

**DISEÑO DE CONTENIDO DIDÁCTICO PARA LA
APROPIACIÓN DE CONOCIMIENTOS EN
AUTOMATIZACIÓN APOYADO POR LA CELDA DE
MANUFACTURA FLEXIBLE DE LA UNAD**



Una Tesis Presentada Para Obtener El Título De
Ingeniero Electrónico
Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Palmira

Universidad Nacional
Abierta y a Distancia

Rafael Rivera Arias
Septiembre 2018

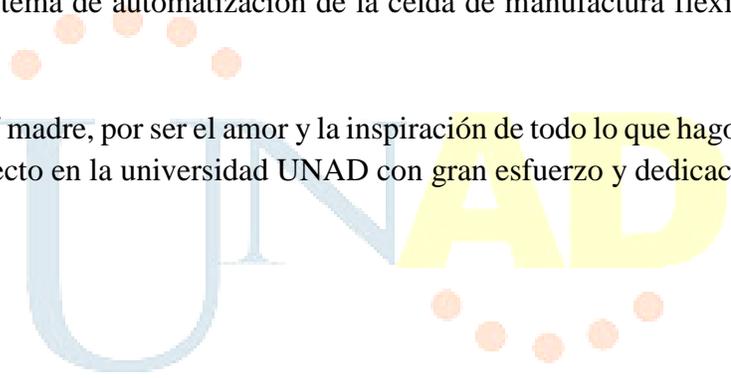
Agradecimientos

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia y a la escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería, Palmira por permitir el uso experimental e investigativos de la celda de manufactura flexible en el desarrollo e implementación de la optimización de la misma.

A la directora de proyecto Diana Gissela Victoria Duque docente de la escuela de ciencias básicas, tecnología e ingeniería por brindarme toda su colaboración y estar presente en el seguimiento del contenido y su desarrollo, durante todo el proceso de elaboración del documento e implementación del sistema de automatización de la celda de manufactura flexible de la UNAD CEAD Palmira.

Al asesor Steve Rodríguez Guerrero docente de la Escuela de Ciencias de la Salud – ECISALUD por acompañarme en el desarrollo del anteproyecto y estar atento a la evolución de la implementación del sistema de automatización de la celda de manufactura flexible de la UNAD CEAD Palmira.

A Dios, a mi hijo y a mi madre, por ser el amor y la inspiración de todo lo que hago, permitiéndome llevar a cabo este proyecto en la universidad UNAD con gran esfuerzo y dedicación.



Universidad Nacional
Abierta y a Distancia

Resumen

La universidad UNAD cuenta con una *celda de manufactura flexible* con tecnología *SIEMENS* desde el año 2015 en la ciudad de Palmira, la cual permite que el estudiante pueda tener un enfoque práctico en temáticas relacionadas con automatización y procesos industriales. En la actualidad este sistema no cuenta con elementos didácticos que permitan la apropiación de conocimientos en automatización para la escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería de la UNAD.

Para el manejo de la celda se implementó un sistema *SCADA*, el cual permite tener control y monitoreo de la *celda de manufactura flexible*, logrando establecer una interfaz gráfica con el Automata. Sumado a esto, se diseñan unos contenidos didácticos por etapas para la celda enfocados hacia la comunidad académica, con el fin de orientar a los estudiantes en todos los factores requeridos para el funcionamiento de un proceso industrial y de esta manera desarrollen nuevas habilidades y competencias en el campo de la automatización.

En el siguiente trabajo se presentará la metodología implementada y los recursos utilizados para el desarrollo de las guías del contenido didáctico de la *celda de manufactura flexible*, las cuales permitirán a la comunidad académica de la Escuela de Ciencias Básicas Ingeniería y Tecnología del CEAD Palmira contar con una herramienta para guiar el manejo de la *celda de manufactura flexible*.

Se puede decir; que todos los procesos de producción industriales son susceptibles de ser optimizados y automatizados, buscando una mejora continua en dicho proceso, por tal razón, a través de este trabajo de grado se busca enfocar a la comunidad académica dentro de un contexto de la automatización de procesos continuos que se requieren en la industria en la actualidad.

Abierta y a Distancia

Abstract

The UNAD university has a flexible manufacturing cell with SIEMENS technology since 2015 in the city of Palmira, which allows the student to have a practical approach in topics related to automation and industrial processes. At present, this system does not have didactic elements that allow the appropriation of knowledge in automation for the school of Basic Sciences, Technology and Engineering of the UNAD.

For the management of the cell a SCADA system was implemented, which allows to have control and monitoring of the flexible manufacturing cell, managing to establish a graphic interface with the Automaton. Added to this, didactic contents are designed in stages for the cell focused on the academic community, in order to guide students in all the factors required for the operation of an industrial process and in this way develop new skills and competences in the field of automation.

In the following work will be presented the methodology implemented and the resources used for the development of the guides of the didactic content of the cell of flexible manufacturing, which will allow the academic community of the School of Basic Sciences Engineering and Technology of CEAD Palmira to have a tool to guide the handling of the flexible manufacturing cell.

You can say; that all industrial production processes are susceptible to be optimized and automated, seeking a continuous improvement in said process, for this reason, through this work of degree seeks to focus the academic community within a context of process automation continuous that are required in the industry today.

Tabla de Contenido

Introducción	1
Capítulo 1. Antecedentes y Contexto	2
1.1. Planteamiento del problema	2
1.1.1. Situación Problema	2
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos Específicos.....	4
Capítulo 2. Revisión de la Literatura	5
2.1. Marco contextual.....	5
2.1.1. Desarrollo e interacción de un laboratorio virtual asistido y controlado por PLC	5
2.1.2. Diseño e implementación de un sistema de dosificación y transporte para la celda flexible de manufactura a nivel didáctico de la Fundación Universidad América	5
2.1.3. Desarrollo de un laboratorio de sistemas y comunicaciones industriales para la mejora del proceso enseñanza/aprendizaje	6
2.1.4. Sistema SCADA y el Autómata.....	7
2.2. Marco Teórico	10
2.2.1. Guías didácticas	10
2.2.2. Procesos Industriales.....	11
2.2.3. Control de procesos industriales	12
2.2.4. Automatización de procesos industriales	19
2.2.5. Pirámide de la Automatización	20
2.2.6. Fases de un proyecto de Automatización.....	21
2.2.7. Aplicaciones de la Automatización.....	22
2.2.8. Tecnologías SIEMENS	23
2.2.9. Módulos de la Automatización	31
2.2.10. Software para la Automatización en SIEMENS.....	32
2.2.11. Lenguajes de programación	37
2.2.12. Introducción a software de programación.....	38
2.2.13. Bloques de programación	40
Capítulo 3. Metodología de la Investigación	43
3.1. Tipo de Investigación.....	43
3.2. Ruta Metodológica	43
3.2.1. Fase de Exploración.....	43
3.2.2. Fase de diseño	44
3.2.3. Fase de construcción de la guía.....	46
3.2.4. Fase de consolidación	48
Capítulo 4. Resultados y Discusión	51
4.1. Presentación de la estructura didáctica de las guías.....	51
4.1.1 Selección de la temática.....	51
4.1.2 Estructura de la guía didáctica	51

4.1.3 Selección de herramientas.....	53
Conclusiones.....	54
Lista de referencias.....	55
Anexos.....	58
Metodología.....	58
Objetivo.....	58
Requisitos.....	58
Practica 1: Diagrama de flujo del sistema.....	59
Práctica 2: Reconocimiento de Hardware.....	63
Práctica 3: Configuración de dispositivos.....	74
Práctica 4: Conexión Profibus DP online.....	84
Práctica 5: Runtime en el PC.....	100
Práctica 6: Funcionamiento del sistema.....	103
Enlace de Video funcionamiento de sistema SCADA.....	116



