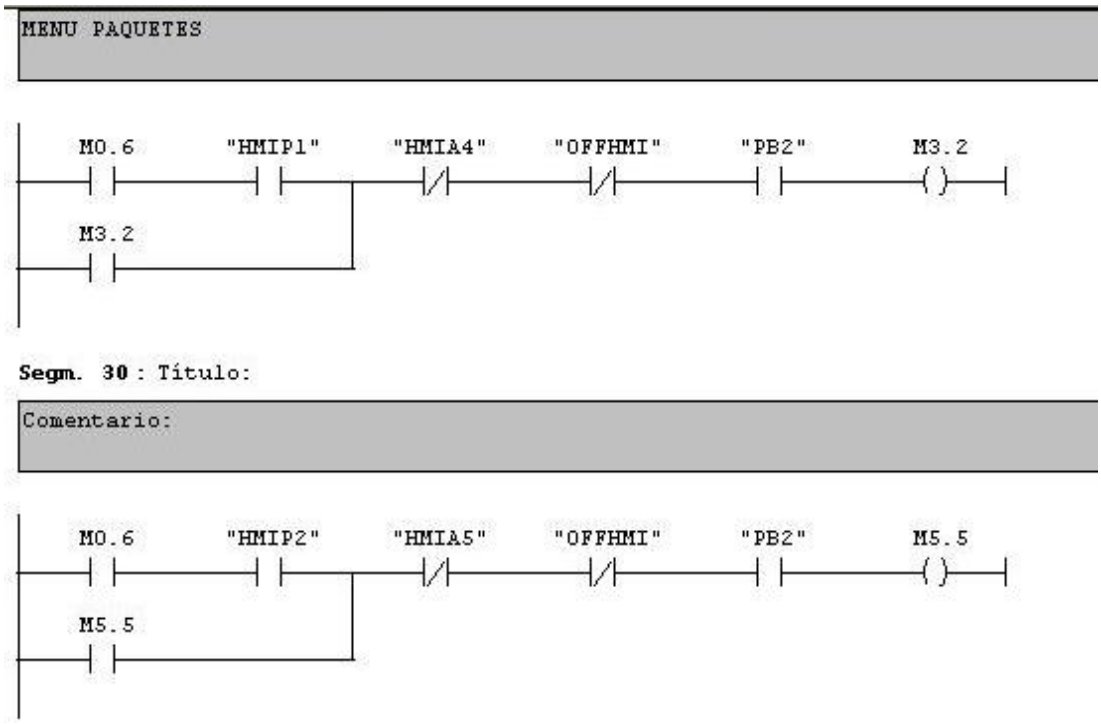


Figura 6. Menú paquetes.

Segmento 31-55: al seleccionar el proceso de empacado de paquetes grandes (HMIP1), se procede a iniciar el proceso (HMIP11-PLAY) asegurando el suministro constante de materia prima.

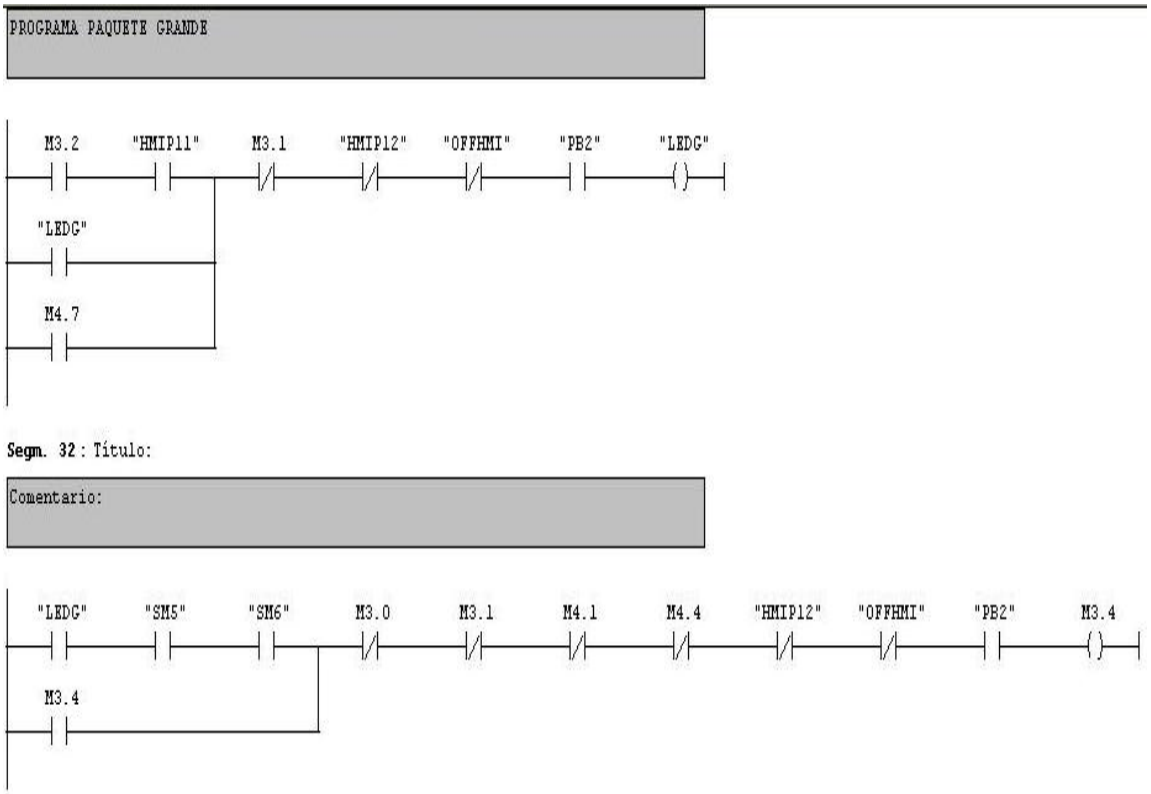


Figura 7. Inicio de programa del proceso de paquetes grandes.

Segmento 35-36: durante el proceso, el sistema debe ser los más autónomo posible y realizar automáticamente algunos controles en el funcionamiento de este. Para ello se realiza un control en el suministro de materia prima, apagando el sistema determinado tiempo después de no realizar el conteo correspondiente a número de galletas. La bobina M3.6 correspondiente a pulso del sensor capacitivo utilizado para realizar el conteo, reinicia el temporizador TEMP4, cada vez que detecta una galleta. TEMP4 corresponde al tiempo máximo de espera establecido.

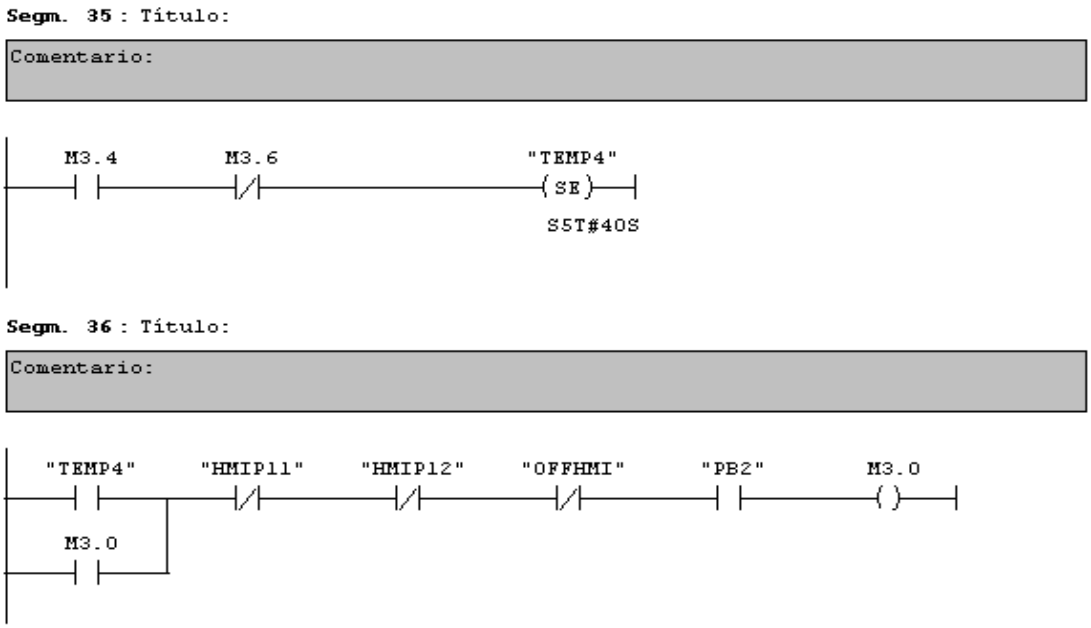


Figura 8. Control de materia prima del proceso de paquetes grandes.

Segmento 39, 53-54: durante el proceso de empacado de paquetes grandes, se realizan los conteos, de galletas por paquete y de paquetes. Valores los cuales pueden ser editables según los requerimientos del proceso. Z1 es el contador de galletas y Z3 es el de paquetes grandes. Como podemos observar en el segmento 54, al dato ingresado correspondiente al número de paquetes, se le debe realizar una conversión de tipo de dato, ya que este no es compatible (de I a BCD).

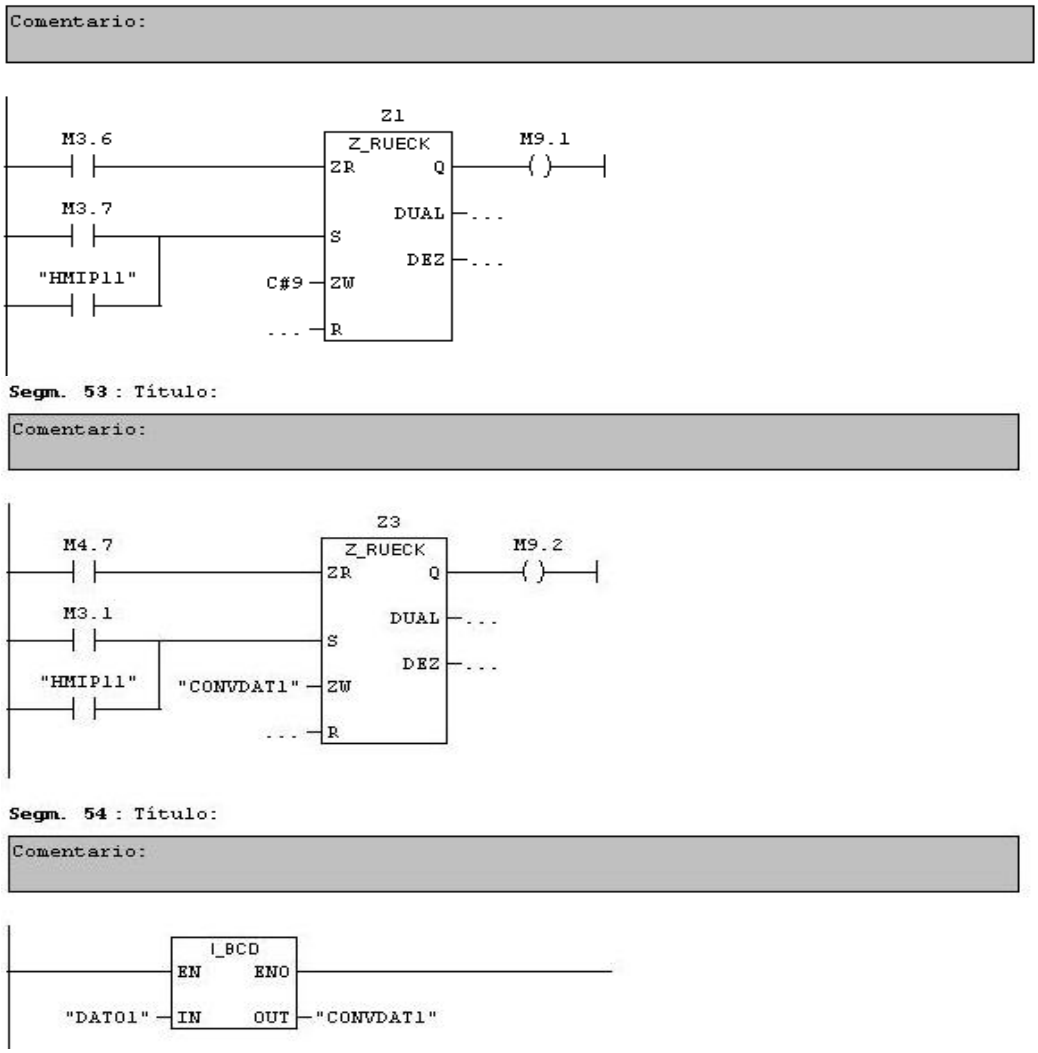


Figura 9. Contadores y conversor de datos I_BCD del proceso de paquetes grandes.

Segmento 56-80: al seleccionar el proceso de empacado de paquetes pequeños (HMIP2), se procede a iniciar el proceso (HMIP21-PLAY) asegurando el suministro constante de materia prima.

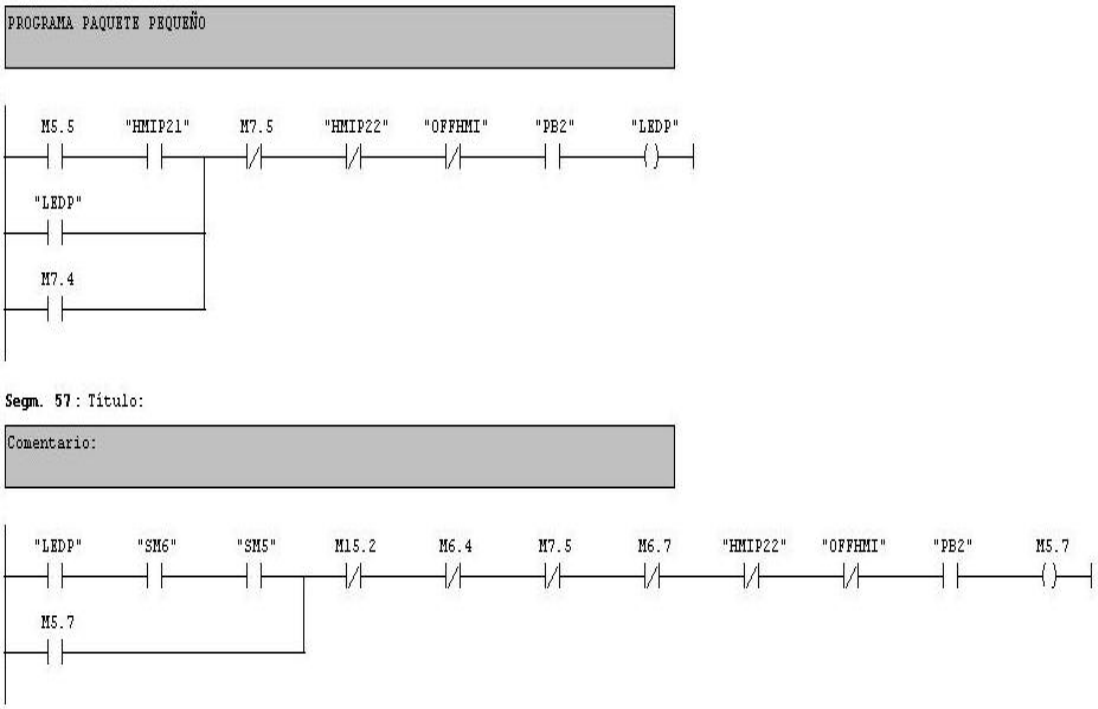


Figura 10. Inicio de programa del proceso de paquetes pequeños.

Segmento 60-61: al igual que en el segmento 35 y 36, en estos dos segmentos se realiza el control autónomo del conteo de galletas para el proceso de empacado de galletas pequeñas. Esta vez M6.2 es quien recibe los pulsos y TEMP12 es el tiempo de espera máximo.

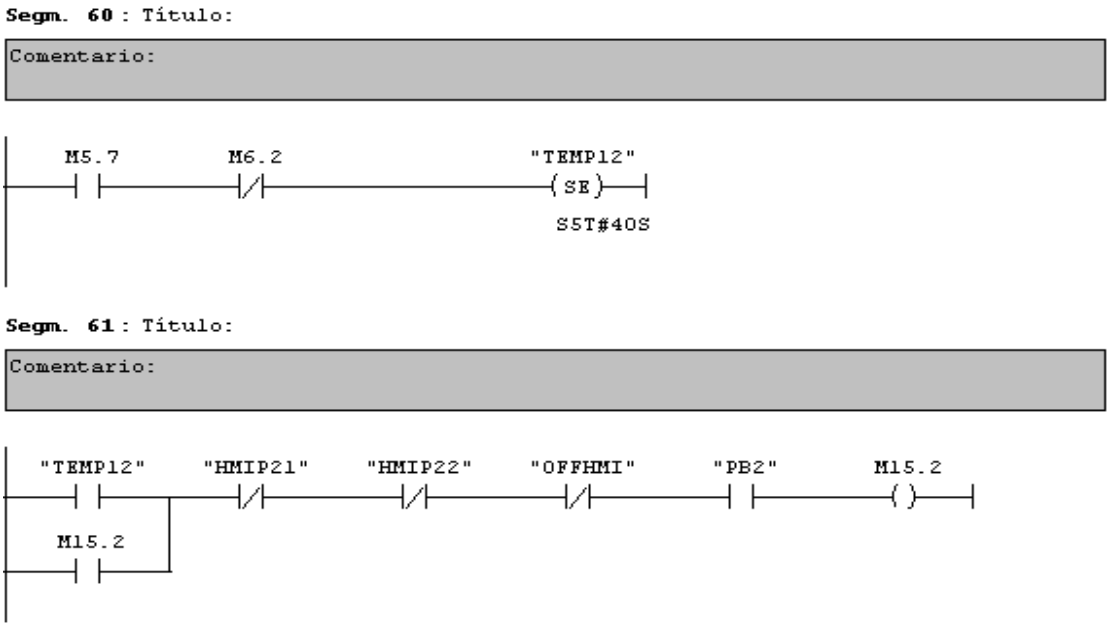


Figura 11. Control de materia prima del proceso de paquetes pequeños.

Segmento 64, 78-79: durante el proceso de empacado de paquetes pequeños, se realizan los conteos, de galletas por paquete y de paquetes. Valores los cuales pueden ser editables según los requerimientos del proceso. Z2 es el contador de galletas y Z4 es el de paquetes pequeños. Como podemos observar en el segmento 79, al dato ingresado correspondiente al número de paquetes, se le debe realizar una conversión de tipo de dato, ya que este no es compatible (de I a BCD).

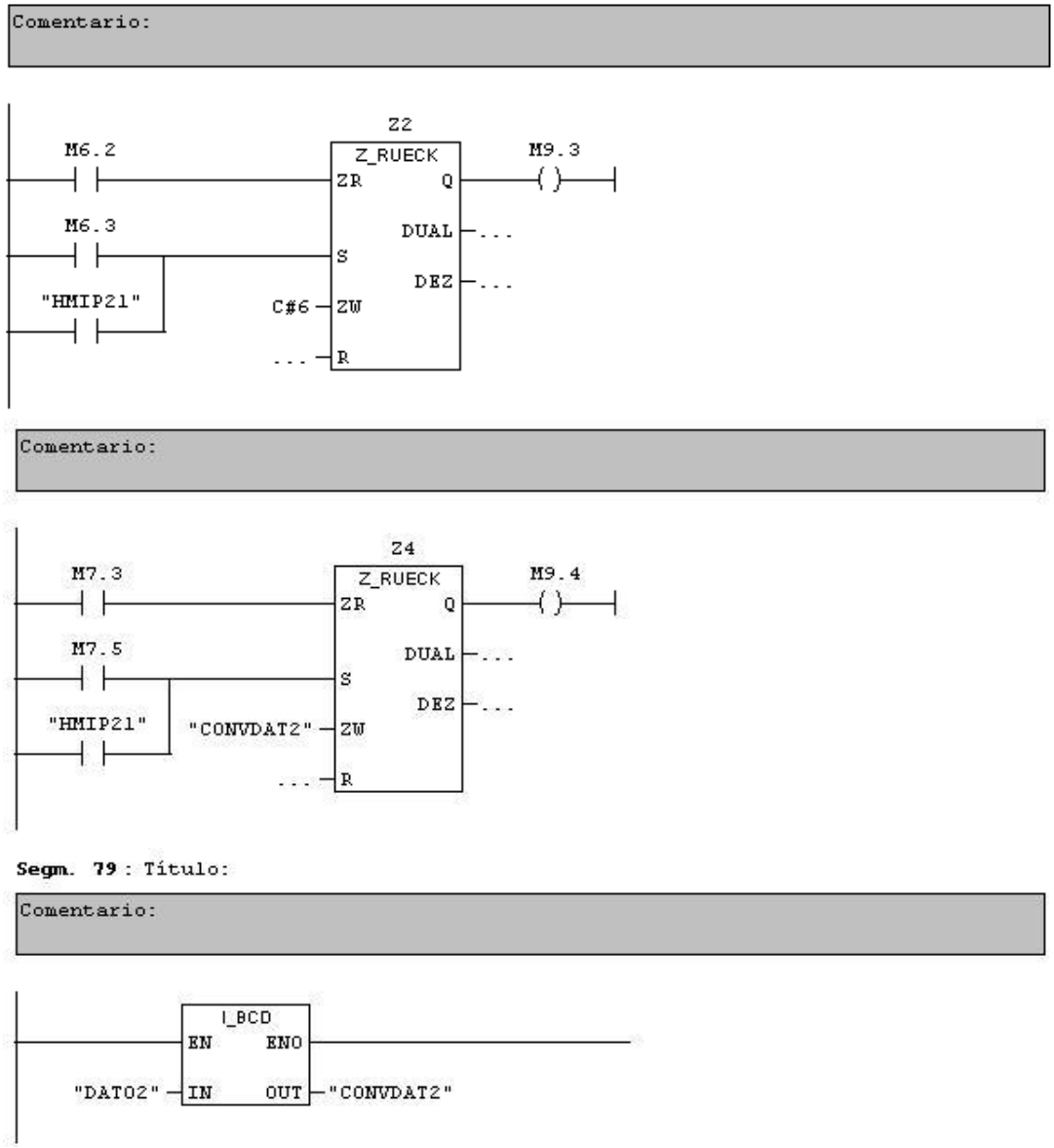


Figura 12. Contadores y conversor de datos I_BDC del proceso de paquetes pequeños.

Segmento 81-86: en estos segmentos se encuentran los contadores individuales de galletas, paquetes grandes y pequeños; correspondientes a los datos de adquisición del proceso.

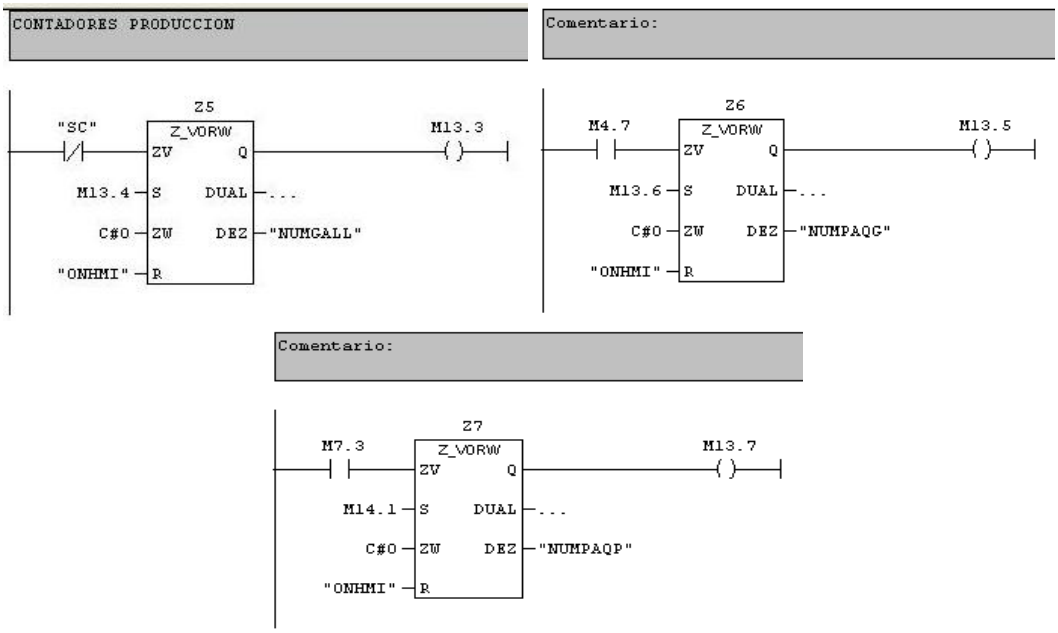


Figura 13. Contadores del proceso general para registros, datos y gráficos.

Segmentos 87-94: en el segmento 87 se encuentran las bobinas de activación del Motor 1, las cuales son M0.7, M3.4 y M5.7. En el segmento 88 se encuentran las bobinas de activación del Motor 2, las cuales son M1.1, M3.5 y M6.1. En el segmento 89 se encuentran las bobinas de activación del Electroválvula 1, las cuales son M1.2, M2.1, M4.6 y M7.2. En el segmento 90 se encuentran las bobinas de activación del Electroválvula 2, las cuales son M1.3, M2.5, M4.3 y M6.6. En el segmento 91 se encuentran las bobinas de activación del Electroválvula 3, las cuales son M1.4, M2.3, M4.1 y M6.4. En el segmento 92 se encuentran las bobinas de activación del Electroválvula 4, las cuales son M0.3, M1.5, M2.6, M4.4 y M6.7. En el segmento 93 se encuentran las bobinas de activación del resistencia vertical, las cuales son M1.7, M4.5, M7.1 y M15.1. En el segmento 94 se encuentran las bobinas de activación del resistencia horizontal, las cuales son M2.4, M4.2, M6.5 y M15.1.

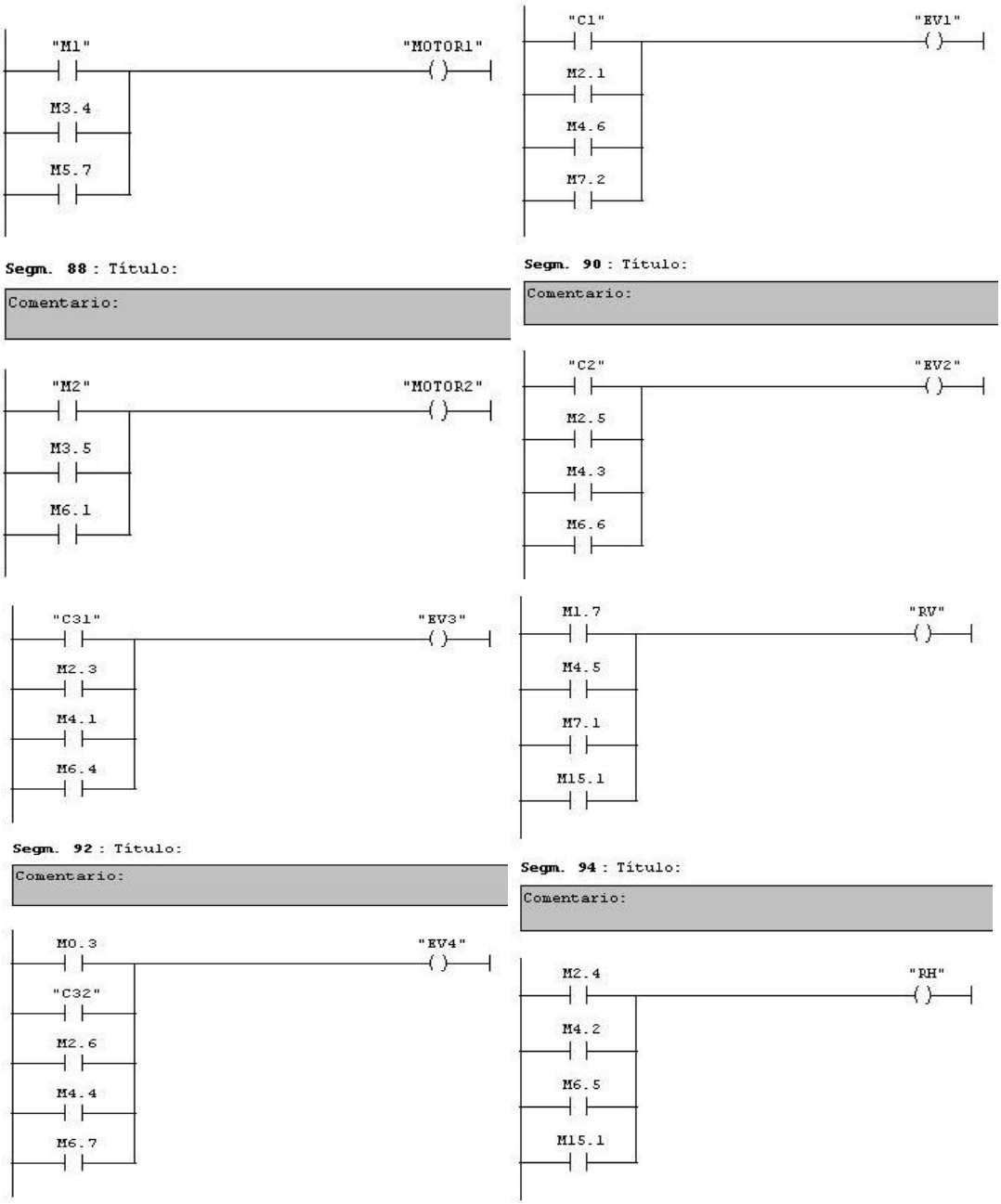


Figura 14. Estado de memorias y salidas correspondientes.

Segmento 95-104: en estos segmentos se encuentran las condiciones mecánicas necesarias para identificar los errores en el sistema, si llegaran a presentarse durante el proceso de empacado, testeo o condiciones iniciales.

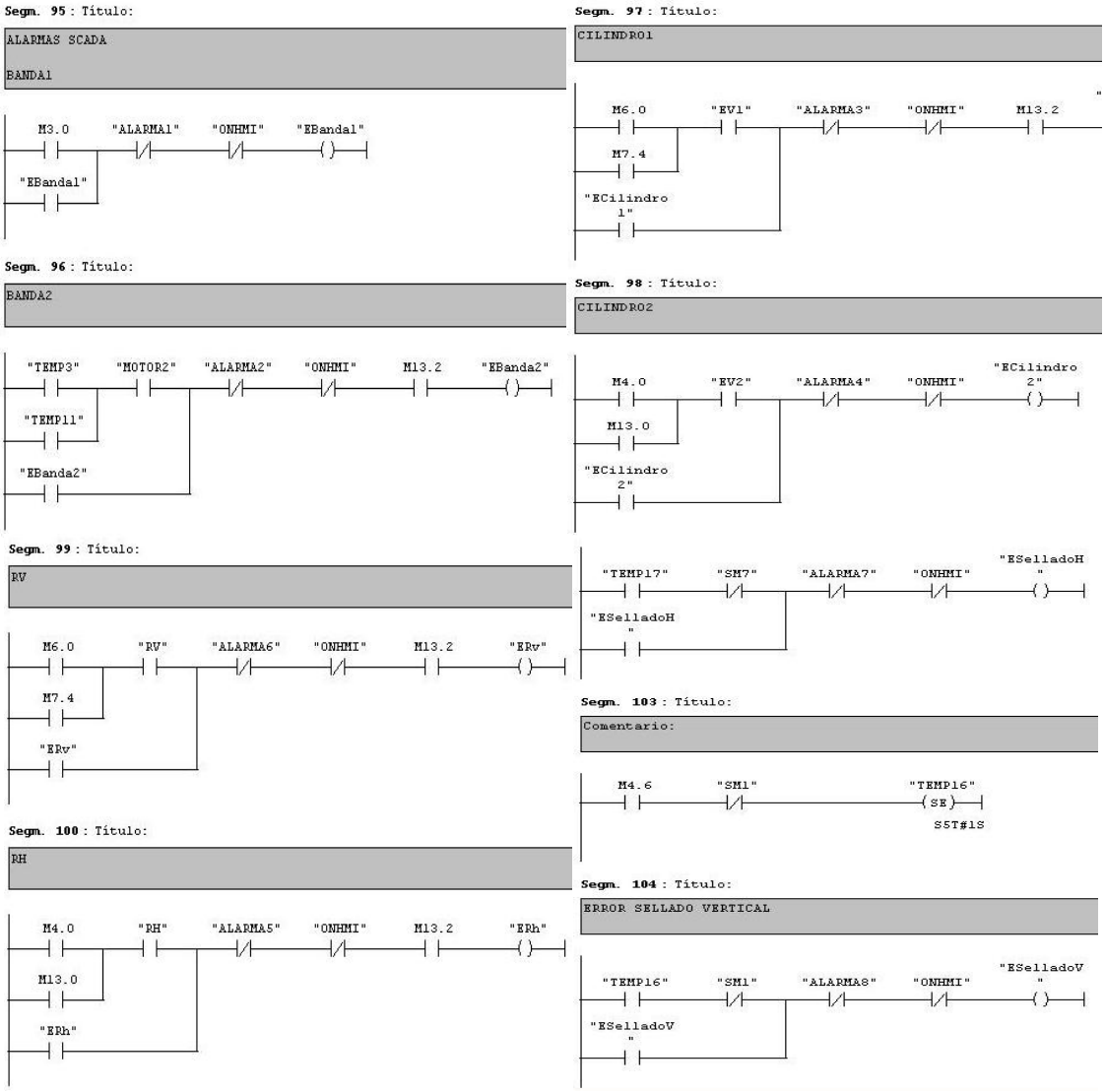


Figura 15. Condiciones de fallas en el sistema.

Segmento 105: en este segmento se encuentra el estado actual de la marca M7.7, la variable Alarma. Esta variable representa el estado general del sistema, ya que es activada por cada una de las marcas asociadas respectivamente, a las condiciones de fallos en el sistema durante la operación del prototipo (EBanda1, EBanda2, ECilindro1, ECilindro2, ERv, ERh, ESelladoH y ESelladoV).

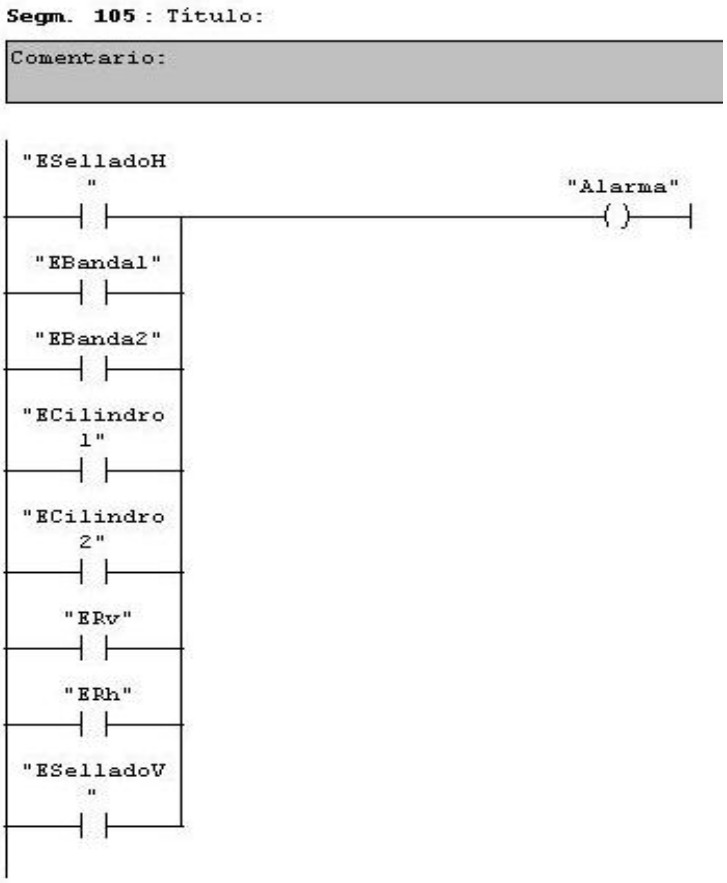
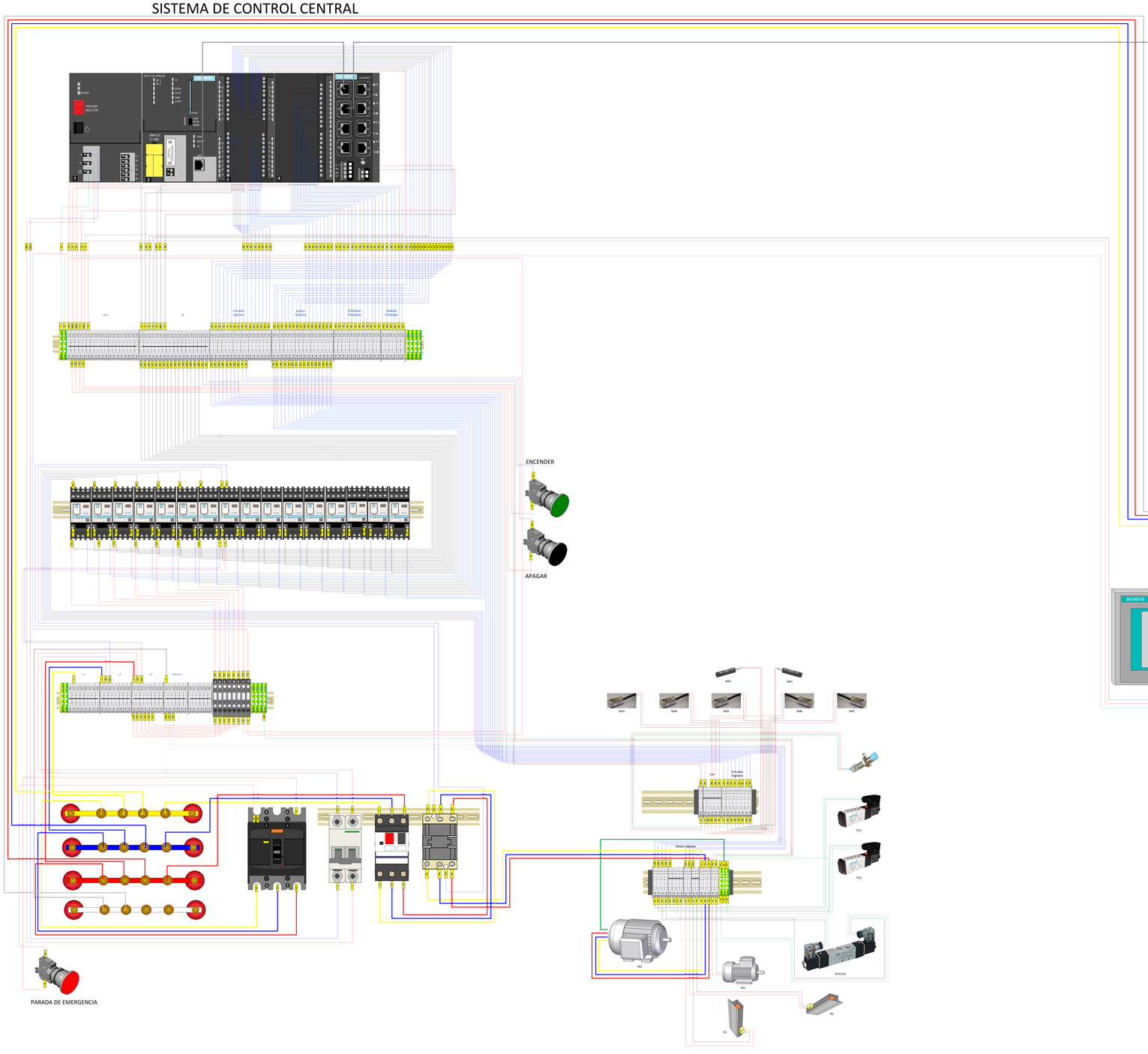
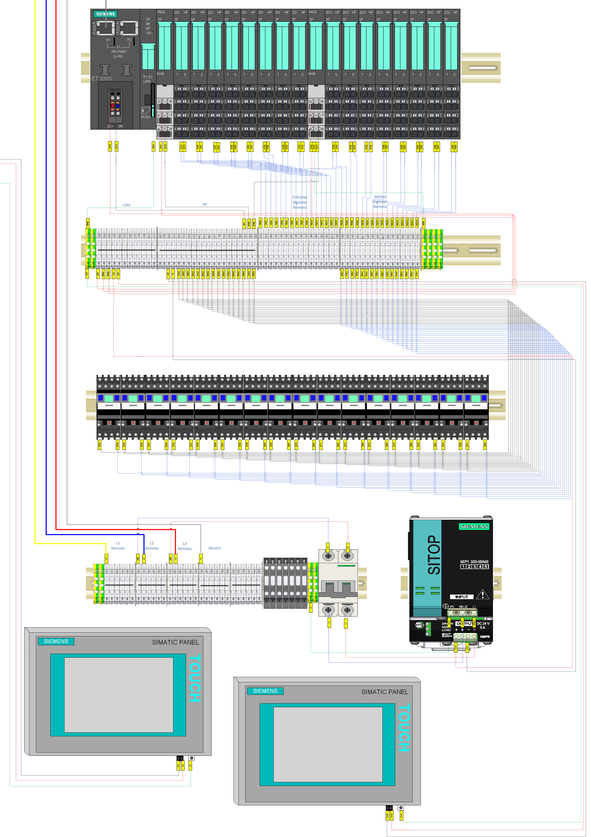


Figura 16. Estado de variable Alarma y errores del sistema.