Lista de figuras

<i>Figura 1:</i> Sistema de control de procesos	12
<i>Figura 2:</i> Respuestas oscilatorias ante un cambio en el set-point	14
<i>Figura 3:</i> Sistema de lazo abierto	15
<i>Figura 5:</i> Control ON/OFF.....	16
<i>Figura 6:</i> Control ON/OFF con histéresis	16
<i>Figura 7:</i> Control proporcional	16
<i>Figura 8:</i> Control integral.....	17
<i>Figura 9:</i> Control proporcional – Integral (PI).....	18
<i>Figura 10:</i> Control proporcional – Derivativo (PD)	18
<i>Figura 11:</i> Control proporcional – Integral – Derivativo (PID).....	19
<i>Figura 12:</i> Pirámide de la Automatización	20
<i>Figura 13:</i> Estructura de un proceso de automatización	23
<i>Figura 14:</i> La familia SIMATIC S7	24
<i>Figura 15:</i> PLC S7-200 CPU 224	24
<i>Figura 16:</i> PLC S7-300 CPU 314C – 2DP.....	26
<i>Figura 17:</i> PLC S7-400	28
<i>Figura 18:</i> PLC S7-1200 CPU 1214C.....	29
<i>Figura 19:</i> PLC S7-1500 CPU 1518 – 4 PN/DP	30
<i>Figura 20:</i> Las tres áreas de memoria de la CPU.....	31
<i>Figura 21:</i> Estructura del PLC	32
<i>Figura 23:</i> Interfaces hombre-máquina.....	35
<i>Figura 24:</i> Totally Integrated Automation (TIA Portal)	36
<i>Figura 25:</i> Montaje del sistema de transporte	63
<i>Figura 26:</i> Montaje de la estación de procesamiento.....	65
<i>Figura 27:</i> Montaje de la estación de verificación.....	66
<i>Figura 28:</i> Montaje de la estación de almacenamiento.....	68
<i>Figura 29:</i> conectores de la Red Profibus DP	68
<i>Figura 30:</i> Conector X2 DP del PLC	69
<i>Figura 31:</i> Tarjeta Profibus DP 4	70
<i>Figura 32:</i> Tarjeta Profibus DP 5	71
<i>Figura 33:</i> Tarjeta Profibus DP 6.....	72
<i>Figura 34:</i> Tarjeta Profibus DP 7	73
<i>Figura 35:</i> PC adapter USB A2 entre el PLC y el PC.....	74
<i>Figura 36:</i> Carpeta de proyecto.....	75
<i>Figura 37:</i> TIA Portal vista del proyecto	75
<i>Figura 38:</i> TIA Portal configuración PLC	76
<i>Figura 38:</i> TIA Portal Red Profibus dispositivos.....	76
<i>Figura 39:</i> TIA Portal propiedades PLC	77
<i>Figura 40:</i> TIA Portal velocidad de transferencia Red Profibus.....	77
<i>Figura 41:</i> TIA Portal propiedades CPU 313 – 2DP.....	78
<i>Figura 42:</i> TIA Portal direcciones entradas y salidas PLC	78

<i>Figura 43:</i> TIA Portal direccionamiento estaciones dispositivos esclavos	79
<i>Figura 44:</i> Conexión PC adapter USB A2	80
<i>Figura 45:</i> Ajustar interfaz PG/PC	81
<i>Figura 46:</i> Propiedades para ajustar interfaz PG/PC.....	82
<i>Figura 47:</i> Diagnostico interfaz PG/PC	82
<i>Figura 48:</i> Leer Red interfaz PG/PC	83
<i>Figura 49:</i> Aceptar ajuste de interfaz PG/PC	83
<i>Figura 50:</i> TIA Portal establecer conexión online	84
<i>Figura 51:</i> TIA Portal cargar proyecto	85
<i>Figura 52:</i> TIA Portal conexión establecida	86
<i>Figura 53:</i> TIA Portal poner online OB1	86
<i>Figura 54:</i> TIA Portal poner online FC90 segmento 1	87
<i>Figura 55:</i> TIA Portal poner online FC90 segmento 2	88
<i>Figura 56:</i> TIA Portal poner online FC90 segmento 3	88
<i>Figura 57:</i> TIA Portal poner online FC90 segmento 4	89
<i>Figura 58:</i> TIA Portal poner online FC90 segmento 5	90
<i>Figura 59:</i> TIA Portal poner online FC90 segmento 6	90
<i>Figura 60:</i> TIA Portal poner online FC90 segmento 7	91
<i>Figura 60:</i> TIA Portal poner online FC90 segmento 8	91
<i>Figura 61:</i> TIA Portal poner online FC90 segmento 9	92
<i>Figura 62:</i> TIA Portal poner online FC90 segmento 10	92
<i>Figura 63:</i> TIA Portal poner online FC110 segmento 1	93
<i>Figura 64:</i> Estructura de programación	99
<i>Figura 65:</i> TIA Portal Estructura de WinCC Professional	100
<i>Figura 66:</i> TIA Portal conexiones WinCC RT Advanced y PLC	101
<i>Figura 67:</i> TIA Portal configuración hardware SCADA	101
<i>Figura 68:</i> Pantalla de inicio.....	102
<i>Figura 69:</i> Pantalla de ciclo secuencial	102
<i>Figura 69:</i> Pantalla modo automático.....	103
<i>Figura 70:</i> Pantalla modo manual.....	103
<i>Figura 71:</i> Primera condición de arranque	104
<i>Figura 72:</i> Segunda condición de arranque	104
<i>Figura 73:</i> Ciclo inicio FB100 segmento 3	105
<i>Figura 74:</i> Ciclo inicio FB100 segmento 4 permisivo	105
<i>Figura 75:</i> Ciclo inicio FB100 segmento 4 arranque banda.....	106
<i>Figura 76:</i> Ciclo inicio FB100 segmento 4 detener banda	106
<i>Figura 77:</i> Ciclo inicio FB100 segmento 5	107
<i>Figura 78:</i> Ciclo procesamiento FB200 segmento 7	107
<i>Figura 79:</i> Ciclo procesamiento FB200 segmento 9	108
<i>Figura 80:</i> Ciclo verificación FB300 segmento 6	108
<i>Figura 81:</i> Ciclo verificación FB300 segmento 7	109
<i>Figura 82:</i> Ciclo verificación FB300 segmento 12	109
<i>Figura 83:</i> Ciclo almacenamiento FB400 segmento 5	110

<i>Figura 83.</i> Ciclo almacenamiento FB400 segmento 6	110
<i>Figura 84.</i> Ciclo almacenamiento FB400 segmento 7	111
<i>Figura 85.</i> Ciclo almacenamiento FB400 segmento 13	111
<i>Figura 86.</i> Ciclo almacenamiento FB400 segmento 15	112
<i>Figura 87.</i> Ciclo almacenamiento FB400 segmento 16	112
<i>Figura 88.</i> Ciclo almacenamiento FB400 segmento 17	113
<i>Figura 88.</i> Ciclo almacenamiento FB400 segmento 18	113
<i>Figura 89.</i> Sistema SCADA ciclo automático de la celda de manufactura flexible	114
<i>Figura 90.</i> Modo automático FC90 segmento 10.....	115
<i>Figura 91.</i> Sistema SCADA estantes llenos.....	115
<i>Figura 92.</i> Pantalla de Alarmas	116
<i>Figura 93.</i> Pantalla de Histórico de Alarmas	116



Lista de tablas

Tabla 1. Entradas digitales estación MANDO Profibus DP4.....	94
Tabla 2. Entradas digitales estación PROCESAMIENTO Profibus DP5	94
Tabla 3. Entradas digitales estación VERIFICACIÓN Profibus DP6.....	95
Tabla 4. Entradas digitales estación ALMACENAMIENTO Profibus DP7	95
Tabla 5. Salidas digitales estación BANDA Profibus DP4	96
Tabla 6. Salidas digitales estación PROCESAMIENTO Profibus DP5	96
Tabla 7. Salidas digitales estación VERIFICACIÓN Profibus DP6	97
Tabla 8. Salidas digitales estación ALMACENAMIENTO Profibus DP7	97
Tabla 9. Marcas usadas en la memoria del PLC	98
Tabla 10. Temporizadores usados del PLC	99



Introducción

En la actualidad la mayoría de las empresas requieren la implementación de sistemas de automatización dentro de todos sus procesos permitiendo la optimización de tiempo y recursos, así como el mejoramiento en la calidad de los productos, lo que conlleva hacer de una compañía altamente competitiva por su eficiencia en sus procesos.