SISTEMA DE CONTROL CENTRAL



SISTEMA DE CONTROL REMOTO



CONVENCIONES

- SEÑAL +24 VDC / LÍNEA 3 DE ALIMENTACIÓN TRIFÁSICA
- SEÑAL -24 VDC
- SEÑAL DE CONTROL (4-20 mA, ONOFF)
- TIERRA
- LÍNEA 1 DE ALIMENTACIÓN TRIFÁSICA
- LÍNEA 2 DE ALIMENTACIÓN TRIFÁSICA
- LÍNEA 3 DE ALIMENTACIÓN TRIFÁSICA
- NEUTRO
- COMUNICACIÓN ETHERNET

EQUIPO	MARCACIÓN	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
Módulo Local Digital SM1223	MD23	M Módulo SDI Referencia	Módulo DI
	DI0...DI15	D Digital I Input 0...15 Input #	Entradas Digitales de 0 al 15
	DI	D Digital DI Digital	Alimentación Entradas digitales
	DO0...DO15	D Digital O Output 0...15 Output #	Salidas Digitales de 0 al 15
	DO	D Digital DO Digital	Alimentación Salidas Digitales
Módulo Local Analógico SM1234	MD34	M Módulo DIA Referencia	Módulo DIA
	AI0...AI3	A Analog I Input I Current 0≤I1 Input #	Entradas analogas de corriente de 0 a 3
	AV0...AV3	A Analog I Input V Voltage 0≤I1 Input #	Entradas analogas de voltaje de 0 a3
	MI0...MI3	M Multimetro I Input 0≤ Input #	Referencia de Entradas de 0 a 3
	AO0...AO1	A Analog O Output I Current 0≤O1 Output #	Salidas analogas de corriente de 0 a 1
	AOV0...AOV1	A Analog O Output V voltage 0≤O1 Output #	Salidas analogas de voltaje de 0 a1
	MO0...MO1	M Multimetro O Output 0≤ Output #	Referencia de Salida de 0 a 1
Switch	ET	ET- Ethernet	Alimentación Módulo Ethernet
Red	CR41-16 a SR41-SR43	1 a 16 Relay # R Relay a SR Terminal	Bobinas
	CR01-1RC4 a SR01-.SRC41	1 a 16 Relay # R Relay C Common 1 a 4 Terminal	Comun
	CR01-1RO2 ...1R41-1RAC a SR01-SRO2 ...SRO4-SRAC	1 a 16 Relay # R Relay 1 a 4 Terminal NO Relay's NA=O	Contactos del Relé, Normalmente abiertos(O), Normalmente cerrado (C)
Totalizador de Data Perl 56N	CBL1...CBL3	C Circuit L Inductor 1 a 3 Line #	Pines de fase
Breaker	1BRL1...1BRL3	1 Board # BR Breaker L Inductor 1 a 3 Line #	Tablero de Automáticos
	2BRL1...2BRL3	2 Control BR Breaker L Inductor 1 a 3 Line #	Easy Pact 20A Local
	3BRL1...3BRL3	3 Remote Terminal Unit # BR Breaker L Inductor 1 a 3 Line #	Easy Pact 20A Remoto
Paradas De Emergencia	ST1...ST2	S Stop E Remote ST Stop 1 a 2 Terminal	Parada de emergencia, gabinete Central
	2S1...2S2	2 Control S Stop 1 a 2 Terminal	Parada de emergencia, Unidad terminal remota
Fuentes del PLC	L2L...L3L	2 L1 Line # L Source	Fuente de Alimentación del PLC
Pantallas	1TP...2TP	1 a 2 Panel # T Touch P Panel	Pantallas OP177B (1) y OP177B(2)
Módulos RTU digital ET200	1RTU...2RTU	1 a 2 Module # RTU Remote Terminal Unit	Unidad terminal remota
	RPM1...RPM2	R Remote Terminal Unit P Power M Module	Módulo auxiliar de potencia de Entradas Digitales
	RET	R Remote Terminal Unit ET Ethernet	Alimentación Módulo Ethernet
	RDI1...RDI15	R Remote Terminal Unit D Digital I Input 0≤ DI Input #	Entradas Digitales
	RDO0...RDO15	R Remote Terminal Unit D Digital O Output 0≤ DI Output #	Salidas Digitales
Proceso	SF1	Sensor F Photoelectric Sensor #	Sensor Fotoeléctrico
	FCL...FC3	F Final de carrera C Switch 1 a 3 Line Switch #	Final de carrera
	EV1...EV3	EV Electroválvula 1 a 3 Electroválvula #	Electroválvula
	R1	R Resistor 1 Resistor #	Resistencia
	M1...M2	M Motor 1 a 2 Motor #	Motor
	SA1...SA2	S Switch A Auxiliar 1 a 2 Auxiliar #	Fuente Auxiliar
	SV1...SV3	S Solenoide V Valve 0 Electroválvula #	Alimentación Electroválvula 0
	COI	C Common D Digital I Input	Comun Entradas Digitales
	NDO	N Neutral D Digital O Output	Neutro Salidas Digitales

FECHA: 22-07-2011	CONTIENE: PLANO ELECTRICO DEL CONTROL DISTRIBUIDO DE SIEMENS CON APLICACIÓN EN EL CONTROLADOR CENTRAL	DISEÑO POR: MATEO FELIPE BUSTOS CASTILLO
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA	INTEGRANTES : MATEO FELIPE BUSTOS CASTILLO	PROYECTO DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA SCADA WINCC DE SIEMENS A UNA MAQUINA PROTOTIPO EMPACADORA DE GALLETAS EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACION DE PRECESOS DE LA UPB
	BASADO EN NORMA ANSI/IEEE Std 315A 1986 BASADO EN NORMA RETIE Resolución No 18 1294 Agosto 06 de 2008	DIRECTOR: LEIDY JOHANNA OLARTE SILVA

Anexo D. Manual.

CONTENIDO

Pag

INTRODUCCION..... 1

1 WINCC EXPLORER 2

1.1 COMPONENTES DE WINCC 3

1.1.1 WinCC Explorer 3

1.1.2 WinCC Runtime 3

1.2 CREACION PROYECTO WINCC EXPLORER 4

1.2.1 Creación proyecto nuevo 4

1.2.2 Configuración de la comunicación 6

1.2.3 Creación imagen de proceso 14

1.2.4 Creación de mensajes de alarmas del proceso 15

1.2.5 Creacion de los ficheros del proceso 16

1.2.6 Configuración global del diseño 19

1.2.7 Configuración y edición de imágenes de proceso 20

1.2.7.1 Edición y diseño de imágenes de proceso 21

1.2.7.2 Inserción de texto estático 22

1.2.7.3 Creacion de un Botón 22

1.2.7.4 Dinamizar objetos 23

1.2.7.5 Configuración Controles ActiveX 29

1.2.8 Configuración Runtime 34

1.2.8.1 Creación del menú interno y stop del runtime 34

1.2.8.2 Definir parámetros de inicio 35

1.3 RUNTIME 38

1.3.1 Activar proyecto 38

1.3.2 Desactivar proyecto 39

LISTA DE FIGURAS

Pag

Figura 1. Control, automatización y producción 2

Figura 2 Configuración y operación WinCC Explorer.....4

Figura 3. Proyecto nuevo. 4

Figura 4. Tipo de proyecto. 5

Figura 5. Nombre proyecto y subdirectorio. 5

Figura 6. Comunicación entre WinCC y el PLC. 6

Figura 7. Nuevo driver. 7

Figura 8. Driver para PLC S7300. 7

Figura 9. Comunicación TCP/IP.....8

Figura 10. Configuración comunicación TCP/IP. 9

Figura 11. Grupos Tags. 10

Figura 12. Creación variable interna. 10

Figura 13. Asignación tipo de variable. 11

Figura 14. Asignación de la dirección de la variable. 11

Figura 15. Variables Internas del Sistema. 12

Figura 16. Creación tag de proceso. 12

Figura 17. Selección tipo y dirección de tag del proceso. 13

Figura 18. Variables externas. 14

Figura 19. Nueva imagen de proceso. 14

Figura 20. Cambio de nombre a imagen de proceso. 15

Figura 21. Creación nueva AlarmLogging. 15

Figura 22. Edición tipo de Alarma. 16

Figura 23. Lista de Alarmas configuradas. 16

Figura 24. Creación de ficheros. 17

Figura 25. Asistente de ficheros. 17

Figura 26. Asignación de variable. 18

Figura 27. Propiedades fichero. 18

Figura 28. Asignación de posición de memoria. 19

Figura 29. Ficheros del sistema. 19

Figura 30. Diseño global. 20

Figura 31. Configuración diseño global. 20

Figura 32. Edición imagen de proceso. 21

Figura 33. Ambiente grafico del editor. 21

Figura 34. Texto ejemplo. 22

Figura 35. Configuración BOTON1. 23

Figura 36. Cambiar imagen con clic. 23

Figura 37. Configuración botón. 24

Figura 38. Propiedades botón. 24

Figura 39. Propiedades evento botón. 25
Figura 40. Conexión directa - Origen. 25
Figura 41. Configuración variable a modificar. 26
Figura 42. Configuración conexión directa OK. 26
Figura 43. Acción del botón configurada. 27
Figura 44. Menú propiedades boton redondo. 27
Figura 45. Configuración de visualización del botón redondo. 28
Figura 46. Asignación variable botón redondo. 28
Figura 47. Configuración de la condición de visualización del botón redondo. . 29
Figura 48. Creación WiCC Online Trend Control. 30
Figura 49. Selección variable a analizar WinCC Online Trend Control. 31
Figura 50. Creación WinCC Online Table Control 32
Figura 51. Selección variable a analizar WinCC Online Table Control. 33
Figura 52. Creación WinCC AlarmControl. 34
Figura 53. MainMenu barra de herramientas Runtime. 34
Figura 54. Barra de estado StopRuntime. 35
Figura 55. Acceso a propiedades del equipo. 36
Figura 56. Propiedades del equipo - Arranque. 37
Figura 57. Propiedades del equipo - Graphics-Runtime. 38
Figura 58. Formas de activar el Runtime. 39
Figura 59. Forma de desactivar Runtime. 39

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Estructura WinCC Explorer. 3

INTRODUCCION

En este manual se presentan una serie de pasos que le permiten al usuario conocer de forma general el ambiente de trabajo del programa WinCC Explorer, para el diseño de sistemas SCADA. Se desarrollan paso a paso cada una de las configuraciones necesarias para el funcionamiento adecuado del sistema a diseñar.

El manual contiene las configuraciones de comunicación, creación de variables, edición de pantallas, ficheros y alarmas. Lo anterior necesario para la adquisición de datos, registros y análisis de producción.

1 WINCC EXPLORER

WinCC (*Windows Control Center*) es el software ***Scada*** (*Supervisory Control and Data Acquisition*) de Siemens para Windows. Es una aplicación software ***HMI*** (*Human Machine Interface*) que integra el software de controlador de planta en el proceso de automatización.

Los componentes de WinCC permiten integrar sin problemas aplicaciones nuevas o ya existentes.

WinCC combina la arquitectura de las aplicaciones de Windows con la programación entornos gráficos e incluye varios elementos destinados al control y supervisión de procesos.

El entorno de ingeniería de proyectos de WinCC engloba:

- ✓ **Dibujos** para diseñar representaciones de planta
- ✓ **Estructura de archivos** para guardar datos/eventos marcados con fecha y hora en una base de datos SQL
- ✓ **Generador de informes** – para generar informes sobre los datos solicitados
- ✓ **Administración de datos** – para definir y recopilar datos de toda la planta

Permite a los operarios interactuar con la aplicación directamente en la máquina o desde un centro de control. [1]

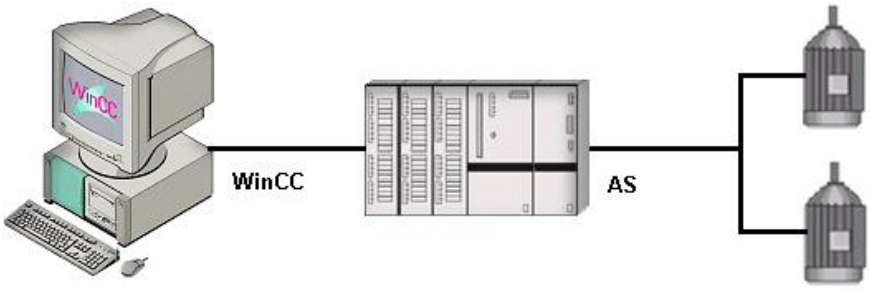


Figura 1. Control, automatización y producción. [1]

En este manual se realizan los siguientes pasos:

1. Crear un proyecto WinCC.
2. Configurar comunicaciones.
3. Configurar imágenes de proceso.
4. Almacenamiento y visualización de variables.
5. Utilización de valores desde archivos de valores de proceso.
6. Configuración de mensajes.
7. Informes de mensajes.

1.1 COMPONENTES DE WINCC

Los componentes básicos de WinCC son el *Software de Configuración (Configuration Software - CS*) y el *Software de Ejecución* (*Runtime Software - RT*). [1]

1.1.1 WinCC Explorer

Constituye el núcleo del software de configuración. WinCC Explorer se utiliza para mostrar la estructura completa del proyecto y manipularlo. Este paquete está constituido por varios subsistemas cada uno con un editor propio:

Subsistema	**Editor**	**Función**
Sistema Grafico	Graphics Designer	Configuración de imágenes
Sistema de Mensajes	Alarm Logging	Configuración de mensajes
Sistema de Archivos	Tag Logging	Almacenamiento de datos
Sistema de Informes	Report Designer	Creación de informes
Administración de Usuarios	User Administrator	Gestión de usuarios y autorizaciones
Comunicaciones	Tag Management	Configuración de comunicaciones

Tabla 1. Estructura WinCC Explorer. [2]

1.1.2 WinCC Runtime

Ejecuta el proyecto en proceso. En este momento el proyecto se encuentra en ejecución. WinCC Runtime permite el control y monitorización de procesos. En particular WinCC runtime ejecuta las siguientes tareas:

- ✓ Leer la configuración de datos almacenada en la base de datos CS.
- ✓ Visualizar imágenes en el monitor.
- ✓ Comunicarse con los PLC´s.

- ✓ Almacenar datos de ejecución, tales como variables de proceso o mensajes.
- ✓ Procesos de operativos, tales como especificación de consignas o conmutación ON/OFF.

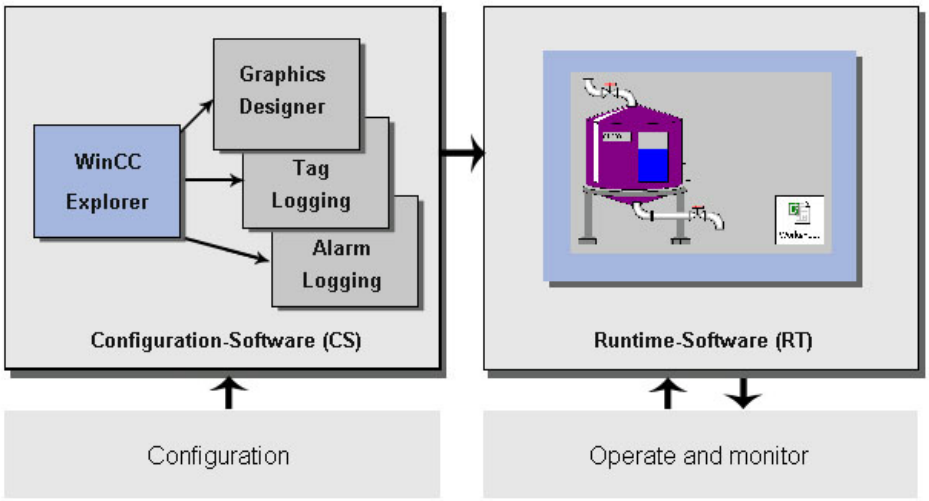


Figura 2 Configuración y operación WinCC Explorer. [1]

1.2 CREACION PROYECTO WINCC EXPLORER

1.2.1 Creación proyecto nuevo

Al iniciar el programa WinCC Explorer, procedemos a crear un nuevo proyecto. Nos vamos a la barra de herramientas, seleccionamos Archivo y luego la opción Nuevo. Ver figura 3.

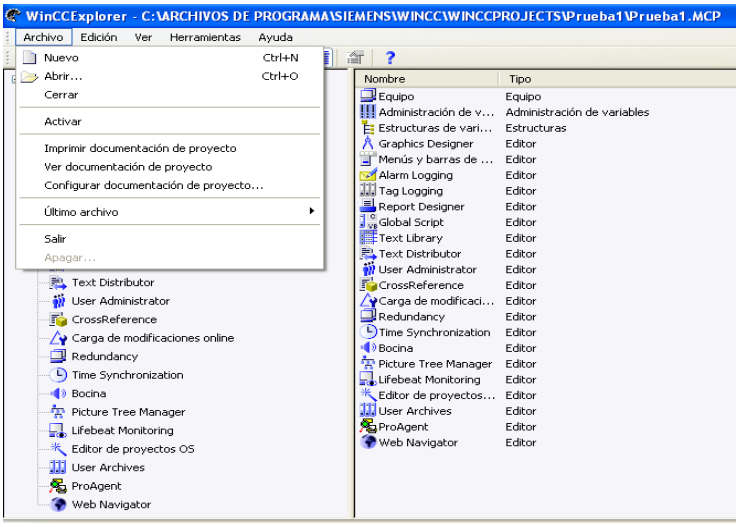


Figura 3. Proyecto nuevo. [2]

En la figura 4, debemos seleccionar el tipo de proyecto que deseamos crear. Para el ejemplo se crea un Proyecto para estación monopuesto.

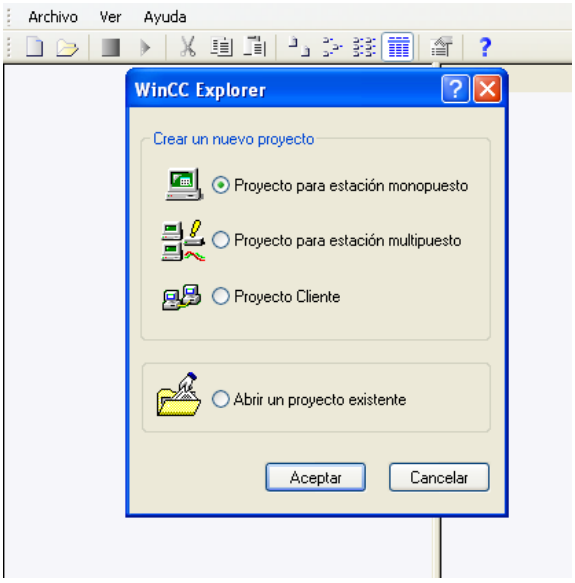


Figura 4. Tipo de proyecto. [2]

Ahora debemos determinar el nombre del proyecto. Por defecto el subdirectorio que contendrá toda la información del proyecto, se nombrara igual que el proyecto.