Por tal razón, la base de este trabajo se enfoca en el desarrollo de una secuencia lógica en un autómata que permite el monitoreo y control de la *celda de manufactura flexible* de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia de Palmira, con la cual se mostrará la forma adecuada de automatizar un proceso industrial secuencial a través del diseño de contenidos didácticos que buscan guiar al estudiante en todas las temáticas asociadas a los sistemas de automatización industrial

La creación e implementación de estos contenidos didácticos tiene como objetivo principal la apropiación de aspectos teóricos en automatización usando como apoyo la celda de manufactura flexible de la UNAD CEAD Palmira, lo que permite colocar estos conceptos en práctica a través de la demostración secuencial monitoreada del proceso con la implementación desarrollada.

La metodología desarrollada está basada en la descripción del funcionamiento a través de un diagrama de flujo, para luego hacer un reconocimiento y la configuración del hardware que se usará, seguidamente establecer la conexión online con los dispositivos y por último la implementación del sistema SCADA y el desarrollo de los algoritmos a usar en el autómata. Para luego obtener como resultado la *celda de manufactura flexible* de la UNAD CEAD Palmira automatizada en un ciclo secuencial acompañado de un sistema de monitoreo y vigilancia constante. Se aplica entonces una metodología de diseño específica implementada en la estructuración de los contenidos didácticos

Con el desarrollo de este trabajo de grado, además de hacer un aporte a la comunidad académica del CEAD Palmira, se pretende que los contenidos didácticos puedan servir de base para la implementación en otros centros regionales de la UNAD, donde cuentan también con la misma celda de manufactura en sus centros de práctica.

Capítulo 1. Antecedentes y Contexto

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Situación Problema

Para la formación en el componente práctico de los cursos de formación básica disciplinar se han implementado en los diferentes centros educativos a nivel nacional diversos laboratorios de automatización, los cuales son adquiridos a compañías que brindan apoyo educativos establecidos y estructurados para la práctica con este tipo de sistemas, siendo algunos costosos y de enfoque muy limitado.

En la actualidad y con los avances que hay en la materia, la industria cada vez se fortalece y utiliza más de estos sistemas automatizados en sus procesos, lo que hace urgente que la academia avance a la par de estas implementaciones. Por lo tanto, los laboratorios de automatización industrial se hacen cada vez más necesarios en la educación, los cuales se convierten en espacios de aprendizaje donde los estudiantes de ingeniería realizan las prácticas de automatización desarrollando la capacidad de análisis de movimiento y funcional, el diseño de control de los circuitos, la lógica de programación y el manejo de actuadores de control, logrando adquirir las suficientes competencias para enfrentar la automatización industrial.

Dentro de esta dinámica universitaria con enfoque práctico, la UNAD en el CEAD Palmira cuenta en su laboratorio con una *celda de manufactura flexible* con tecnología *SIEMENS*, la cual permite que los estudiantes de la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería observen como funciona y como se monitorean procesos de producción asociados a la industria. En la actualidad la celda no ejecuta los ciclos del proceso completo, solamente ejecuta ciclos individuales en algunas etapas, lo que impide a los estudiantes percibir un proceso de producción basado en automatización industrial de manera completa y cíclica durante la realización de la práctica de laboratorio.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, es preciso indagar: ¿cómo diseñar contenidos didácticos para la apropiación de conocimientos en automatización apoyados por la celda de manufactura flexible de la UNAD?

1.2. Justificación

En los últimos años la automatización industrial hace parte de las temáticas abordadas dentro de los cursos de profundización en educación superior, debido a la necesidad que demandan las compañías donde se requiere el monitoreo e implementación de procesos industriales. Sin embargo este crecimiento no ha sido sustancial, ya que se observa una decadencia de tecnología de automatización en demasiadas compañías y los ingenieros expertos en el tema se reducen a realizar implementaciones en automatización a una escala mínima, y todo esto es debido a la falta de preparación de los egresados en el manejo de esta temática, además de la falta de equipos sofisticados que permitan realizar prácticas enfocadas al manejo e implementación de los procesos donde se ve involucrada la automatización. A la problemática de la falta de preparación de los egresados en el tema de automatización, se suma los costos elevados que significan para la empresa la adquisición de los equipos de automatización, lo que hace necesario que los ingenieros apliquen sus conocimientos en pro de avanzar al desarrollar sistemas que suplan algunos procesos de la industria y puedan realizar con la adquisición de un solo equipo.

En respuesta a la necesidad de abordar este tipo de temáticas en la academia y aprovechando los recursos disponibles en los laboratorios de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia CEAD Palmira, se revisa la *celda de manufactura flexible* de la UNAD CEAD Palmira, la cual representa una excelente herramienta para la implementación de sistemas que permitan la comprensión y avance de los estudiantes en temas de automatización y manejo de equipos. Con este tipo de proyectos se logra capacitar al estudiante de la universidad en el manejo e implementación de software de altas prestaciones, con la ayuda de una herramienta que suministra múltiples soluciones en el momento de automatizar un proceso con tecnología de punta.

La automatización de la *celda de manufactura flexible* disponible en el laboratorio de la universidad mediante la implementación de un sistema SCADA de proceso completo efectuado en el autómata y en el computador que maneja la celda, permite la actualización y el mejoramiento de los ciclos de procesos industriales, obteniendo una herramienta de laboratorio didáctica y funcional orientada al refuerzo de las nociones teóricas obtenidas por los estudiantes durante los cinco últimos periodos de formación de los programas de la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería de la UNAD. Con este proyecto se busca el mejoramiento continuo y apropiación de conocimientos con el fundamento práctico obtenido con el uso de *celda de manufactura flexible*, lo que le permite al estudiante tener un enfoque en toda la temática de la automatización industrial al aplicarlo sobre un proceso de producción establecido, además de darle herramientas a los estudiantes para la búsqueda de soluciones óptimas en máquinas que requieran de este tipo de implementación, lo que permite incrementar la seguridad, la producción, la calidad, la flexibilidad por el fácil manejo y la interacción con tecnología, en la industria.

Sumado a esto el proyecto pretende realizar el desarrollo de contenidos didácticos para el manejo de la *celda de manufactura flexible*, la cual quedará dotada de un control lógico secuencial y un sistema SCADA, el cual permita interactuar y demostrar el funcionamiento de cada una de las etapas. El propósito de las guías principalmente es innovar y acercar a los estudiantes de ingeniería a una realidad en un nivel teórico/práctico, que le sirva como experiencia para adquirir competencias en los procesos de producción y de automatización industrial, tanto en la comprensión del proceso y en los pasos que se requieren para automatizar una maquina industrial.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- ✓ Diseñar un contenido didáctico para la apropiación de aspectos teóricos en automatización usando como apoyo la celda de manufactura flexible de la sede UNAD CEAD Palmira.

1.3.2. Objetivos Específicos

- ✓ Describir el funcionamiento de la celda de manufactura flexible y los fundamentos teóricos del proceso industrial, como también la importancia de la automatización en la industrial que intervienen en la celda de manufactura flexible de la UNAD.
- ✓ Implementar un control lógico secuencial y continuo en el Autómata (PLC), y un sistema SCADA que represente de forma gráfica el proceso completo de la celda de manufactura flexible.
- ✓ Crear los contenidos didácticos de cada una de las estaciones, y del ciclo secuencial de toda la celda de manufactura flexible de la UNAD CEAD Palmira.

Capítulo 2. Revisión de la Literatura

2.1. Marco contextual

2.1.1. Desarrollo e interacción de un laboratorio virtual asistido y controlado por PLC

Producto derivado del proyecto de investigación INO 1638 "Laboratorio virtual aplicado al control de procesos industriales". Presentado por el Grupo de Investigación Grupo de Aplicaciones Virtuales GAV, de la Universidad Militar Nueva Granada.