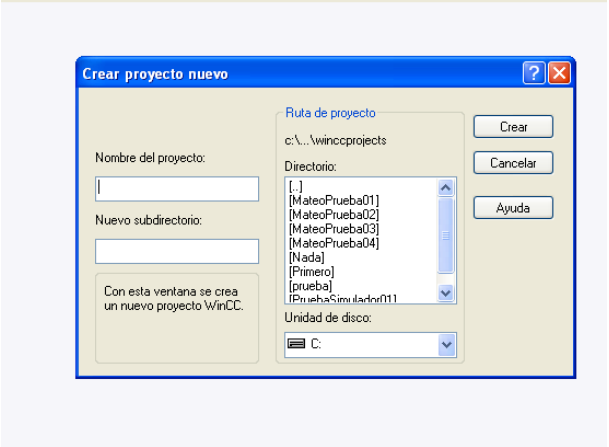


Figura 5. Nombre proyecto y subdirectorio. [2]

1.2.2 Configuración de la comunicación

Vamos a definir la información de configuración de la comunicación entre WinCC y el PLC. La comunicación se configura utilizando la herramienta de edición *Tag Management,* requiriendo al menos los siguientes componentes:

- ✓ Un canal con unidad de canal
- ✓ Una conexión
- ✓ Un tag de proceso

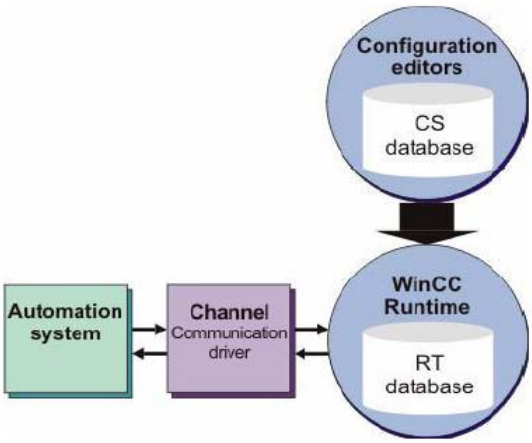


Figura 6. Comunicación entre WinCC y el PLC. [1]

- **Inserción del Canal**

Para agregar un driver de PLC, hacemos clic derecho sobre *Administración de variables*, y seleccionamos la opción *Agregar nuevo driver.* Ver figura 7.

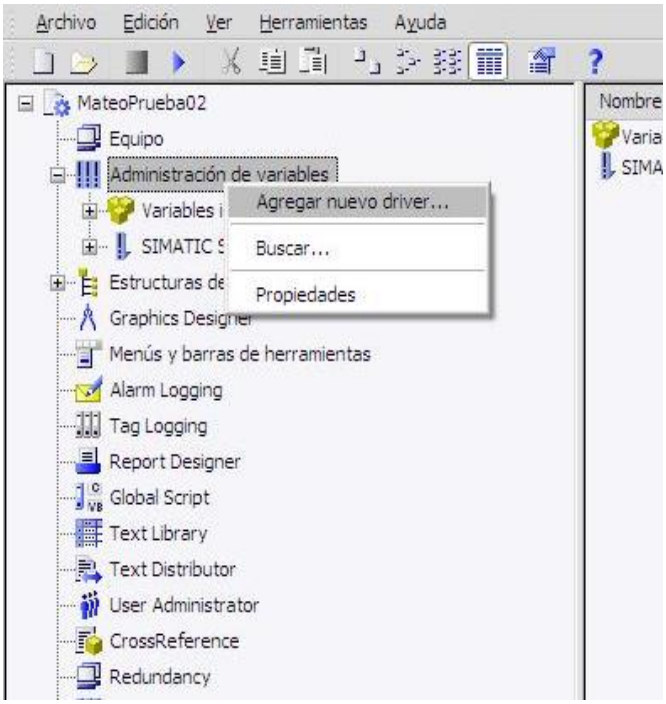


Figura 7. Nuevo driver. [2]

Luego debemos elegir el driver adecuado a utiliza. Debemos tener en cuenta el tipo de PLC con el que vamos a trabajar. Ver figura 8.

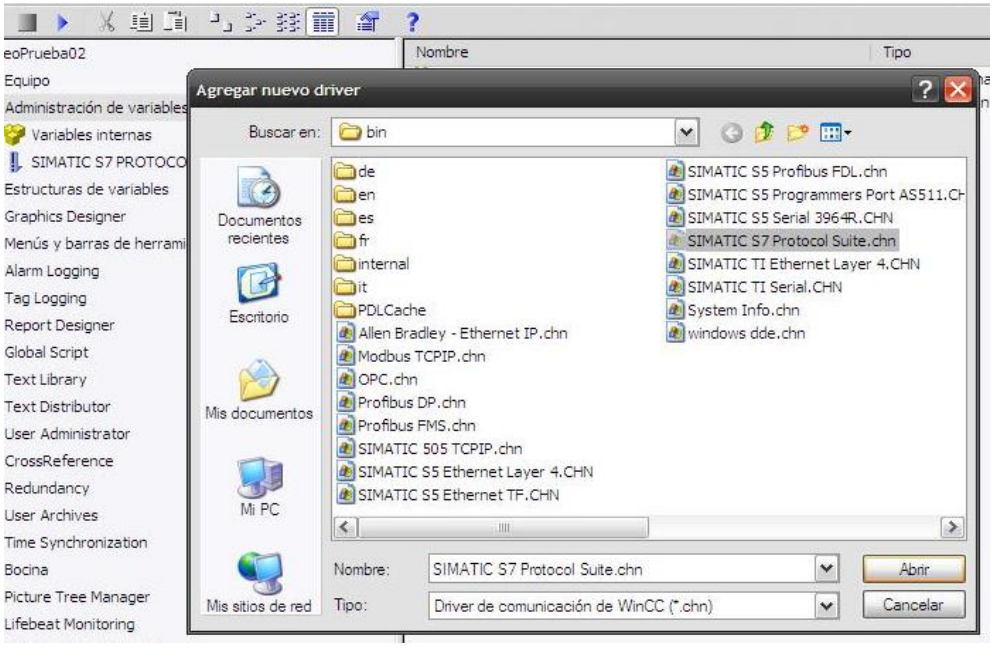


Figura 8. Driver para PLC S7300. [2]

Identificado y agregado el driver correspondiente, *SIMATIC S7 Protocol Suites.* Procedemos a identificar el tipo de conexión que vamos a configurar, para la comunicación con el PLC. Ver figura 9.

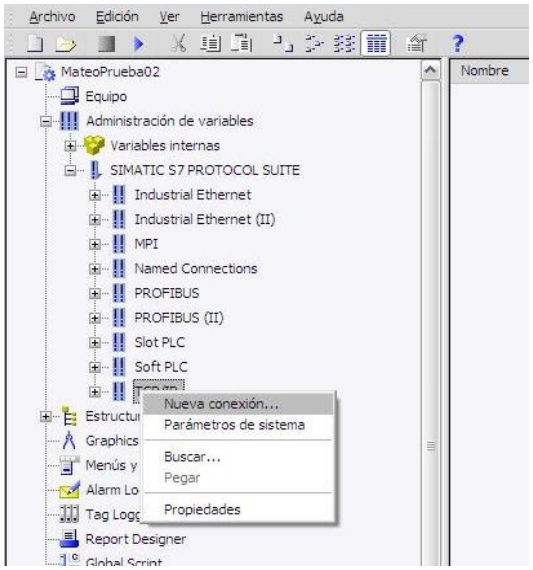


Figura 9. Comunicación TCP/IP. [2]

A continuación configuramos adecuadamente el tipo de conexión. Asignamos el IP de acuerdo con los IP's ya configurados en el PLC, pantallas, switches, etc. Ver figura 10.

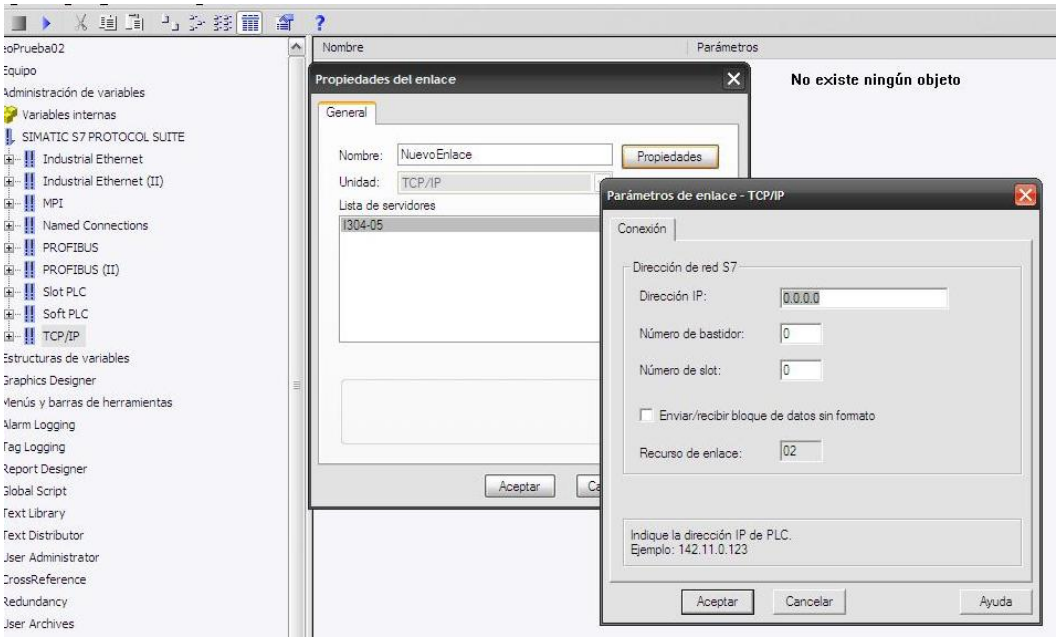


Figura 10. Configuración comunicación TCP/IP. [2]

- **Creación de Tags**

Debemos crear todos los Tags necesarios y establecidos para el funcionamiento del sistema. Para ello utilizamos los mismos que fueron creados en la tabla de símbolos del programa, en Simatic S7. Además de ellos podemos crear otros tags internos para uso de datos propios del sistema de supervisión.

Creación de grupos de Tags es posible crear todo los grupos de Tags que sean necesarios. Estos grupos los podemos utilizar para separar los diferentes tipos de Tags del proceso. Ver figura 11.

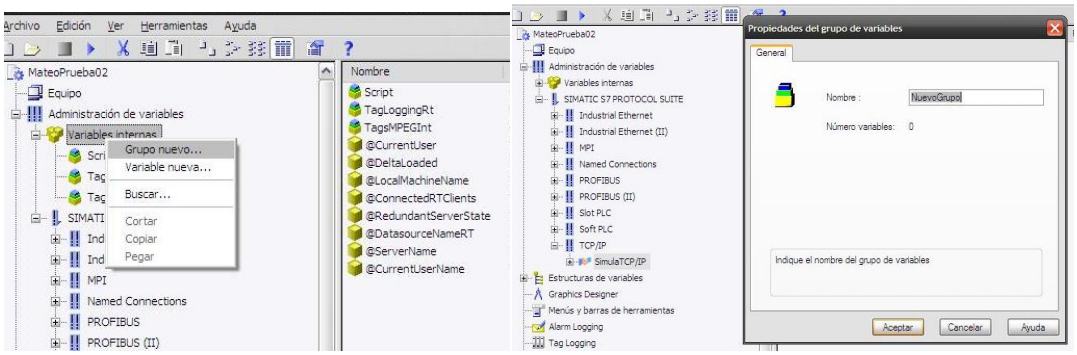


Figura 11. Grupos Tags. [2]

Creación de Tags Internos para crear los tags internos del sistema, debemos seguir paso a paso las instrucciones dadas en las figuras 12, 13 y 14.

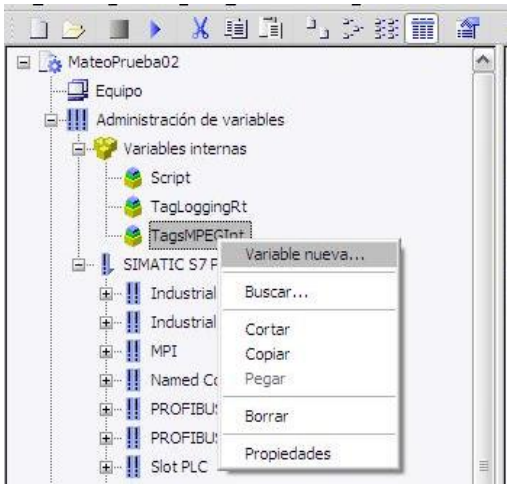


Figura 12. Creación variable interna. [2]

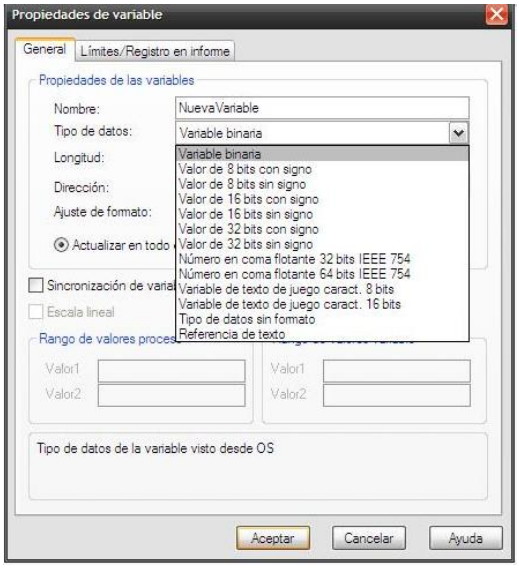


Figura 13. Asignación tipo de variable. [2]

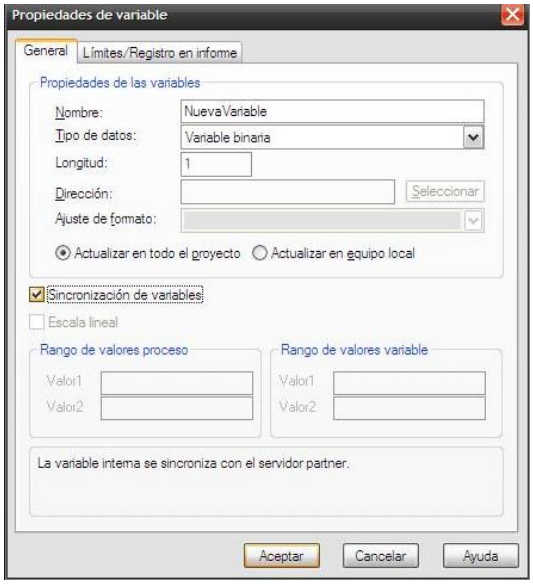


Figura 14. Asignación de la dirección de la variable. [2]

En la figura 15, se muestra la lista de variables internas creadas para el sistema a supervisar. En nuestro caso son todas las variables correspondientes al manejo de alarmas del sistema.

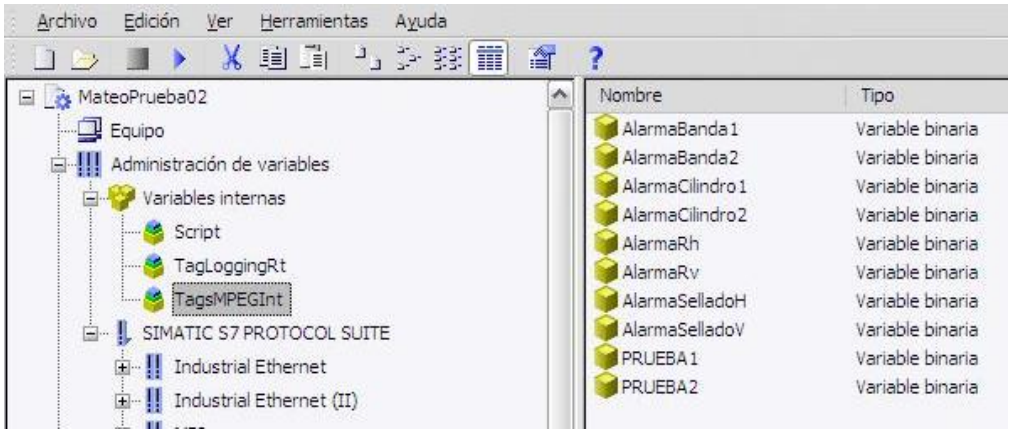


Figura 15. Variables Internas del Sistema. [2]

Creación Tags Externos son los tags o variables utilizadas durante el proceso. Están relacionadas directamente con las variables y marcas del programa en SIMATIC S7.

En la figura 16 se muestra como se crean las variables externas. Debemos dar clic derecho sobre el grupo al cual se le desea adicionar la variable y seleccionar la opción *Variable Nueva.*

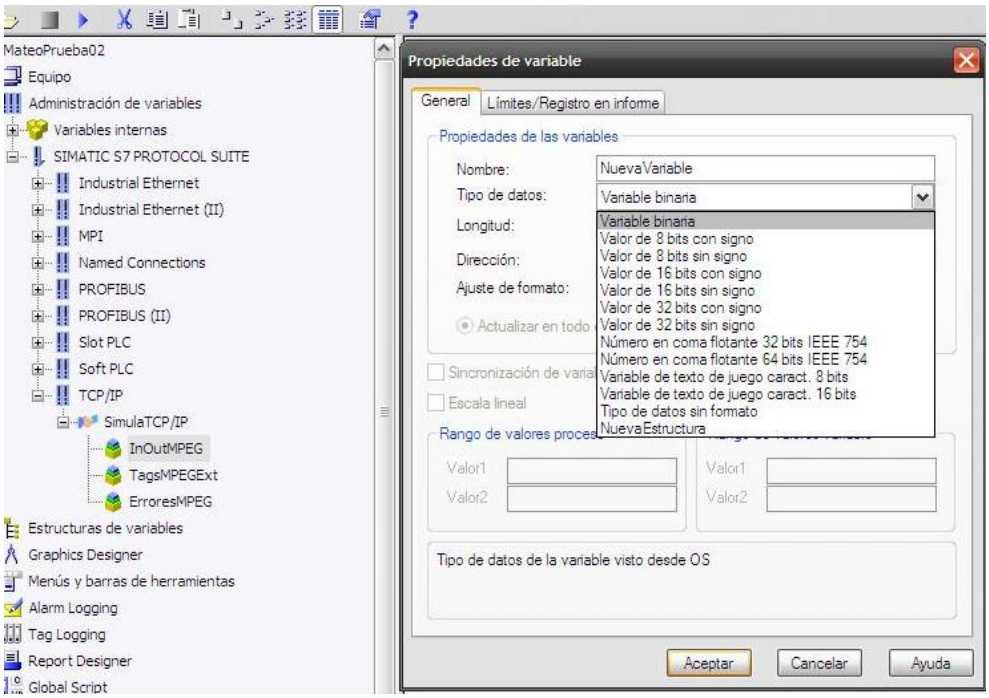


Figura 16. Creación tag de proceso. [2]

En el cuadro de *propiedades de variable*, asignamos el nombre y el tipo de variable, según la clase de datos que vaya a manejar. Ver figura 17.

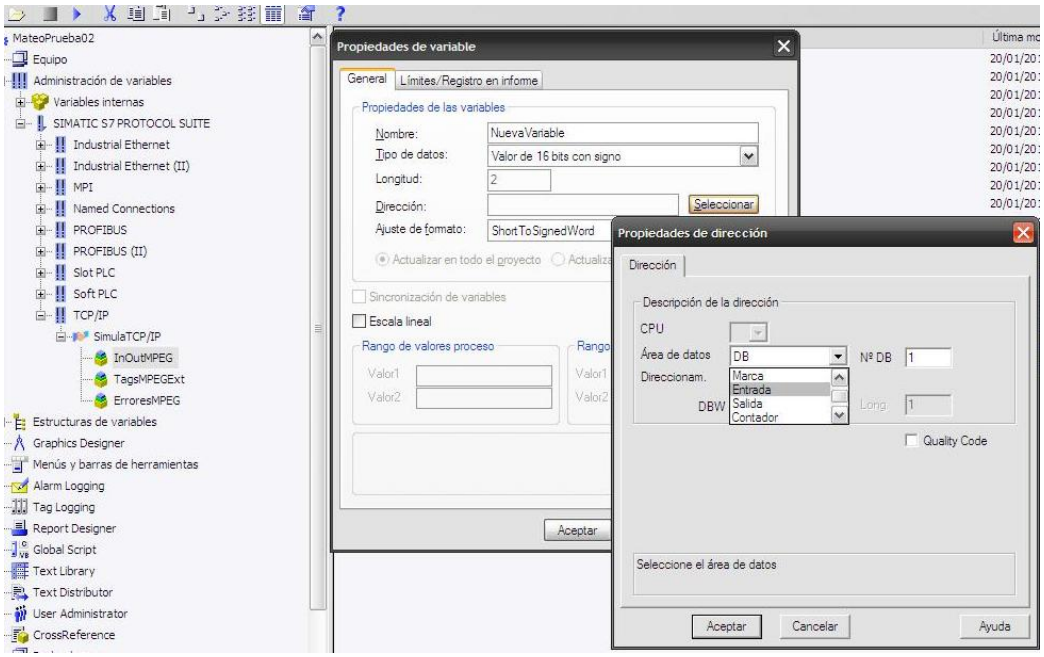


Figura 17. Selección tipo y dirección de tag del proceso. [2]

En la figura 18, se muestra el recuento de las variables creadas; con su nombre, tipo y parámetro respectivo. Las variables deben coincidir con las variables ya creadas en el programa. De esto depende el correcto funcionamiento del sistema.

Nombre	Tipo	Parámetros
C1	Variable binaria	M1.2
C2	Variable binaria	M1.3
C31	Variable binaria	M1.4
C32	Variable binaria	M1.5
DATO1	Valor de 16 bits con signo	MW20
DATO2	Valor de 16 bits con signo	MW22
FONDO	Variable binaria	M9.5
HMIA1	Variable binaria	M12.0
HMIA2	Variable binaria	M12.1
HMIA3	Variable binaria	M12.2
HMIA4	Variable binaria	M12.3
HMIA5	Variable binaria	M12.4
HMIC	Variable binaria	M10.7
HMIC1	Variable binaria	M11.2
HMIC2	Variable binaria	M11.3
HMIP	Variable binaria	M10.1
HMIP1	Variable binaria	M11.0
HMIP11	Variable binaria	M11.4
HMIP12	Variable binaria	M11.5
HMIP2	Variable binaria	M11.1

Figura 18. Variables externas. [2]

1.2.3 Creación imagen de proceso

Realizando clic derecho sobre *Graphics Designer* y seleccionando la opción *Nueva imagen* (figura 19), creamos una nueva imagen de proceso. Esta imagen es creada por defecto con el nombre de *NewPdl0.Pdl*, el cual debe ser editado como se muestra en la figura 20.

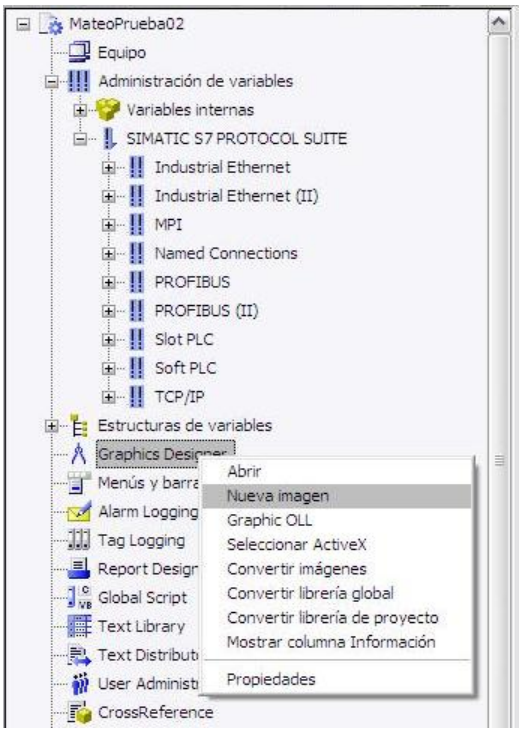


Figura 19. Nueva imagen de proceso. [2]

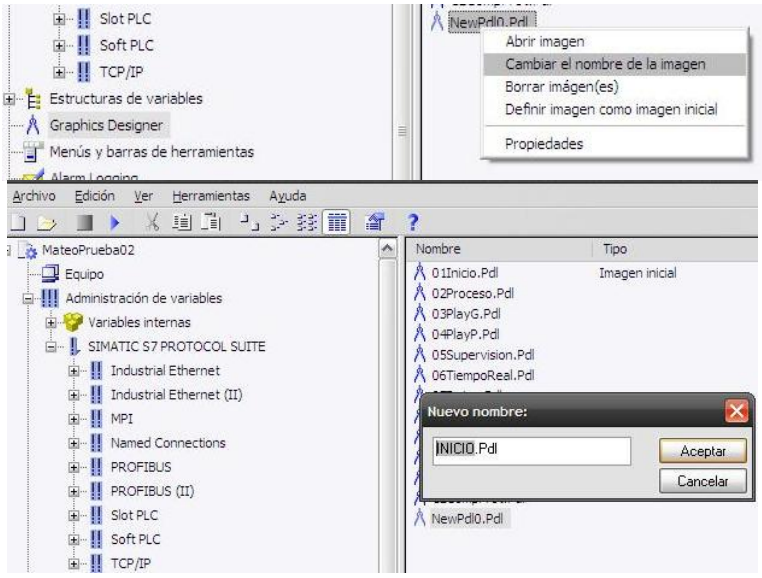


Figura 20. Cambio de nombre a imagen de proceso. [2]

1.2.4 Creación de mensajes de alarmas del proceso

Para crear las alarmas, debemos hacer clic derecho sobre el menú como se puede ver en la figura 21. Luego seleccionar agregar nueva fila y seguir los pasos.

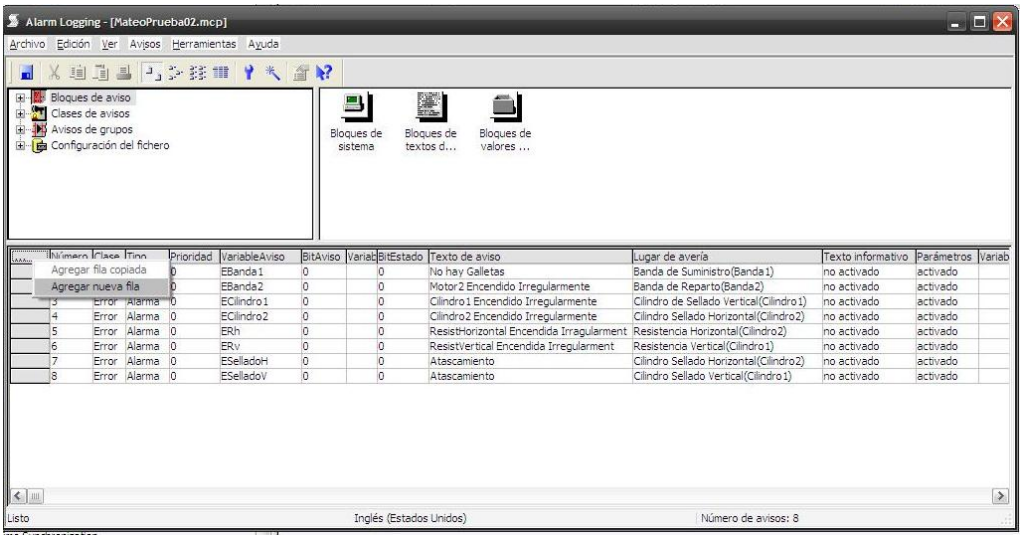


Figura 21. Creación nueva AlarmLogging. [2]

Una vez creada, debemos configurar la alarma y asociar la misma a una variable; la cual es la que nos indicara cuando ocurra algun error. Ver figura 22.

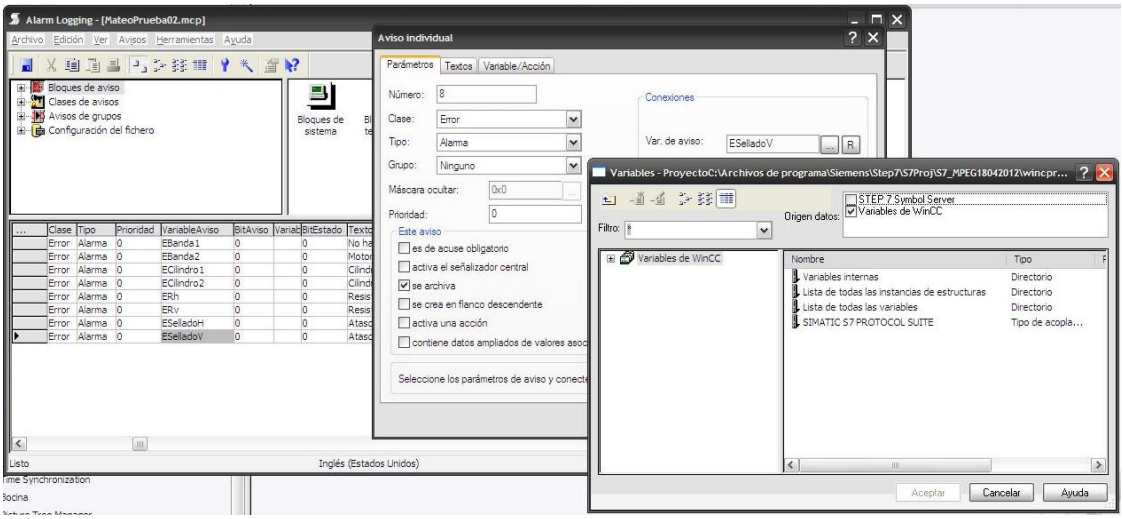


Figura 22. Edición tipo de Alarma. [2]

Una vez creadas todas la alarmas necesarias y requeridas, podemos observar en la figura 23, el listado completo de estas.

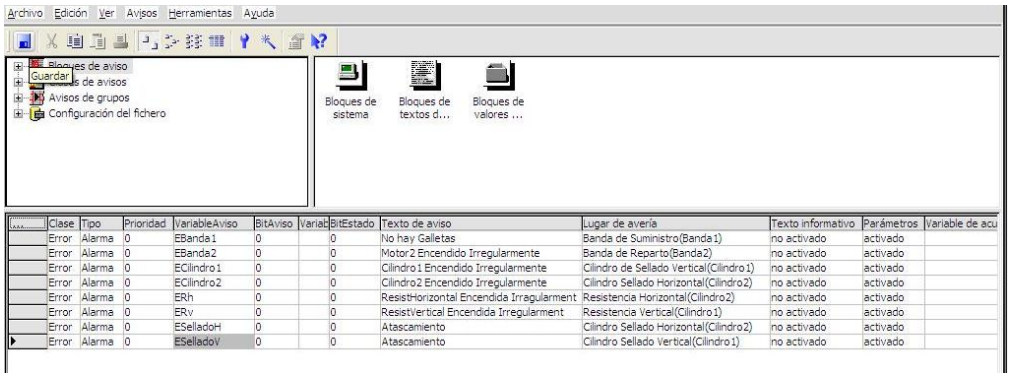


Figura 23. Lista de Alarmas configuradas. [2]

1.2.5 Creacion de los ficheros del proceso

En la figura 24, se observa como se crean los ficheros del sistema. El asistente de archivos ofrece un metodo automatico y sencillo para crear un archivo.

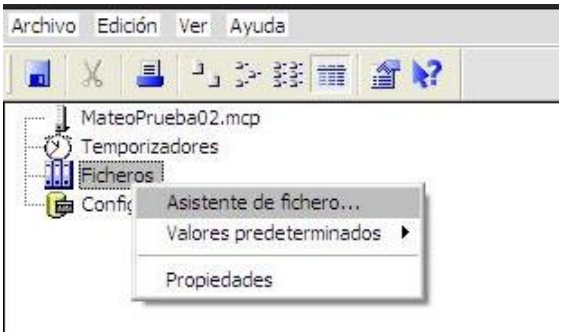


Figura 24. Creación de ficheros. [2]

Al haber hecho clic derecho sobre *Ficheros,* en la ventana de navegación y seleccionar *Asistente de fichero,* aparece la ventana del asistente tal como se muestra en la figura 25. Paso siguiente es asignar el nombre correspondiente a este fichero y seleccionar *siguiente.*

Figura 25. Asistente de ficheros. [2]

Haga clic en el botón *Seleccionar* y en el cuadro de dialogo, asígnele una variable al fichero. Esta variable va a estar directamente relacionada al fichero creado.

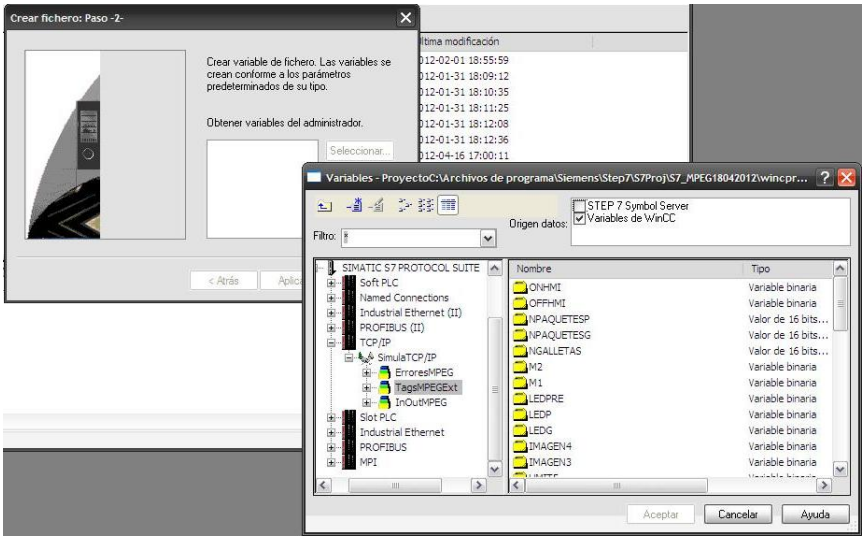


Figura 26. Asignación de variable. [2]

Una vez creado el fichero, establecemos las características del archivo. Se hace clic derecho sobre él y se selecciona la opción *Propiedades.* Ver figura 27.

Figura 27. Propiedades fichero. [2]

Se puede cambiar el nombre y la posición en memoria del fichero. Ver figura 28. Para confirmar los cambios se le da clic en aceptar y se cierra la ventana de propiedades. Esto se realiza con cada uno de los ficheros que se deben crear para la supervisión del sistema.

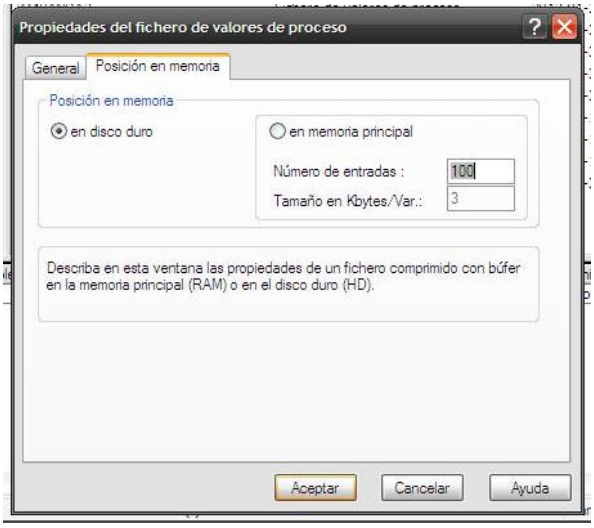


Figura 28. Asignación de posición de memoria. [2]

De este modo se completa la configuración de los archivos de proceso. La figura 29, muestra la lista de todos los ficheros necesarios, creados para la supervisión de nuestro sistema.

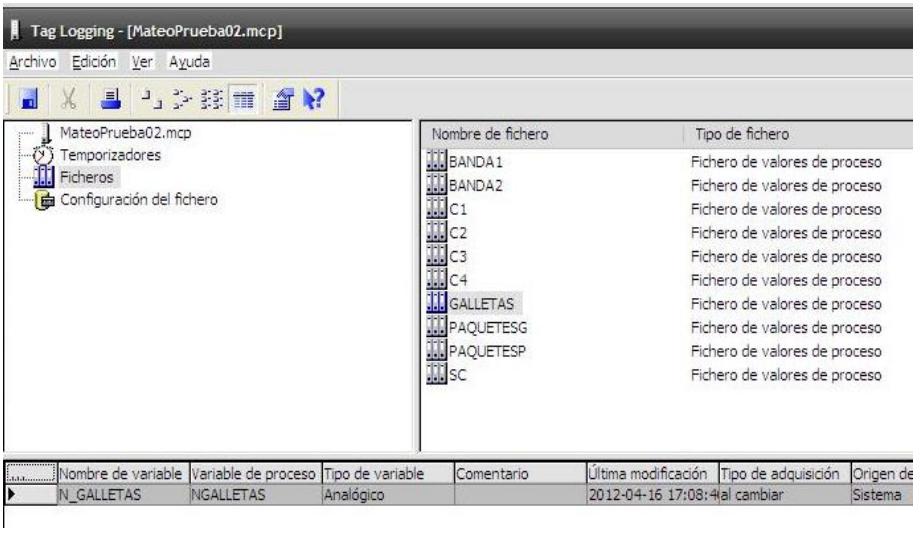


Figura 29. Ficheros del sistema. [2]

1.2.6 Configuración global del diseño

Para realizar la configuración general o global del diseño grafico del sistema, en la pantalla principal del WinCC, damos clic derecho sobre el nombre del proyecto y se selecciona la opción de *Propiedades.* Ver figura 30.

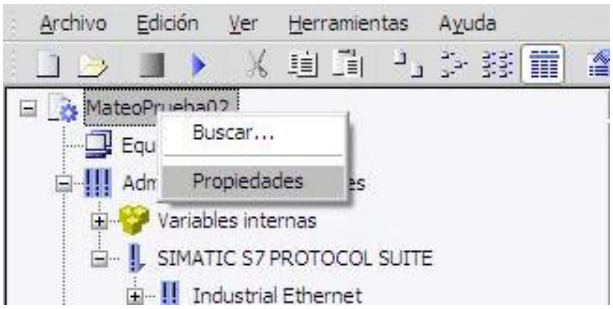


Figura 30. Diseño global. [2]

En la figura 31, se muestra el tipo de configuraciones graficas que podemos seleccionar para el ambiente grafico global de nuestro proyecto. Así mismo, podemos personalizar el diseño a nuestra manera.

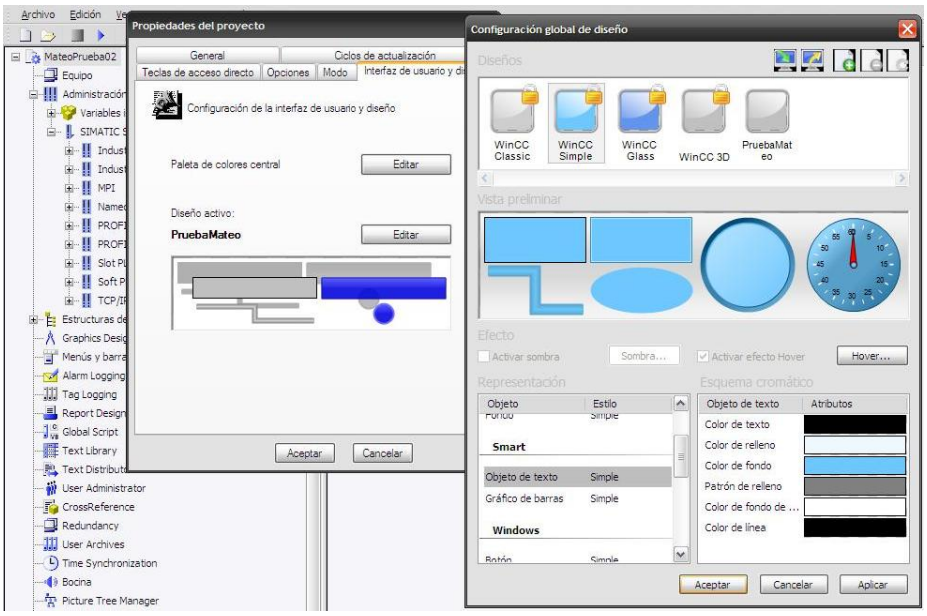


Figura 31. Configuración diseño global. [2]

1.2.7 Configuración y edición de imágenes de proceso

En esta sección se dará una noción sobre el diseño de las imágenes de proceso necesarias en el proyecto a supervisar.