Hoy en día el elemento básico en la industria es el PLC, cuya función principal es controlar los sistemas y procesos presentes en la industria. El uso de laboratorios virtuales en fases preliminares al completo montaje de las líneas de producción resulta muy útil para ahorrar dinero y tiempo. Se presenta la ventaja de poder tener los controladores y la lógica secuencial ya funcionando en su gran mayoría, antes de tener el sistema completamente listo. Éste artículo presenta un desarrollo e implementación de un ambiente virtual de una banda transportadora en una cervecería. A través del protocolo OSC, el laboratorio virtual y el PLC, puede comunicarse y lograr una emulación del sistema real en un ambiente virtual, donde el PLC ha sido programado como se haría para una industria. (Cáceres y Amaya, 2016, p.9-15)

2.1.2. Diseño e implementación de un sistema de dosificación y transporte para la celda flexible de manufactura a nivel didáctico de la Fundación Universidad América

La automatización tiene como objetivo mejorar procesos industriales, de manera que evita la interacción humana para ciertos trabajos, por lo que es importante la formación en esta área, mediante la fabricación e implementación de este equipo ayudara a los futuros ingenieros a tener un acercamiento con los procesos de manufactura más comunes en la industria, es por eso la importancia de la implementación de los nuevos sistemas de dosificación y transporte para permitir la completa funcionalidad de este equipo y así beneficiar a toda la comunidad estudiantil de la fundación universidad américa.

El presente artículo trata sobre el diseño e implementación de los subsistemas de dosificación de producto y transporte, de la celda flexible de manufactura a nivel didáctico de la universidad América, para realizar prácticas de laboratorio inicialmente para el programa de ingeniería industrial en las asignaturas afines donde el principal objetivo es aumentar la capacidad del sistema de dosificación de tal modo que pueda dosificar al menos 36 envases en un solo ciclo, además de

tener la capacidad de dosificar tres tipos de pellets con diferentes propiedades físicas en este caso lo es el color, por otro lado el objetivo a cumplir con el subsistema de transporte es reemplazar el anterior sistemas con un cilindro sin vástago de tal modo que la velocidad de todo el ciclo de tal modo que un ciclo completo con cada envases en un máximo de 3 minutos, garantizando que la prácticas se puedan llevar con normalidad y en el tiempo establecido. (Pantoja y Castro, 2015)

2.1.3. Desarrollo de un laboratorio de sistemas y comunicaciones industriales para la mejora del proceso enseñanza/aprendizaje

Este trabajo muestra un procedimiento para la creación de un moderno laboratorio de sistemas y comunicaciones industriales con la finalidad de mejorar el proceso enseñanza/aprendizaje. Se describe la actualización tecnológica que se le realiza a una planta piloto industrial equipada con instrumentación convencional. La modernización permite dotar a la planta con instrumentos inteligentes y herramientas tecnológicas para la enseñanza de conceptos tales como buses de campo, OPC, SCADA, control/supervisión a través de la web, comunicación inalámbrica (Bluetooth®), etc. El laboratorio desarrollado constituye un completo centro de enseñanza/adiestramiento en el área de sistemas y comunicaciones industriales. El mismo puede ser utilizado por los estudiantes de la Universidad y para el entrenamiento de profesionales.

El ambiente operativo de la industria manufacturera y de procesos ha cambiado notablemente en los últimos años. Gracias a los avances de la tecnología y de la programación, los sistemas de control y de comunicaciones industriales se han vuelto más complejos y eficientes, y se han convertido en un factor determinante para el aumento de la productividad y la competitividad de las empresas.

Conscientes de la importancia de incluir estos temas en la formación profesional de los estudiantes de la Universidad Simón Bolívar (USB), se desarrolló un laboratorio de sistemas y comunicaciones industriales dotado de equipos y aplicaciones necesarias para convertirlo en un laboratorio con herramientas tecnológicas tales como: fieldbus foundation (FF) (2009), OLE para control de procesos (OPC), controlador automático programable (PAC), sistema de control supervisorio y adquisición de datos (SCADA), control/supervisión a través de la Web, comunicación inalámbrica (Bluetooth®), etc. De esta manera se ha obtenido como resultado, una avanzada plataforma de enseñanza en el área de sistemas y comunicaciones industriales. (Granado y Pérez, 2010, p.33-42).

2.1.4. Sistema SCADA y el Autómata

Realizar una implementación de un sistema *SCADA* a una planta de producción ya existente, como lo es la *celda de manufactura flexible de la UNAD* a escala, requiere conocer todo el proceso de producción para transmitirlo a un sistema *SCADA* (por las siglas en inglés de *Supervisory Control And Data Adquisición*) como un aspecto fundamental de la automatización de los procesos de manufactura, en la industria actual. Cuando hablamos de implementar un sistema *SCADA* en una planta de producción, nos estamos refiriendo a realizar una automatización, y la automatización es un sistema encargado de transferir tareas de producción realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales; la primera se refiere a la parte Operativa, que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina funcione y realice las operaciones deseadas de acuerdo al proceso. Los elementos que forman la parte operativa son; los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores, válvulas y los captadores como los fotodiodos, finales de carrera, encoders, sensores inductivos, capacitivos, magnéticos, celdas de carga. La segunda parte se refiere al Mando, la cual está conformada por un autómata programable (*PLC*).

En un sistema de fabricación automatizado el autómata programable es el centro del sistema. Este es capaz de comunicarse con todos los elementos de la parte operativa del sistema automatizado, logrando así tomar decisiones de acuerdo a la información obtenida por los captadores para realizar acciones de acuerdo a su lógica.

Los objetivos de la automatización es mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de la producción y mejorando la calidad de la misma, haciendo de este un sistema más óptimo, mejorando las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo elementos innecesarios, centralizando un mando de monitoreo más amigable e incrementando la seguridad, realizando operaciones repetidas de forma automática, haciendo más fácil las operaciones y su entendimiento, simplificando el mantenimiento de forma que el operario no requiera de grandes conocimientos para la manipulación de los procesos productivos, haciendo de la operación un sistema más preciso, integrando la gestión y la producción.

En la automatización de una planta de procesos se deben conocer ciertos aspectos tecnológicos muy importantes como son; el controlador (*PLC*), quien controla todas las operaciones y es el cerebro de la máquina, también se debe conocer quién es la interfaz maquina hombre (*HMI*); este sistema de monitoreo, es quien reemplaza los botones y además ilustra el proceso de producción para que sea más amigable con el operador.

Un aspecto muy interesante a definir es tener claro el concepto de *HMI* (*interfaz hombre-máquina*) y *SCADA* (*Supervisory Control and Data Acquisition*). *HMI* es simplemente la manera en que los humanos interactúan con las máquinas de forma gráfica y un sistema *SCADA* es un sistema de automatización o sistema de control industrial que contiene adquisición de datos del proceso y además en el que podemos supervisar el comportamiento del proceso por medio de una interfaz gráfica. *HMI* y *SCADA* están relacionados entre sí en la medida en que una o varios *HMI*'s son subconjuntos o componentes de un sistema *SCADA*; es decir que varias *HMI* componen lo que es un sistema *SCADA*.

La definición del autómatas o el *PLC* es un dispositivo electrónico programable, diseñado con el objetivo de controlar en ambientes industriales en tiempo real procesos secuenciales que me permitan controlar variables de salida, dependientes de unas condiciones recolectadas por las variables de entrada, cuyo proceso depende de una algoritmia establecida en la *CPU* del *PLC*, en donde se encuentra toda la lógica programada.

Es importante definir lo que es tiempo real dentro del contexto de la automatización. Cuando hablamos de tiempo real o también conocido como determinismo, nos referimos a la duración de la actuación de los dispositivos que determinan el funcionamiento de la máquina que está siendo controlada por el autómatas, de tal forma que, si no se cumplen ciertas condiciones en determinado tiempo de ciclo, el autómatas está en la capacidad de tomar la decisión de parar el proceso de ser necesario. Este tiempo real está determinado o sujeto a unas condiciones establecidas en la lógica programada en el autómatas, capaz de tomar decisiones en tiempo real o determinista de acuerdo a unas condiciones definidas.

Ahora hablemos un poco del ambiente industrial. En los ambientes industriales encontramos mucho ruido hacia los dispositivos electrónicos, por tal razón los autómatas deben cumplir con las especificaciones técnicas que se requieran para soportar estos ambientes. Además de esto los autómatas deben ser muy robustos en su construcción electrónica, capaces de soportar ruidos eléctricos; como picos, también soportar temperaturas altas. Ya que si se coloca un procesador normal en una temperatura alta se dañaría. Los autómatas se construyen con robustez, con el objetivo que soporten los ambientes industriales como cambios bruscos de temperatura, vibraciones, entre otras. Cabe aclarar que las recomendaciones de instalaciones de estos equipos deben de ser en óptimas condiciones en ambientes refrigerados con un buen apantallamiento, libre de vibraciones de ser necesario, de igual forma el autómatas está en la capacidad de soportar el ambiente industrial.