1.2.7.1 Edición y diseño de imágenes de proceso

Para la edición de las imágenes de proceso ya creadas, debemos abrir dichas imágenes como muestra la figura 32.

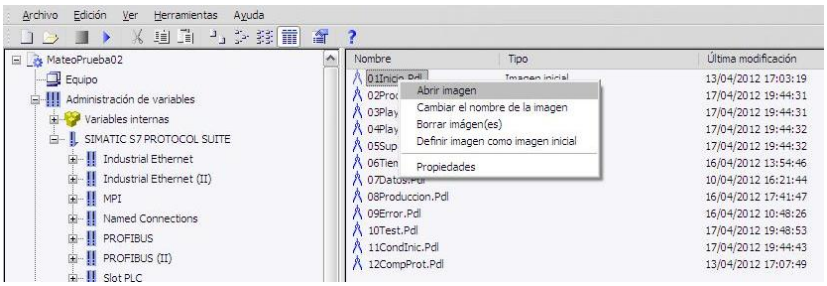


Figura 32. Edición imagen de proceso. [2]

Cuando se abre por primera vez el diseñador grafico, este tiene un aspecto similar al de la figura 33. Podemos apreciar las funciones y herramientas que este editor nos ofrece y los que no se ven a simple vista, los iremos explorando.

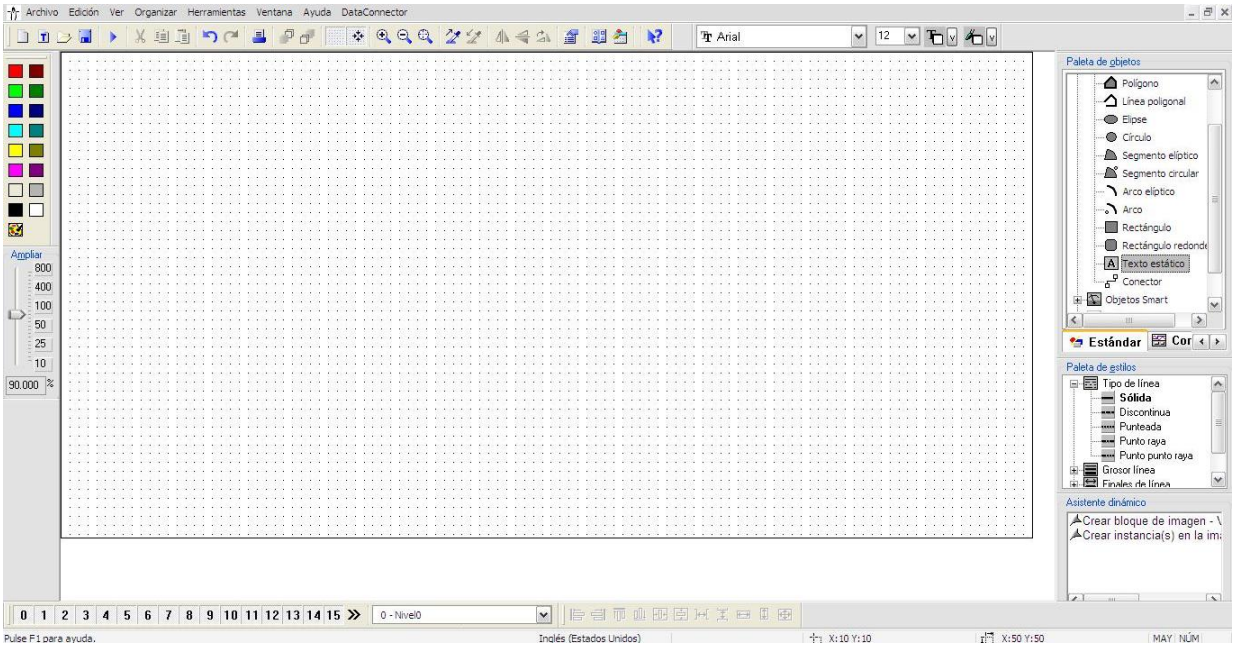


Figura 33. Ambiente grafico del editor. [2]

Para determinar las barras que deben visualizarse en el diseñador gráfico, en la barra de menús, se hace clic en *Ver*, *Barras de herramientas*. En el siguiente cuadro de diálogo *Barras de herramientas*, se marca las barras que se desean visualizar y se confirma la selección. Después se cierra el cuadro de diálogo pulsando *Aceptar*.

1.2.7.2 Inserción de texto estático

En la barra de objetos, se selecciona *Texto estático*. Es posible situarlo en la parte superior derecha de la rejilla y arrastrarlo con el botón del ratón pulsado hasta que tenga el tamaño deseado. Escribir el título que se desee para la imagen, por ejemplo, *Texto Ejemplo*. En este momento la imagen debe ser como la de la figura 34.

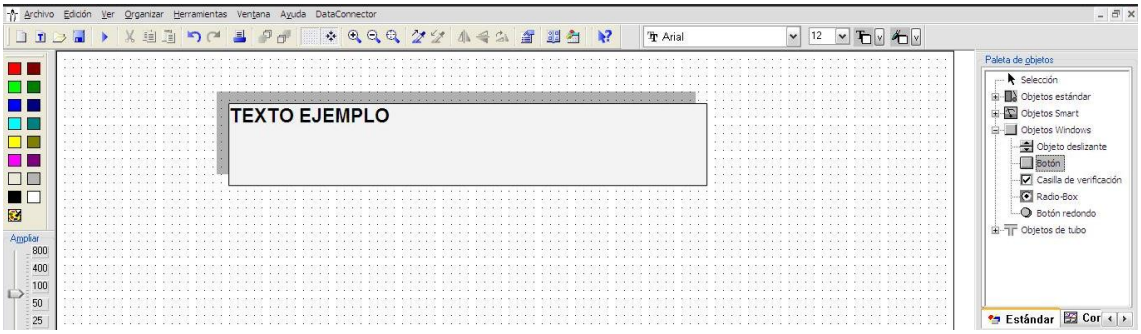


Figura 34. Texto ejemplo. [2]

1.2.7.3 Creacion de un Botón

Primero se va a configurar un botón que permita cambiar a otra imagen en tiempo de ejecución. Para crear un botón que permita conmutar entre las imágenes Proceso1.Pdl y Proceso2.Pdl se hace lo siguiente:

a) Seleccionar el botón *Objetos Windows* en la barra de objetos de la imagen Proceso1.Pdl.

b) Una vez seleccionado el botón, colocarlo en la rejilla haciendo clic sobre ella en el punto donde lo quieras situar. Después se redimensiona el botón haciendo clic con el ratón sobre él y arrastrándolo.

c) Al soltar el botón del ratón, aparecerá el cuadro de diálogo *Configuración del botón*. Se introduce un nombre en el campo *Texto* (BOTON1). Ver figura 35.

d) Para seleccionar la imagen a la que se quiere cambiar, se hace clic en el icono cuadrado que aparece abajo a la derecha, el que está situado justo encima de *Cancelar. Cambiar imagen con clic*, y selecciona *Proceso2.Pdl*. Ver figura 36.

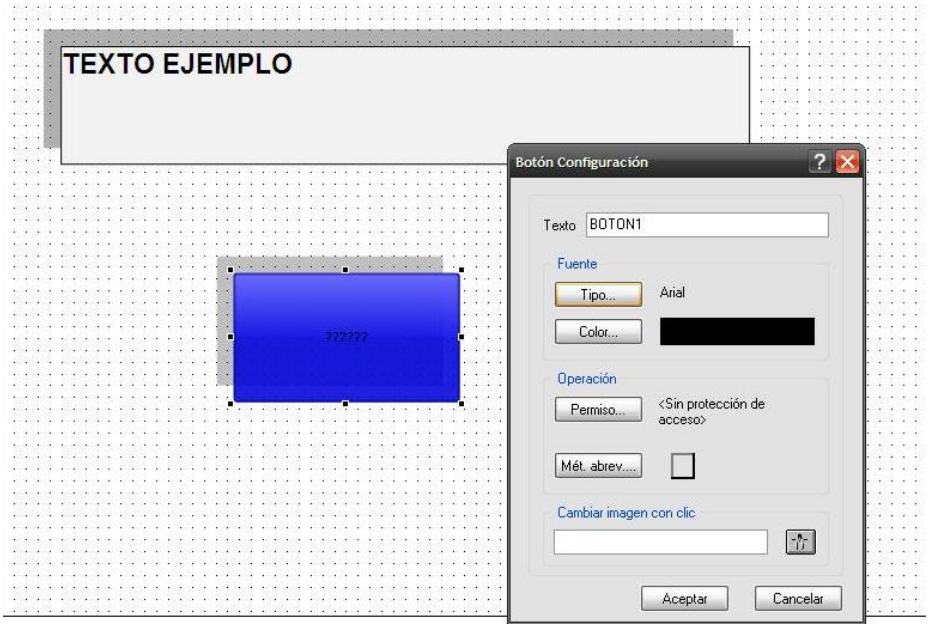


Figura 35. Configuración BOTON1. [2]

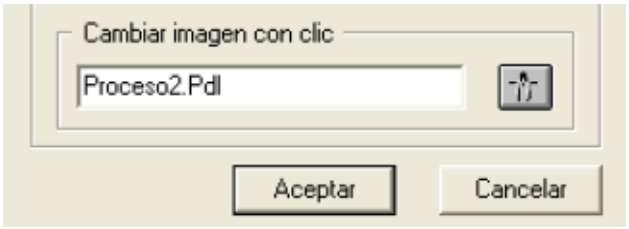


Figura 36. Cambiar imagen con clic. [2]

1.2.7.4 Dinamizar objetos

- **Modificar estado de variables**

Se selecciona el objeto a dinamizar, en este caso el botón con el nombre *DINAMIZAR*. En su configuración ver figura 37, ya está definida la navegación entre pantallas.

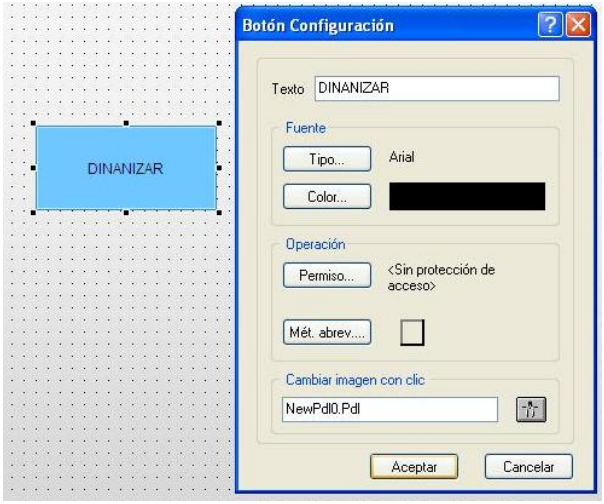


Figura 37. Configuración botón. [2]

Debemos ir a las propiedades del objeto, para ello, damos clic derecho sobre él y seleccionamos la opción *Propiedades.* Ver figura 38.

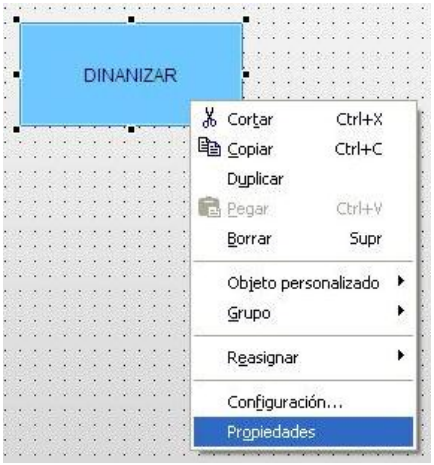


Figura 38. Propiedades botón. [2]

En el menú de propiedades, vamos y seleccionamos la pestaña *Evento.* Luego hacemos clic derecho sobre la acción que deseamos dinamizar. Como se muestra en la figura 39, seleccionamos la opción *Conexión directa* y se abre un nuevo menú.

Figura 39. Propiedades evento botón. [2]

Una vez en el menú *Conexión directa,* debemos configurar el origen y el destino de la acción. En la figura 40, se muestra la configuración del origen para nuestro caso, seleccionando *Propiedad – este objeto – pulsado.*

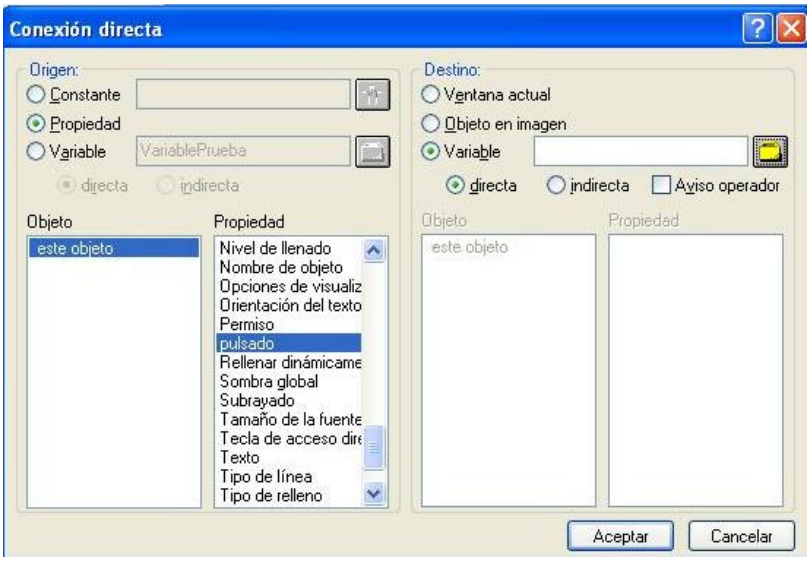


Figura 40. Conexión directa - Origen. [2]

Para configurar *Destino* para nuestro caso, seleccionamos la opción *Variable,* y buscamos la respectiva variable interna o externa que se va a modificar accionando este botón. Ver figura 41.

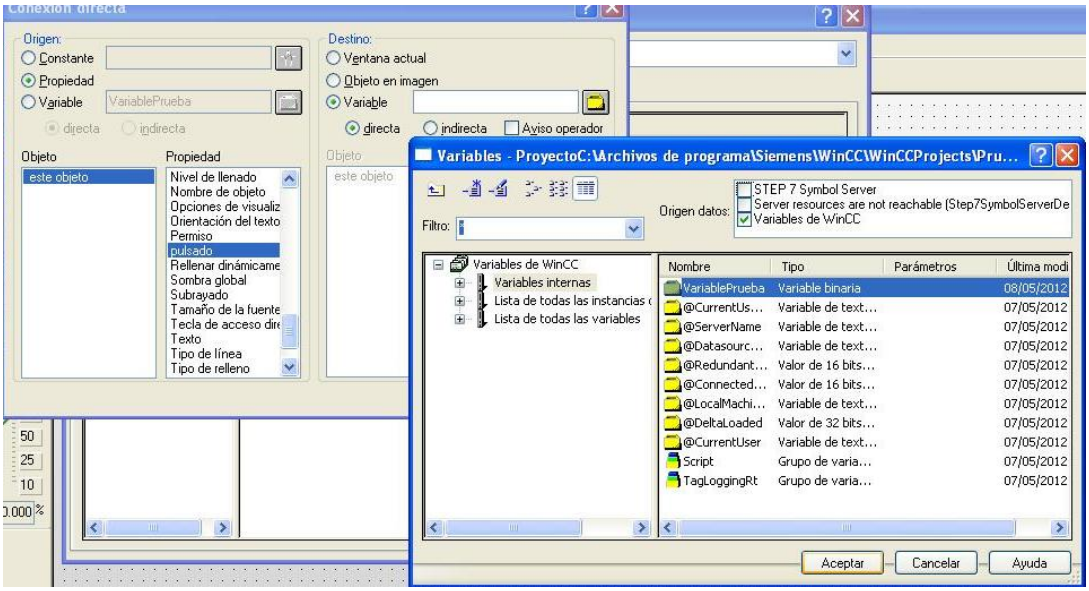


Figura 41. Configuración variable a modificar. [2]

Una vez configurada la conexión directa entre el botón y la variable a modificar, verificamos que los cambios realizados sean los deseados y procedemos a dar clic en *Aceptar*. Ver figura 42.

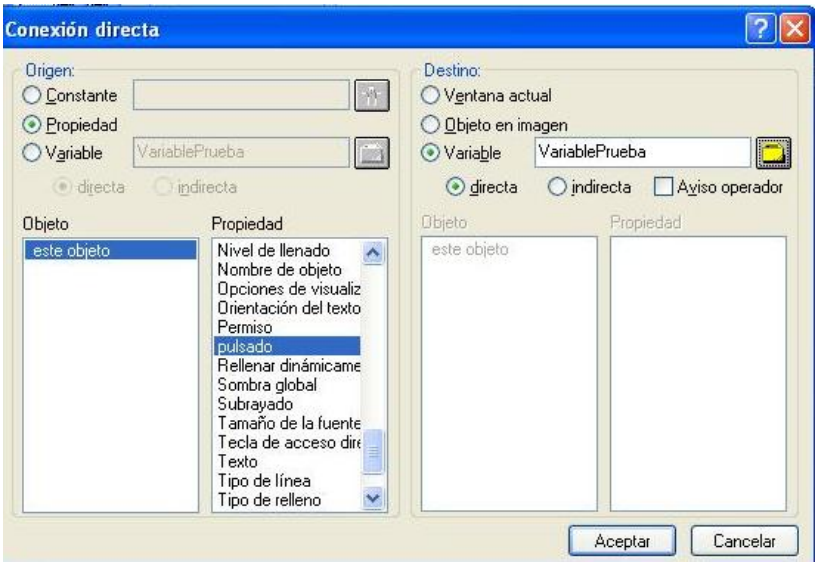


Figura 42. Configuración conexión directa OK. [2]

En la figura 43 se muestra, que la acción *Pulsar a la izquierda,* está configurada para realizar la acción.

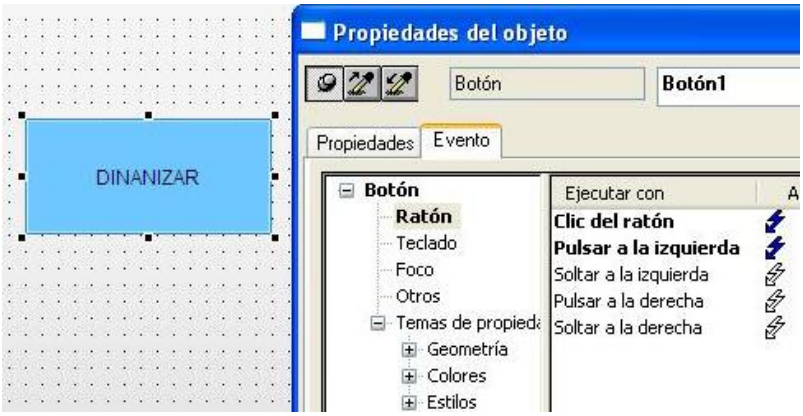


Figura 43. Acción del botón configurada. [2]

- **Visualizar o no visualizar objetos**

Se crea un botón circular con el nombre de *Acción*, el cual va a tener condicionada su visualización, dependiendo del estado lógico de la variable asignada.