Debemos conocer un poco el ámbito secuencial. En los años 70 la lógica secuencial se hacía de forma cableada, después de los años 70 se inició a reemplazar la lógica cableada por lógica programada en los primeros *PLC*'s existentes, esto se va haciendo con el transcurso del tiempo, ya

que este cambio es muy significativo en la historia de la automatización. Destaquemos los conceptos de lo que es lógica cableada y la lógica programa, para así entender de mejor forma este marco teórico.

La lógica cableada consiste en el diseño de automatismos mediante la utilización de circuitos cableados, utilizando para ello; contactos auxiliares de relés electromecánicos, contactores de potencia, relés temporizados, relés contadores, válvulas óleo-hidráulicas y neumáticas, así como demás elementos según las necesidades demandadas por el cliente. Los circuitos cableados incluyen funciones de mando y control, de señalización, de protección y de potencia. Sin olvidar la correspondiente protección de la instalación mediante sus correspondientes elementos de protección, magnetotérmicos, guardamotores, variadores de frecuencia, fuentes de potencia y diferenciales. Cualquier cambio en la programación de la instalación, pasará por modificar el cableado y los elementos de forma que cumplan las nuevas funciones de mando, protección y potencia. Los automatismos de lógica cableada se suelen emplear en instalaciones pequeñas y en lugares críticos donde la seguridad de personas y máquinas no puede depender de la lógica programada. Aunque hay que señalar que hoy en día, se ha avanzado mucho en este terreno de la seguridad y existen detectores y autómatas programables especialmente diseñados para controlar la seguridad de las personas.

La lógica programada sustituye los elementos utilizados en los circuitos de mando (contactos auxiliares de relés electromecánicos, contactores de potencia, relés temporizados, relés contadores, etc.) por PLC's, Autómatas Programables. Esto nos permite realizar cambios en las operaciones de mando, mediante el cambio de la programación, y por ello no tener que modificar el cableado. Aunque los fundamentos de la programación de la lógica programada son similares, cada fabricante utiliza una nomenclatura y un software específico para ello. Según la norma IEC, nos podremos encontrar con los lenguajes KOP (conocido como lenguaje de contactos o escalera), FUP (conocido como lenguaje de puertas lógicas) y AWL (conocido como lenguaje en modo texto o instrucciones).

En pocas palabras lo que se hace con la lógica programada es incorporar toda la lógica cableada en un solo dispositivo electrónico programable, con la facilidad de modificar el control en el programa de forma muy rápida sin necesidad de modificar cables o dispositivos eléctricos o electrónicos como se hace en la lógica cableada.

Hay dos formas de automatizar. De forma cableada o de forma programada. Automatizar de forma cableada es muy complejo, esto contiene; modificación de planos, agregar cables y dispositivos eléctricos o electrónicos de control como relés, temporizadores, entre otros, mientras que los PLC's contiene en su memoria interna relés conocidas como marcas, temporizadores, contadores,

relés biestables, entre otros. Lo que hace más fácil la modificación, no requiere usar cableado, ni dispositivos eléctricos o electrónicos adicionales para hacer la lógica, ya que esta se realiza internamente en el PLC, reduciendo el hardware al realizar la implementación requerida.

La Lógica Secuencial es el método de ordenamiento de acciones, razonamiento y expresión de la automatización de maquinaria, equipos y procesos que bien puede ser de forma cableada o programada.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Guías didácticas

Las guías didácticas en la educación superior adquieren cada vez mayor significación y funcionalidad; son un recurso del aprendizaje que optimiza el desarrollo del proceso enseñanza aprendizaje por su pertinencia al permitir la autonomía e independencia cognoscitiva del estudiante. (García y de la Cruz, 2014, p.162-175)

Uno de los retos fundamentales de la educación superior en general y de la educación en particular es asumir la flexibilidad en las estrategias de aprendizaje, los nuevos tiempos exigen de las instituciones de educación superior una voluntad hacia la reforma de sus estructuras y métodos de trabajo, por ello la formación de recursos humanos debe ser contextualizada, lo que determina un cambio en los planes de formación basados no solo en la transformación de los escenarios docentes, sino también en sus objetivos, formas organizativas docentes, métodos y recursos del aprendizaje, como componentes fundamentales del proceso enseñanza aprendizaje. (García y de la Cruz, 2014, p.162-175)

Las guías didácticas surgieron, fundamentalmente, para dar cobertura a la educación a distancia. Algunas universidades y escuelas en el mundo, sobre todo de Norteamérica, desarrollaron estas técnicas con el propósito de formar profesionales y técnicos de forma no presencial. Generalmente estas guías se asocian a la educación a distancia o la modalidad semipresencial, lo cual constituye un error, ya que una educación presencial, que abogue por la autonomía del aprendizaje, requiere también necesariamente que los profesores elaboren guías que les permitan no solo orientar, sino también contribuir a la organización del trabajo del estudiante y el suyo propio. (García y de la Cruz, 2014, p.162-175)

2.2.2. Procesos Industriales

En primera instancia debemos de tener claro el concepto de lo que es un proceso industrial. Un proceso industrial es el conjunto de operaciones unitarias que se necesita para transformar o convertir la materia prima en un determinado producto, con características específicas.

Para poder obtener un determinado producto después de pasar por un proceso de fabricación o proceso industrial, requiere de múltiples operaciones secuenciales e individuales. Ya que, para poder convertir la materia prima en un producto determinado, debe pasar por ciertas etapas independientes que vayan dándole forma a este producto, a lo cual podemos denominar como proceso. En pocas palabras podemos definir proceso como; el conjunto de operaciones para la obtención de un producto. Y el concepto industrial, como la maximización de la producción, es decir; producir determinado producto en grandes cantidades.

Una vez entendemos el término de proceso industrial, nos abarcamos dentro del contexto de la automatización y decimos que numerosos procesos industriales, consisten en la realización de una serie de actividades u operaciones, de forma iterativa y siguiendo una secuencia determinada. Secuencias que abarca el área de la automatización. Ya que desde un controlador lógico programable (PLC), quien es el cerebro de la automatización, puede guardar todos estos procesos secuenciales de operación, que se requieren en un proceso industrial y así controlarlos de forma repetitiva y dinámica, para lograr una producción de alto rendimiento según lo exigencia el producto.

La automatización de un proceso industrial es usada por los siguientes aspectos:

- ✓ Mejoramiento de la calidad del producto.
- ✓ Producción en mayor cantidad del producto.
- ✓ Hacer etapas del proceso más automáticas, sin depender del factor humano.
- ✓ Monitorear el proceso en cada etapa de producción.
- ✓ Controlar más el proceso.
- ✓ Mejorar la seguridad en el proceso.
- ✓ Ser más competitivos en el mercado.

Por tal razón, las empresas deben estar en un constante automatismo de sus maquinarias, para estar a la vanguardia con la producción y sus productos. La automatización de procesos industriales constituye uno de los objetivos más relevantes para las compañías en la incesante tarea de la búsqueda de la competitividad en un entorno cambiante y muy agresivo.

2.2.3. Control de procesos industriales

Un control de proceso industrial requiere de controlar variables, tales como; presión, temperatura, velocidad, posición, entre otras. El control de determinadas variables debe proporcionar a la salida del proceso el valor deseado o la respuesta deseada.

Como ya sabemos que es un proceso industrial, del cual hablamos anteriormente. Que consiste en un conjunto de elementos que actúan coordinadamente para realizar una operación y toda operación conduce a un determinado resultado, el cual es conseguido con el uso de un determinado control, quien será el que gobierne el resultado final de mi proceso.

Un sistema de control se puede describir con un diagrama de bloques, como se ilustra a continuación.