En la figura 44, se observa que las propiedades de los objetos están separadas en varias categorías (*Geometría – Colores – Estilos – Fuente – Intermitencia – Otros – Rellenar – Imágenes - Representación*) y que la gran mayoría de estas propiedades, pueden ser modificadas y dinamizadas según el usuario lo requiera.

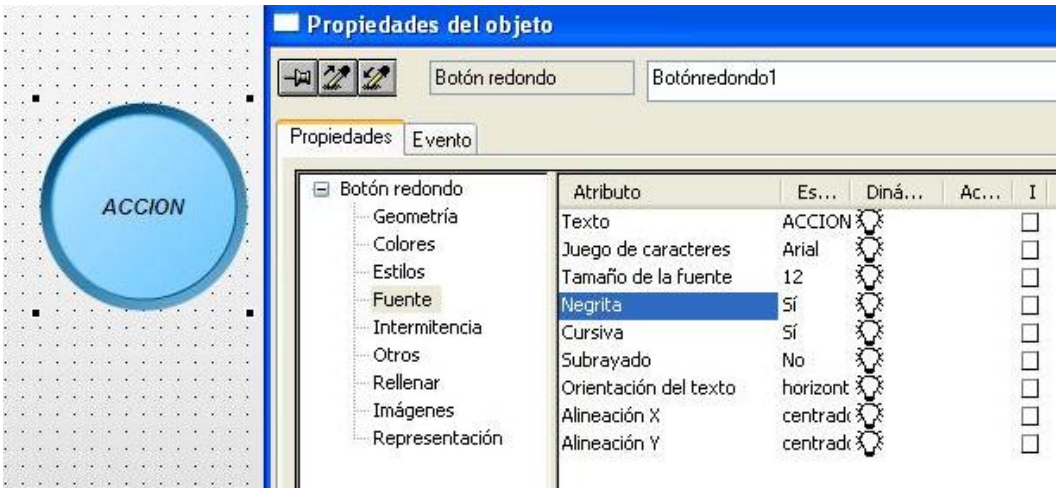


Figura 44. Menú propiedades boton redondo. [2]

La visualización del objeto, es otra de las propiedades que se pueden hacer depender de las variables. En la figura 45, se muestra los pasos de configuración de esta propiedad.

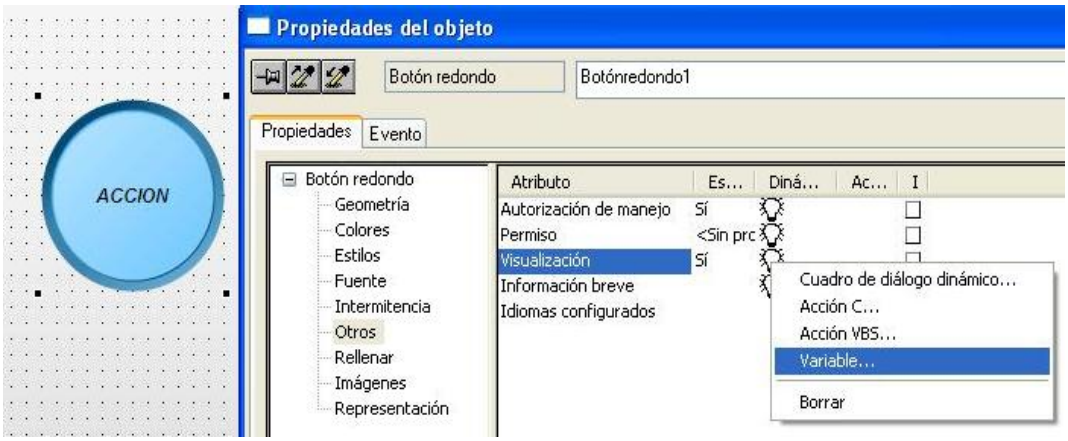


Figura 45. Configuración de visualización del botón redondo. [2]

En la figura 46, se muestra la selección de la variable asignada para controlar la visualización o no, del botón redondo.

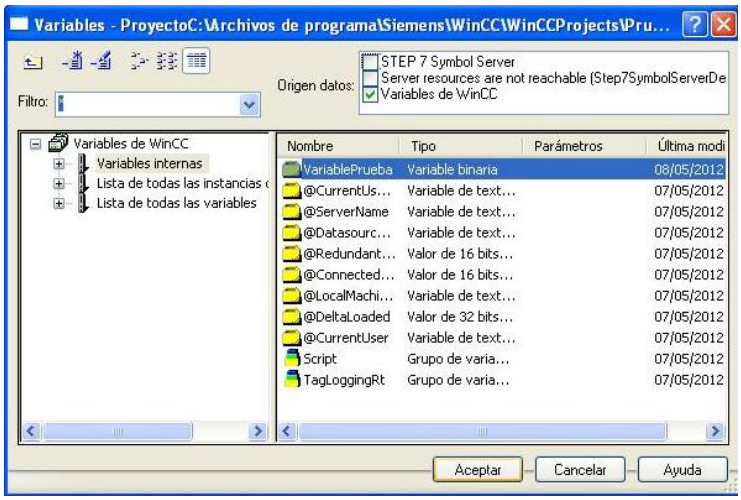


Figura 46. Asignación variable botón redondo. [2]

La acción de visualización, se configura para el cambio de estado de la variable. Lo cual quiere decir que cuando la variable tenga un valor lógico 1, el botón redondo será visible. Pero si el valor lógico de la variable es 0, el botón

redondo no será visible en la pantalla mientras se mantenga esta condición. Ver figura 47. Debemos considerar importante que para nuestro caso ejemplo, la variable asignada, es una variable tipo binaria.

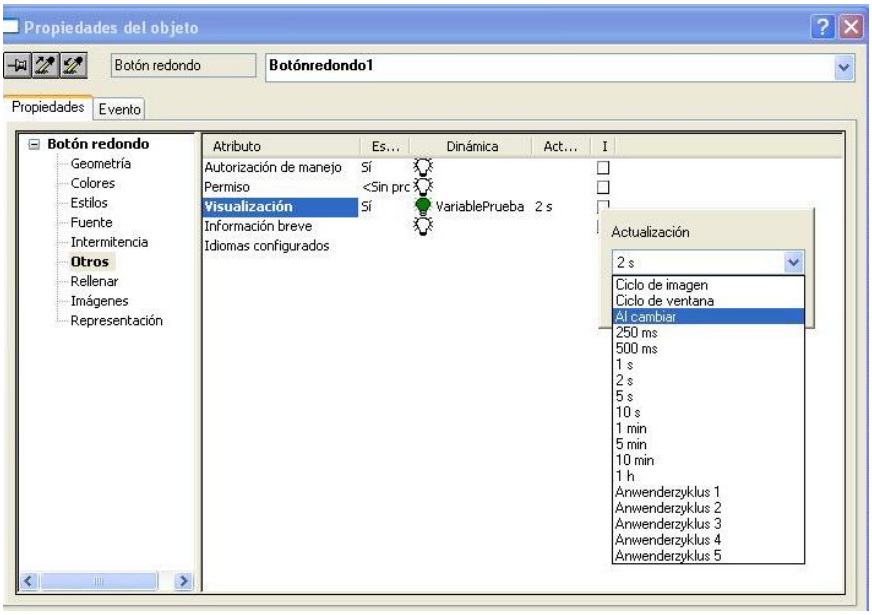


Figura 47. Configuración de la condición de visualización del botón redondo. [2]

1.2.7.5 Configuración Controles ActiveX

- **WinCC Online Trend Control**

Una ventana de tendencias permite visualizar gráficamente los Tags de proceso. En la barra de objetos, seleccione la ficha *Controles* y a continuación, *WinCC Online Trend Control*. Ver figura 48.

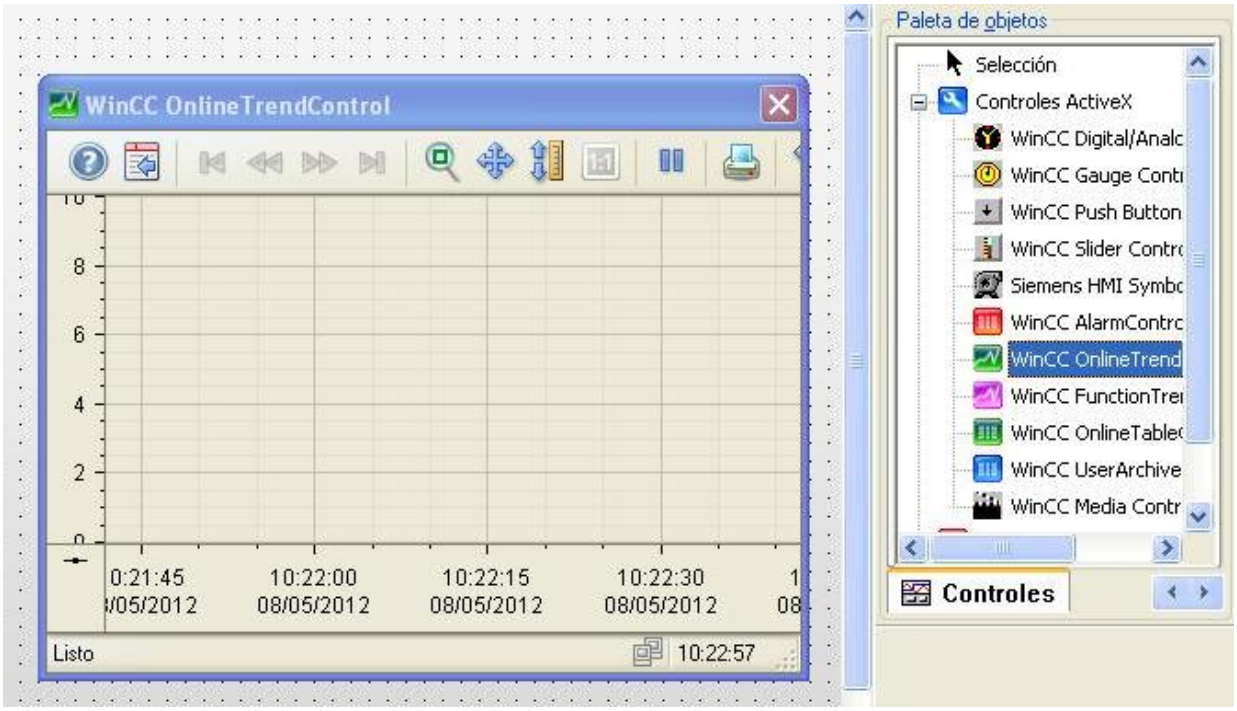


Figura 48. Creación WiCC Online Trend Control. [2]

En la figura 49, se observa la ventana de propiedades de la WinCC Online Trend Control, la cual se abre automáticamente al crearla. La configuración de la curva de control depende de las necesidades y requerimientos del sistema. La configuración de la pestaña *Curvas* es de las más importantes, ya que en este menú se asigna la variable que deseo observar y analizar su comportamiento (Casilla *Nombre de variable*).

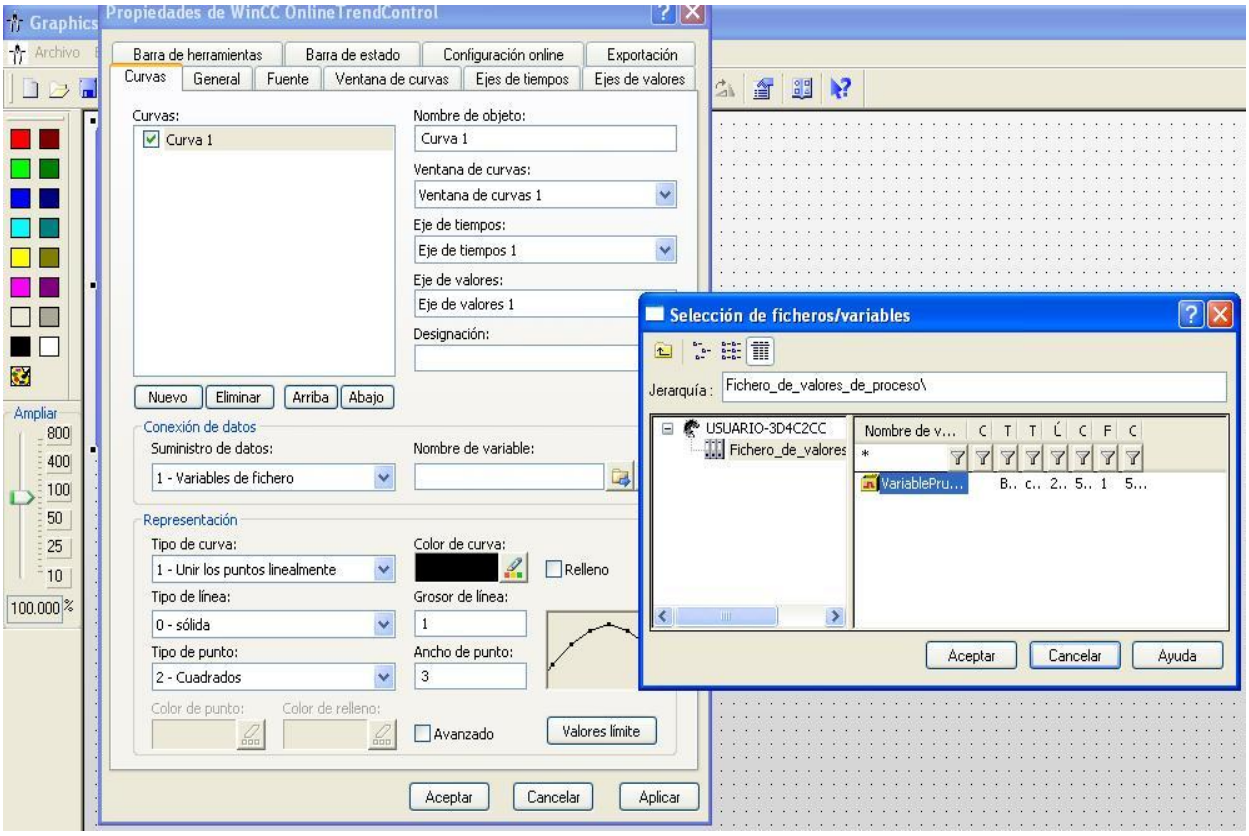


Figura 49. Selección variable a analizar WinCC Online Trend Control. [2]

- **WinCC Online Table Control**

Con una ventana de tablas, puede visualizar los Tags de proceso en forma de una tabla. En la barra de objetos, seleccione la ficha *Controles* y a continuación, *WinCC Online Table Control*. Ver figura 50.

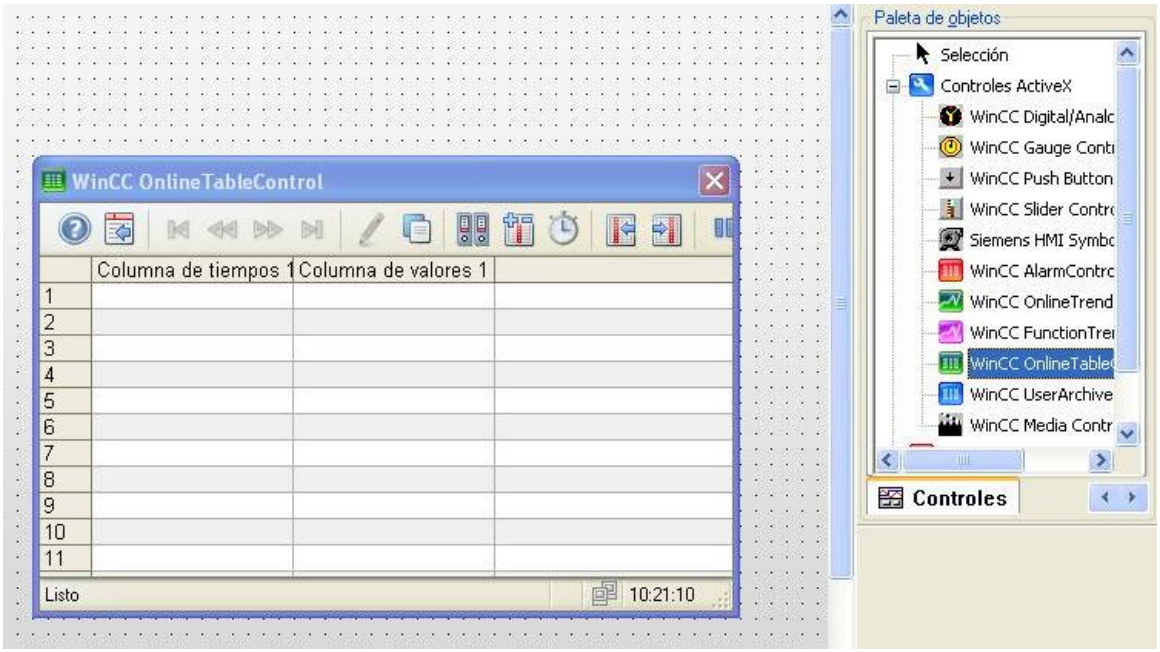


Figura 50. Creación WinCC Online Table Control [2]

En la figura 51, se observa la ventana de propiedades de la WinCC Online Table Control, la cual se abre automáticamente al crearla. La configuración de la tabla depende de las necesidades y requerimientos del sistema. La configuración de la pestaña *Columna de valores* es de las más importantes, ya que en este menú se asigna la variable que deseo observar y analizar (Casilla *Nombre de variable*).

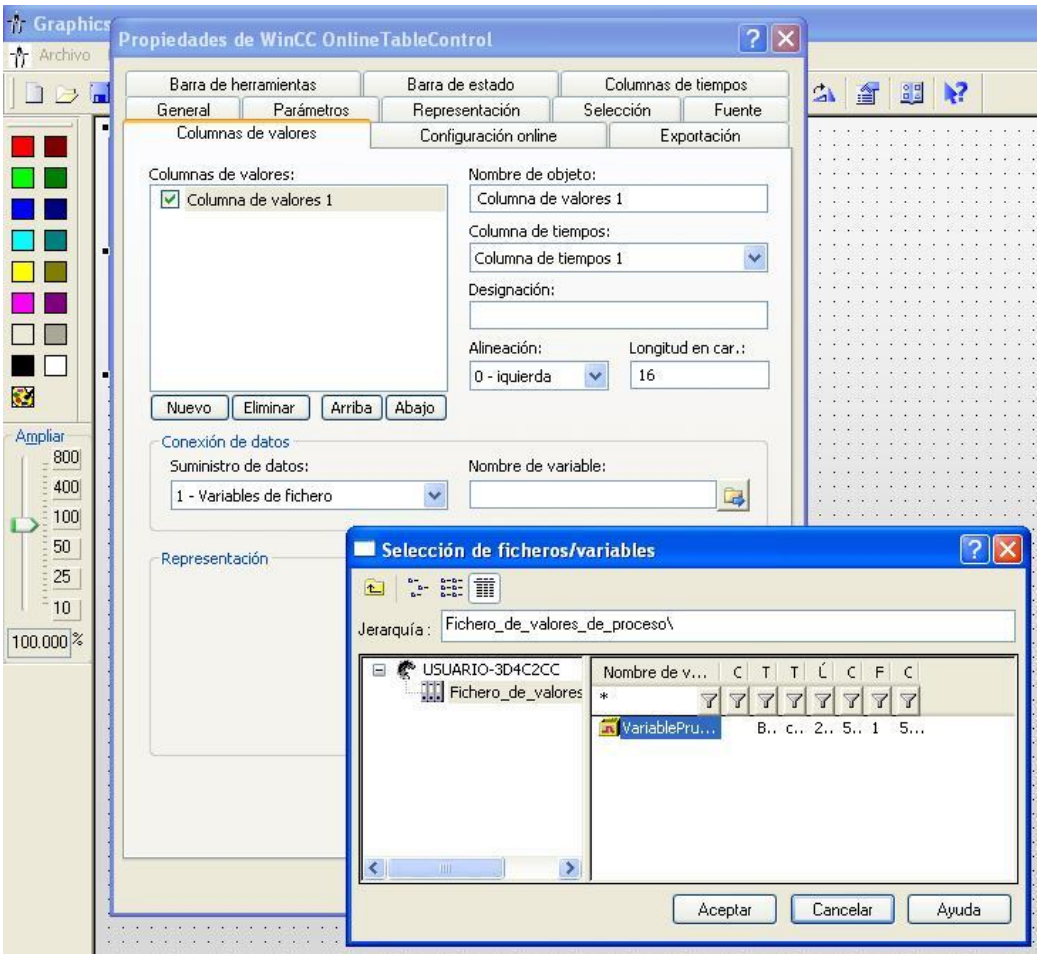


Figura 51. Selección variable a analizar WinCC Online Table Control. [2]

- **WinCC AlarmControl**

En la barra de objetos, seleccione la ficha *Controles* y a continuación, *WinCC Alarm Control*. Ver figura 52.

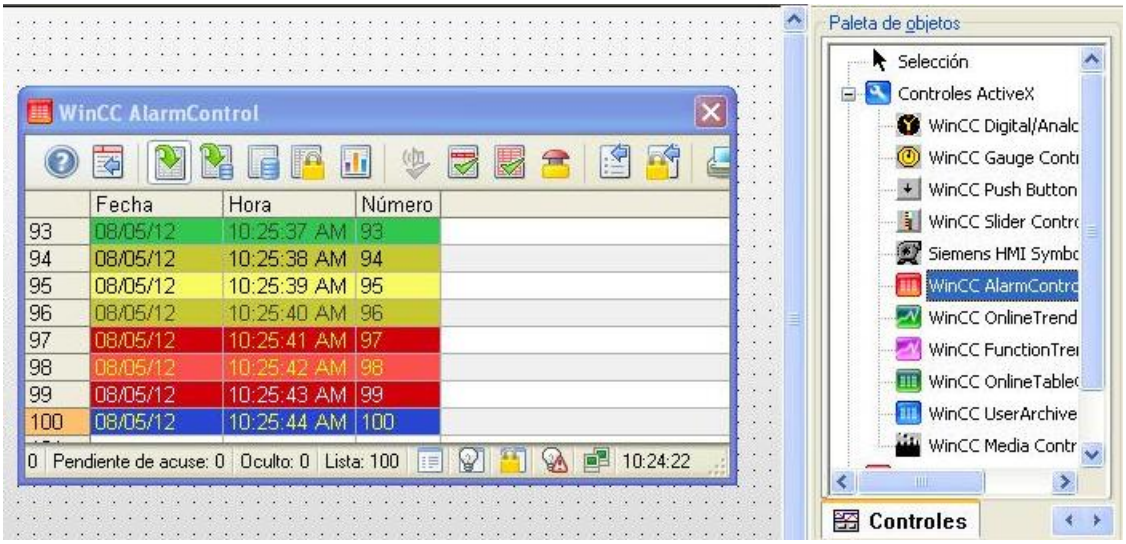


Figura 52. Creación WinCC AlarmControl. [2]

1.2.8 Configuración Runtime

1.2.8.1 Creación del menú interno y stop del runtime

En la figura 53, se observa la configuración del menú interno, ubicado en la barra de herramientas durante el Runtime y los diferentes *Screen Change*, correspondientes a cada imagen de proceso creada para la manipulación del sistema.

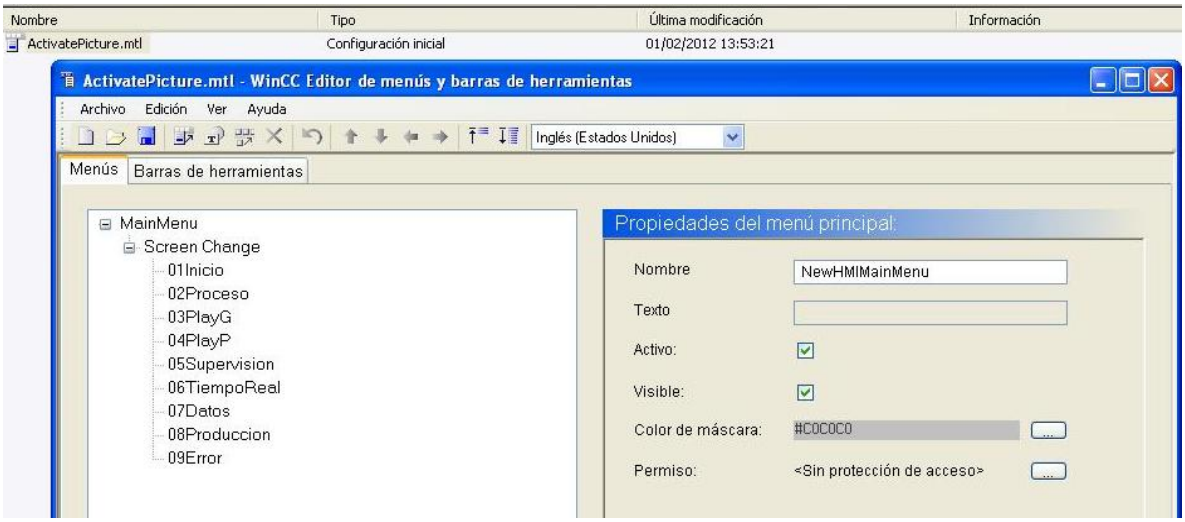


Figura 53. MainMenu barra de herramientas Runtime. [2]

Se debe crear la opción de StopRuntime en la barra de estado durante el Runtime. En la figura 54, se muestran las opciones y manera de cómo crearla opción.

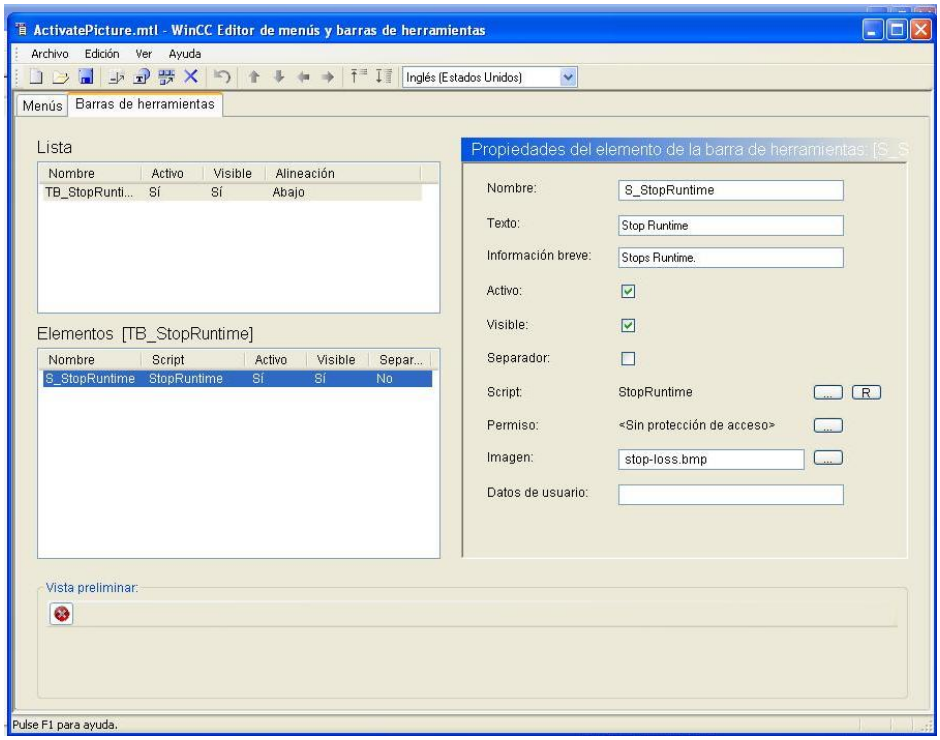


Figura 54. Barra de estado StopRuntime. [2]

1.2.8.2 Definir parámetros de inicio

Ahora se definirán las características de tiempo de ejecución para nuestro proyecto. Entre otros aspectos se determinará cómo aparecerá la pantalla en tiempo de ejecución.

a) En la subventana izquierda del explorador de WinCC, hacer clic en *Equipo*.
b) En la subventana derecha del explorador de WinCC, hacer clic en el nombre de tu ordenador.
c) En el menú contextual, hacer clic en *Propiedades*. Ver figura 55.

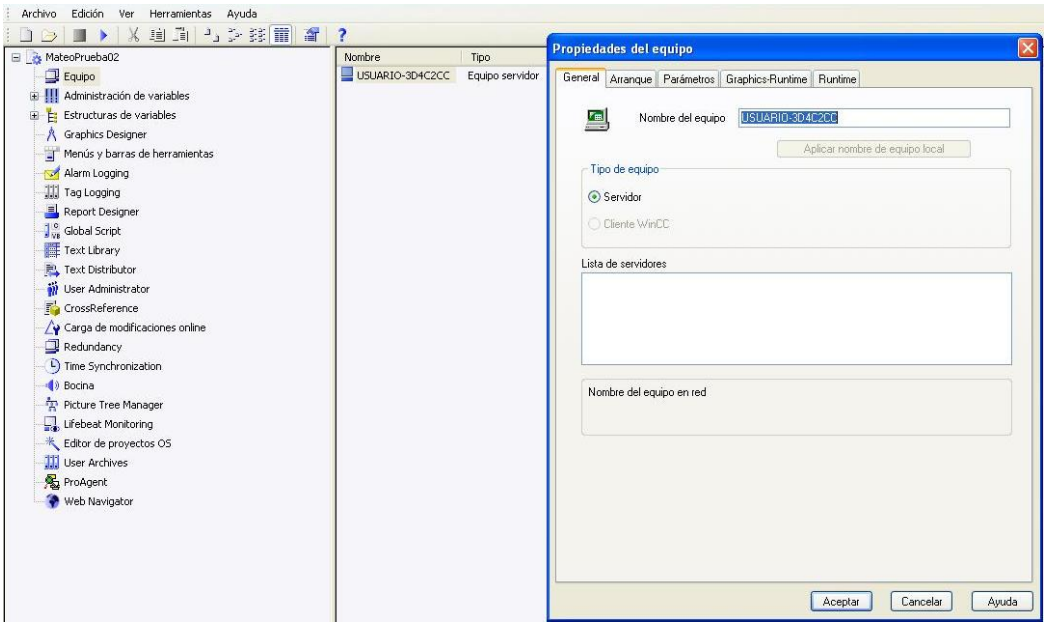


Figura 55. Acceso a propiedades del equipo. [2]

d) Activar la aplicación *Runtime de Graphics*, para ello activar el *Graphics Runtime* en la pestaña de *Arranque*.
e) Seleccione la marca en la casilla de verificación *Tag Logging Runtime, Alarm Logging Runtime* y *Report Runtime.* Ver figura 56.

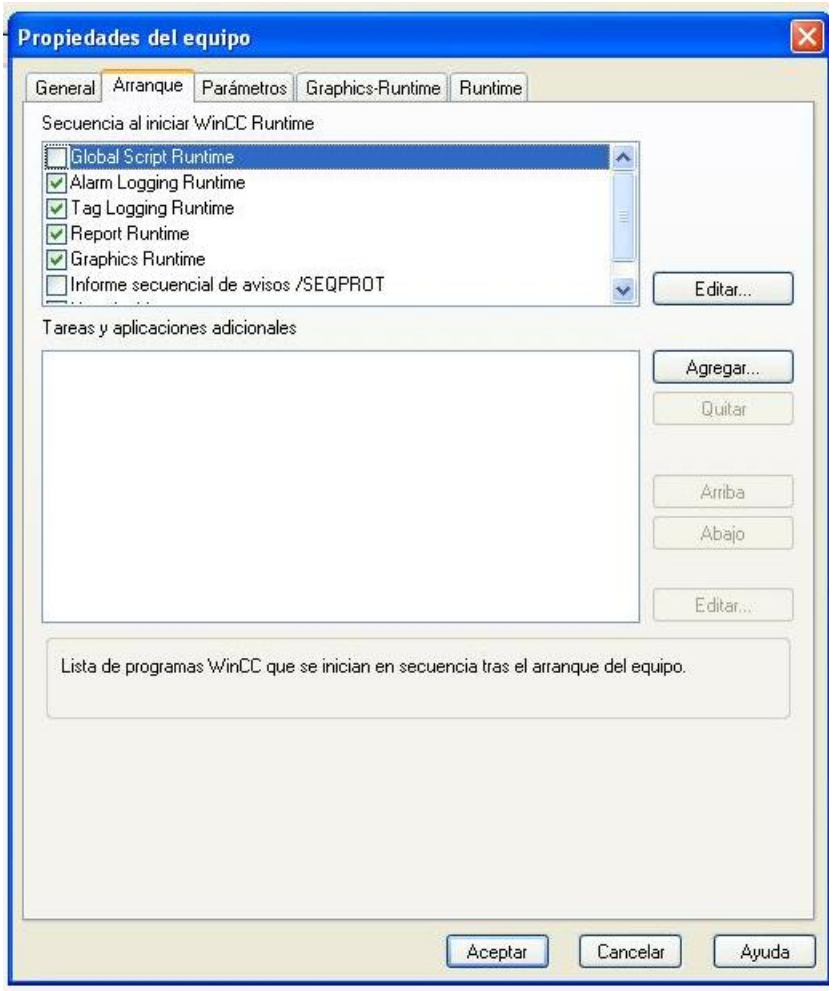


Figura 56. Propiedades del equipo - Arranque. [2]

f) Hacer clic en la pestaña *Runtime de Graphics*. En este panel se define el aspecto de la pantalla en tiempo de ejecución y una imagen inicial.

g) Para seleccionar una imagen inicial, hacer clic en *Buscar…* y a continuación, seleccionar la imagen que se desea, en el cuadro de diálogo.

h) Activa las casillas de verificación *Título, Minimizar, Maximizar y Ajustar Imagen* que aparecen en *Atributos de Ventana*. Ver figura 57.

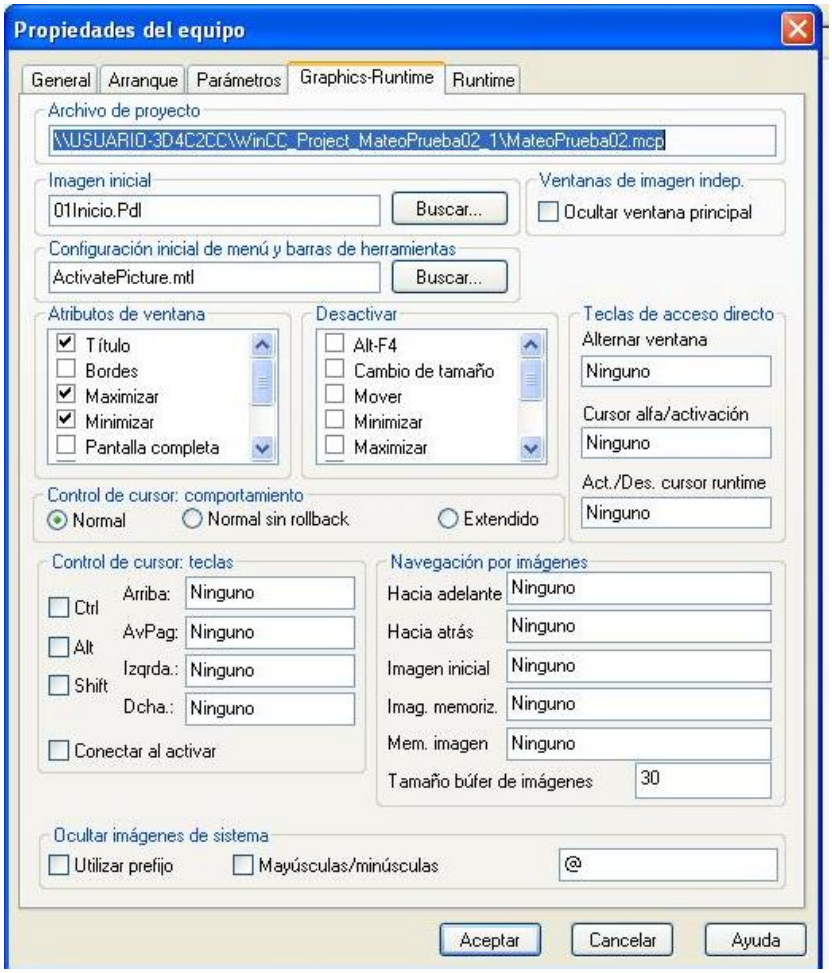


Figura 57. Propiedades del equipo - Graphics-Runtime. [2]

i) Hacer clic en *Aceptar* para cerrar la ventana de características. Ahora es posible trabajar en el modo Runtime.

1.3 RUNTIME

1.3.1 Activar proyecto

Para ver cómo se presentará nuestro proyecto a un operario durante el tiempo de ejecución, hacer clic en las opciones *Archivo* y *Activar* de la barra de menús del explorador de WinCC. Con esto se indica la activación del tiempo de ejecución.

Alternativamente esto puede hacerse con el icono correspondiente. Los iconos de la barra de herramientas del diseñador gráfico que contienen un cuadrado negro y una flecha grande hacia la derecha, son los botones de *Activación* y *Desactivación*. El icono que contiene una flecha pequeña hacia la derecha es el

botón de *Tiempo de ejecución* y está situado junto al icono *Guardar* de la esquina de la izquierda de la barra de herramientas. Ver figura 58.

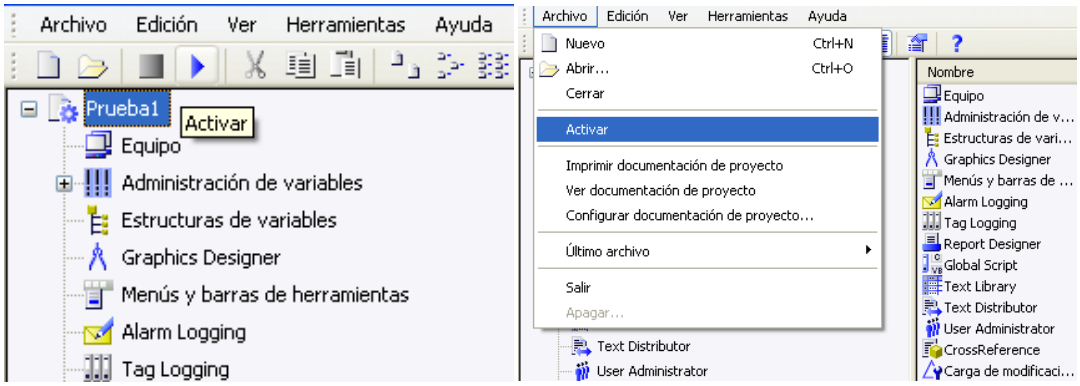


Figura 58. Formas de activar el Runtime. [2]

1.3.2 Desactivar proyecto

Aunque se cierren las pantallas de ejecución Runtime del proyecto WinCC, éste sigue activo. Es necesario desactivarlo. Para ello se pueden seguir dos métodos:

a) En *Archivo* desactivar la casilla *Activar*. En la barra de menú pulsar el icono cuadrado para parar la ejecución Runtime
b) En la barra de estado del Runtime, configurada con anterioridad (*Stop*). Ver figura 59.

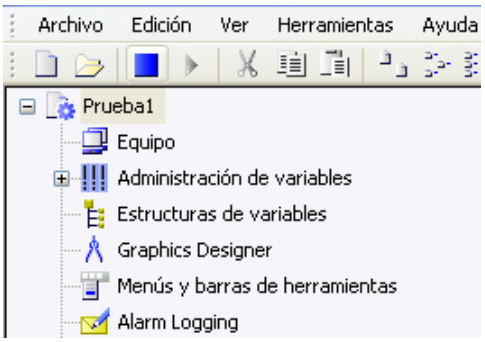


Figura 59. Forma de desactivar Runtime. [2]

BIBLIOGRAFIA

[1] PEREZ, Fede. WinCC Programación Elemental. Departamento de ingeniería de sistemas y automática. Bilbao. Escuela Técnica Superior de Ingeniería.

[2] BUSTOS CASTILLO, Mateo Felipe. Diseño e implementación del sistema SCADA WinCC de Siemens a una maquina prototipo empacadora de galletas en el laboratorio de automatización de procesos de la UPB. 1ra ed. Bucaramanga 2012. Trabajo de grado (Ingeniero electrónico). Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga. Facultad de ingeniería electrónica.