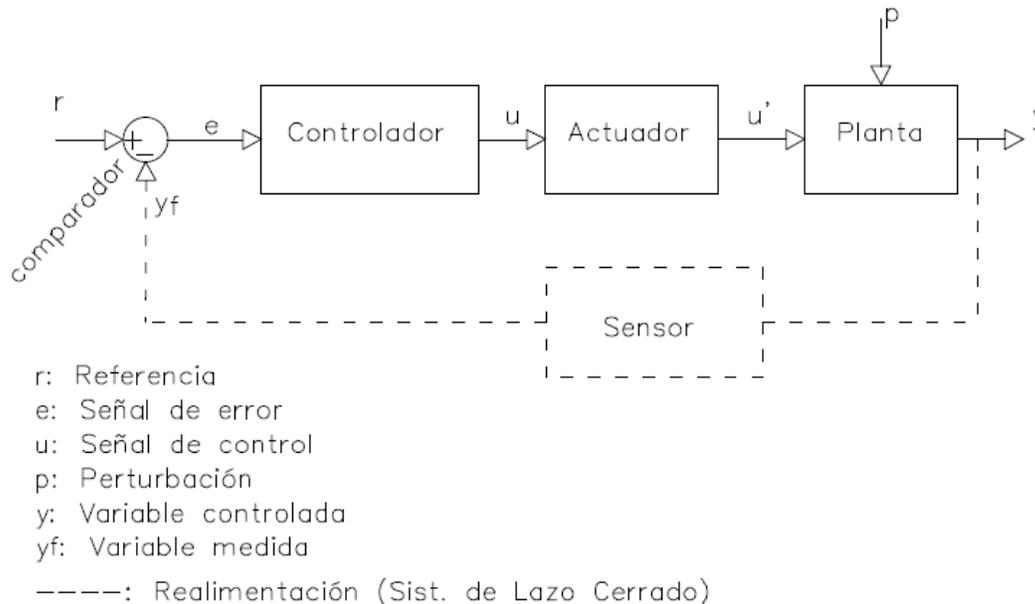


Figura 1: Sistema de control de procesos

(G. CENDOYA, N. BERMÚDEZ, F. FARIAS, & C. ROQUEZ, 2012)

Controlador: es el sistema electrónico que genera la variable eléctrica u adecuada para obtener el valor necesario de la acción de control u' , a partir de la comparación entre la señal de referencia r (set-point), y la señal medida yf (sensor).

Actuador: es el dispositivo usado para controlar la planta, convierte la señal eléctrica u en una señal física u' que actúa directamente sobre la planta.

Planta: es el sistema físico que se desea controlar. La variable a controlar es y , que pueden ser una o varias, mientras que la acción de control ejercida con tal fin es; u' . Un ejemplo de planta puede ser: un motor, un sistema de calefacción, etc.

Sensor/transductor: es el elemento que mide las variables físicas y genera una señal eléctrica proporcional; por ejemplo, puede ser de tensión o de corriente, para poder compararla con el set–point del sistema. Es el bloque inverso al actuador, transforma una variable física medida en la planta en una señal eléctrica. Un ejemplo es el tacómetro que se puede utilizar como transductor en motores, mide la velocidad y la traduce a valores de tensión, también está el encoder incremental, que se usa como transductor en motores y traduce el valor a un tren de pulsos.

Comparador: es el bloque que realiza la comparación entre la referencia r (set–point) y la señal medida por el sensor y_f . El resultado de dicha comparación (diferencia entre set–point y señal medida por el sensor) conocida como el error e , sobre el cual se determina la acción de control.

Perturbaciones (P): Existen además perturbaciones P que actúan sobre la planta, modificando la variable controlada. Un ejemplo de perturbación es la variación de la temperatura ambiente, en procesos que requieren control de temperatura. En general es deseable que el control mantenga las variables a controlar más allá de las perturbaciones, “rechazando las perturbaciones externas”. Esta propiedad de “rechazo de perturbaciones” es característica de los sistemas de control de lazo cerrado.

2.2.3.1. Características de un sistema de control

El desempeño de un sistema de control está relacionado con la respuesta en el tiempo del mismo. Es un factor importante cuando se analiza un sistema de control que utiliza realimentación. Un sistema de control es estable en sentido “entrada acotada–salida acotada”, si logra que la variable controlada sea acotada para cualquier referencia acotada. Si el sistema no fuera estable, la variable controlada podría “dispararse” y llegar a valores muy lejanos a los deseados.

En general se pueden observar distintos comportamientos de la variable controlada en función del tiempo:

- ✓ Apartamiento creciente del valor deseado, con o sin oscilación (INESTABLE).
- ✓ Oscilación permanece alrededor del valor de referencia (CRÍTICAMENTE ESTABLE).
- ✓ Aproximación asintótica al valor deseado, con o sin oscilación (ESTABLE).

En las figuras siguientes se ilustran distintos comportamientos de la variable controlada ante un cambio del valor de referencia.

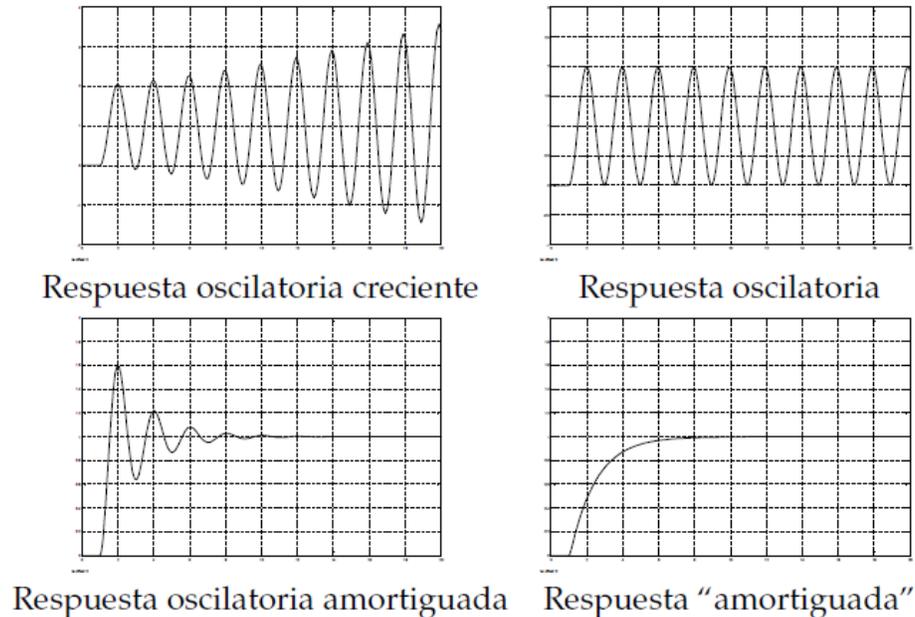


Figura 2: Respuestas oscilatorias ante un cambio en el set-point

(G. CENDOYA, N. BERMÚDEZ, F. FARIAS, & C. ROQUEZ, 2012)

Como observamos en la figura 2 una respuesta oscilatoria creciente nos declara un sistema totalmente inestable. Una respuesta oscilatoria para nuestro sistema nos indica inestabilidad. Para una respuesta oscilatoria amortiguada, subamortiguada o sobreamortiguada, tenemos un sistema estable. Y por último para una respuesta con oscilaciones permanentes alrededor del valor de referencia deseado tendremos un sistema críticamente estable.

Por tal razón, cuando nuestro sistema es inestable ante una entrada de cualquier tipo debemos de hacer uso de un controlador, para darle la estabilidad a un determinado sistema de proceso de producción.

2.2.3.2. Tipos de control

Los sistemas de control de procesos se pueden clasificar en dos tipos: control de lazo abierto, y control de lazo cerrado.

Control de lazo abierto: son sistemas de control en los cuales la salida no afecta la señal de control, y es utilizado si se conoce la relación entre la entrada y la salida, y además si no existen perturbaciones internas ni externas, es decir; que la entrada de referencia le corresponde una

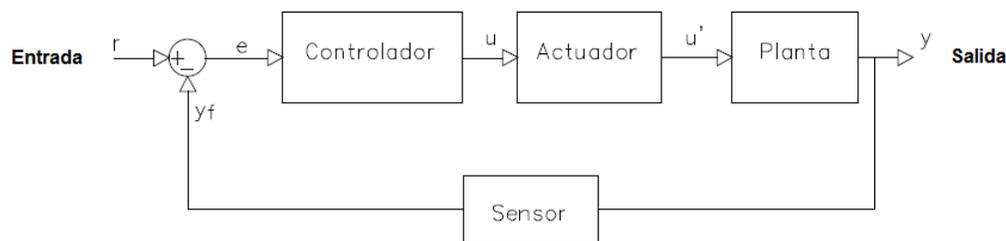
condición operativa fija, ya que las perturbaciones y los cambios en la planta pueden generar grandes desviaciones del valor de salida esperado, provocando un error de inestabilidad en el sistema, ya que el control no está en la capacidad de corregirlo.



Figura 3: Sistema de lazo abierto

(G. CENDOYA, N. BERMÚDEZ, F. FARIAS, & C. ROQUEZ, 2012)

Control de lazo cerrado: son sistemas de control en los cuales la salida afecta la señal de control por la retroalimentación del sistema, ya que en estos sistemas se mide la variable controlada, la cual es comparada con el valor de referencia y en base a esto, se obtiene un error, el cual es corregido para entregar a la salida una respuesta lo más posible cercana al valor de entrada o de referencia del sistema. Este tipo de control está en la capacidad de corregir el error acercándolo a cero así existan perturbaciones, ya que es un control retroalimentado que constantemente tiene la posibilidad de medir el resultado que obtiene a la salida para mantenerlo en el valor deseado.



r: Referencia
 e: Señal de error
 u: Señal de control
 y: Variable controlada
 yf: Variable medida

Figura 4: Sistema de lazo cerrado

(G. CENDOYA, N. BERMÚDEZ, F. FARIAS, & C. ROQUEZ, 2012)

2.2.3.3. Acciones de control: controladores

Un sistema de control está formado por la planta, el sensor/transductor, el actuador y por un controlador. los controladores más usados en los distintos procesos.

- ✓ Control ON/OFF
- ✓ Control ON/OFF con Histéresis
- ✓ Control Proporcional
- ✓ Control Integral
- ✓ Control derivativo

Control ON/OFF: Controlador con dos niveles de salida para controlar la planta, los dos niveles son ON y OFF (encendido y apagado).

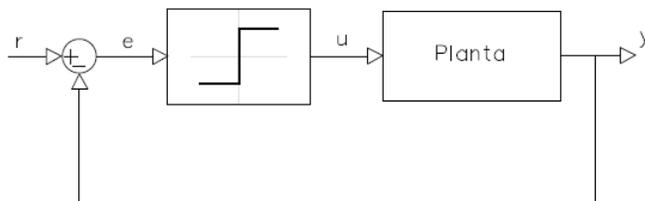


Figura 5: Control ON/OFF

(G. CENDOYA, N. BERMÚDEZ, F. FARIAS, & C. ROQUEZ, 2012)

Control ON/OFF con Histéresis: Un control ON/OFF puede ciclar entre encendido y apagado a una frecuencia muy alta. Para compensar este problema, se usa control con histéresis, que es un control ON/OFF para el cual se setean dos límites distintos. El límite más bajo enciende el controlador y el límite superior lo apaga. La histéresis le proporciona al sistema un tiempo adicional antes de que la salida del controlador conmute.

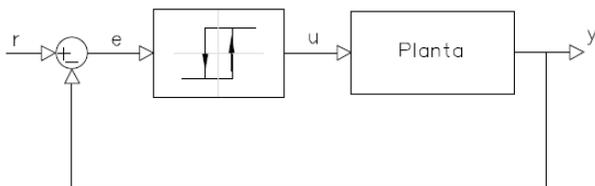


Figura 6: Control ON/OFF con histéresis

(G. CENDOYA, N. BERMÚDEZ, F. FARIAS, & C. ROQUEZ, 2012)

Control Proporcional: la salida de un controlador proporcional es el resultado del producto entre la señal de error y la ganancia proporcional.

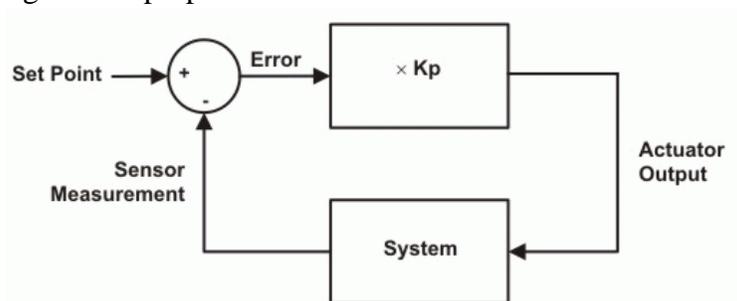


Figura 7: Control proporcional

(G. CENDOYA, N. BERMÚDEZ, F. FARIAS, & C. ROQUEZ, 2012)

Matemáticamente se puede escribir como;

$$u(t) = K_p e(t)$$

$e(t)$ = Error de la señal

$u(t)$ = Entrada de control de proceso

K_p = Ganancia proporcional

Control Integral: la señal de control es proporcional a la integral en el tiempo de la señal actuante en el error. El control integral se adelanta al proceso.

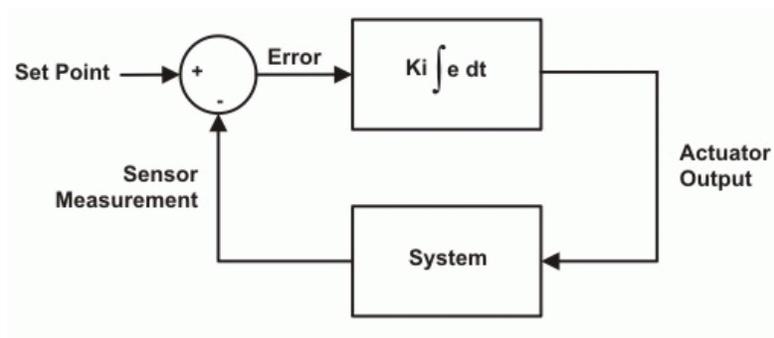


Figura 8: Control integral

(G. CENDOYA, N. BERMÚDEZ, F. FARIAS, & C. ROQUEZ, 2012)

Matemáticamente se puede escribir como;

$$u(t) = K_I \int_0^t e(t) \partial t$$

$e(t)$ = Error de la señal

$u(t)$ = Entrada de control de proceso

K_I = Ganancia del controlador integral

Control derivativo: La señal de la salida de control para un bloque de control derivativo es proporcional a la tasa de cambio de la señal de error. Los controladores derivativos no se utilizan solos, únicamente se usan combinados. Los controles derivativos se anticipan al proceso. Matemáticamente se puede escribir como;

$$u(t) = K_D \frac{\partial e(t)}{\partial t}$$

Acciones de control combinadas: PID

Este controlador combina tres métodos de control, los cuales son: las acciones proporcionales, integrales y derivativas. Es muy usado para obtener el control deseado de un proceso y también es un controlador muy robusto, con un rápido tiempo de respuesta a la estabilidad del sistema a controlar. El valor Proporcional es el producto entre la constante proporcional y error actual, el valor Integral es el producto entre la constante integral (*división entra la constante proporcional y el tiempo integral*) y la integral del error y el valor Derivativo es el producto entre la constante derivativa (*multiplicación entra la constante proporcional y el tiempo derivativo*) y la derivada del error, anticipándose a los comportamientos futuros del error.

Control proporcional – integral (PI)

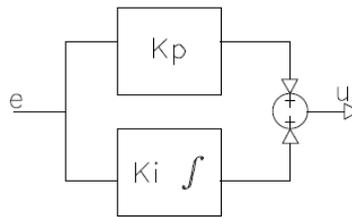


Figura 9: Control proporcional – Integral (PI)

(G. CENDOYA, N. BERMÚDEZ, F. FARIAS, & C. ROQUEZ, 2012)

Matemáticamente se puede escribir como;

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) \partial t$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i}$$

Control proporcional – derivativo (PD)

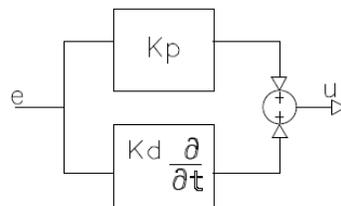


Figura 10: Control proporcional – Derivativo (PD)

(G. CENDOYA, N. BERMÚDEZ, F. FARIAS, & C. ROQUEZ, 2012)

Matemáticamente se puede escribir como;

$$u(t) = K_p e(t) + K_d \frac{\partial e(t)}{\partial t}$$

$$K_d = \frac{K_p}{T_i}$$

Control proporcional – integral – derivativo (PID)

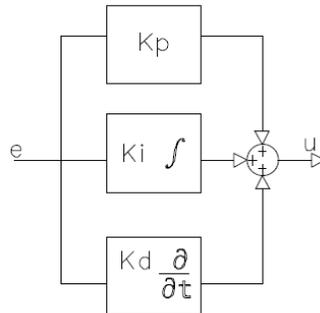


Figura 11: Control proporcional – Integral – Derivativo (PID)

(G. CENDOYA, N. BERMÚDEZ, F. FARIAS, & C. ROQUEZ, 2012)

Matemáticamente se puede escribir como;

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) \partial t + K_p T_d \frac{\partial e(t)}{\partial t}$$

$e(t)$ = Error de la señal

$u(t)$ = Entrada de control de proceso

K_p = ganancia proporcional

T_i = constante de tiempo integral

T_d = constante de tiempo derivativa

2.2.4. Automatización de procesos industriales

La automatización de un proceso industrial consiste en transferir múltiples tareas de producción, las cuales son ejecutadas por el operador a un conjunto de dispositivos y elementos tecnológicos, buscando así la mayor optimización del recurso usado y el producto que se obtiene como resultado del proceso ejecutado.

2.2.5. Pirámide de la Automatización

La pirámide de la automatización está dividida en 5 importantes niveles:

- ✓ Nivel campo E/S actuadores y sensores, Periferia descentralizada.
- ✓ Nivel de control y proceso PLC's, Automatas.
- ✓ Nivel de operación y supervisión HMI, SCADA.
- ✓ Nivel planificación MES, Sistema de ejecución de fabricación, producción.
- ✓ Nivel ERP, Planificación de recursos empresariales, gestión gerencia.

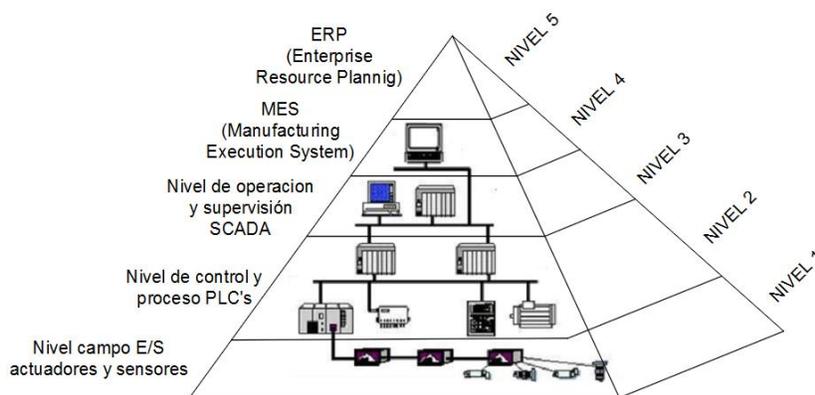


Figura 12: Pirámide de la Automatización

2.2.5.1. Nivel 1

Este nivel es el más bajo de todos, es el nivel de campo en donde se comprenden los sensores y actuadores. Los sensores o captadores (medición y conteo) se encargan de llevar la información al siguiente nivel para que sea procesado y los actuadores (motores, electroválvulas, servos) son activados en respuesta al proceso realizado por el automático en el siguiente nivel. Este nivel comprende sensores, actuadores e interfaces esclavas con comunicación (periferia descentralizada).

2.2.5.2. Nivel 2

Este es el nivel de control y proceso, encargado de recibir toda la información de los sensores para procesarlos según su lógica programada y obtener una respuesta que se aplicara en los diversos actuadores del sistema. Este nivel comprende a los autómatas PLC, los cuales son capaces de tomar decisiones bajo un algoritmo en su estructura.

2.2.5.3. Nivel 3

Este es el nivel de operación y supervisión, en el cual encontraremos la interfaz Máquina-Hombre (HMI), los sistemas SCADA, también tenemos los PLC's de alto nivel. En este nivel el operador

tendrá acceso al listado de alarmas de la máquina, también podrá ver el proceso de producción, y ajustar los valores de referencia según lo demande el producto. El operador tendrá acceso a la máquina y visualizará constantemente el comportamiento de la misma.

2.2.5.4. Nivel 4

En este nivel encontraremos dos sistemas principales, los *Historizadores* y Sistemas *MES* (Manufacturing Execution System). Los *Historizadores* son los encargados de almacenar la información de proceso o de infraestructuras, según sea el caso. Están basados en motores de Bases de Datos, y aunque se apoyan sobre productos comerciales, están específicamente diseñadas para este propósito. Por otro lado, las soluciones *MES* son sistemas que permiten gestionar el entorno industrial o manufacturero, dentro del flujo de fabricación de un producto determinado. Entre sus funcionalidades destacan la trazabilidad del producto, análisis de rendimiento, recursos empleados, gestión de calidad y procesos, asignación de órdenes de fabricación, entre otras. Este nivel es de planeación; es el encargado en el seguimiento del producto, gestión del stock y la ejecución de la producción.

2.2.5.5. Nivel 5

Último nivel de todos. Aquí ubicamos los sistemas *ERP* (Enterprise Resource Planning) o *BI* (Business Intelligence). Éstos gestionan de forma global la producción dentro de una empresa, además de otros aspectos como la distribución, logística, inventario, facturación, etc. Son sistemas modulares y especializados en función de la tarea a realizar, permitiendo la resolución de problemas vinculados a la fabricación y departamentos afines. Constituye un apoyo a la toma de decisiones para la actividad ya que aglutina muchas y distintas fuentes de información sirviendo de apoyo para la toma de decisiones que permitan mantener y mejorar la unidad de negocio. Partiendo de esta idea surge el concepto de *Business Intelligence Industrial*. En este caso los orígenes de la información son sistemas tipo SCADA, HMI, Historian, DCS, permitiendo además una integración con los sistemas ERP o BI. Una vez que la información es recolectada, contextualizada y almacenada, es analizada a partir de su representación mediante informes o cuadros de mando, de una forma intuitiva y casi siempre gráfica.

2.2.6. Fases de un proyecto de Automatización

- ✓ Planteamiento del problema
- ✓ Justificación
- ✓ Alcance del Proyecto
- ✓ Recolección de datos o información
- ✓ Boceto o Layout

- ✓ Lista de materiales para el autómata
- ✓ Cotización u oferta
- ✓ Diseño y Graficet
- ✓ Desarrollo algoritmo para el autómata y sistema de monitoreo
- ✓ Programación del autómata
- ✓ Programación del sistema de monitoreo
- ✓ Protocolo de pruebas
- ✓ Puesta en servicio
- ✓ Capacitación y entrega de documentación

2.2.7. Aplicaciones de la Automatización

Como hemos venido mencionando anterior en este documento la automatización es un proceso que consiste en transferir múltiples tareas que realizan los seres humanos, las cuales serán ejecutadas por un conjunto de dispositivos y elementos tecnológicos de un autómata (PLC), que lo que busca es una mayor optimización del recurso y que además el producto que se obtenga conserve o mejore sus índices de calidad de producción. Las aplicaciones de la automatización en el contexto industrial abarcan una gran cantidad de áreas, aquí mencionaremos algunas de las áreas en la cuales podemos aplicar la automatización.

- ✓ Industria textil
- ✓ Industria papelera
- ✓ Industria de alimentos
- ✓ Industria automotriz
- ✓ Industrial agrícola
- ✓ Industria portuaria
- ✓ Robótica
- ✓ Invernaderos
- ✓ Aviación

Se puede afirmar claramente, que cuando una compañía invierte en automatización de sus sistemas de producción, esta crece gradualmente obteniendo ventajas y beneficios de orden económico, social y tecnológico, lo cual permite el desarrollo sostenible y un crecimiento de un mercado cada vez más competitivo.

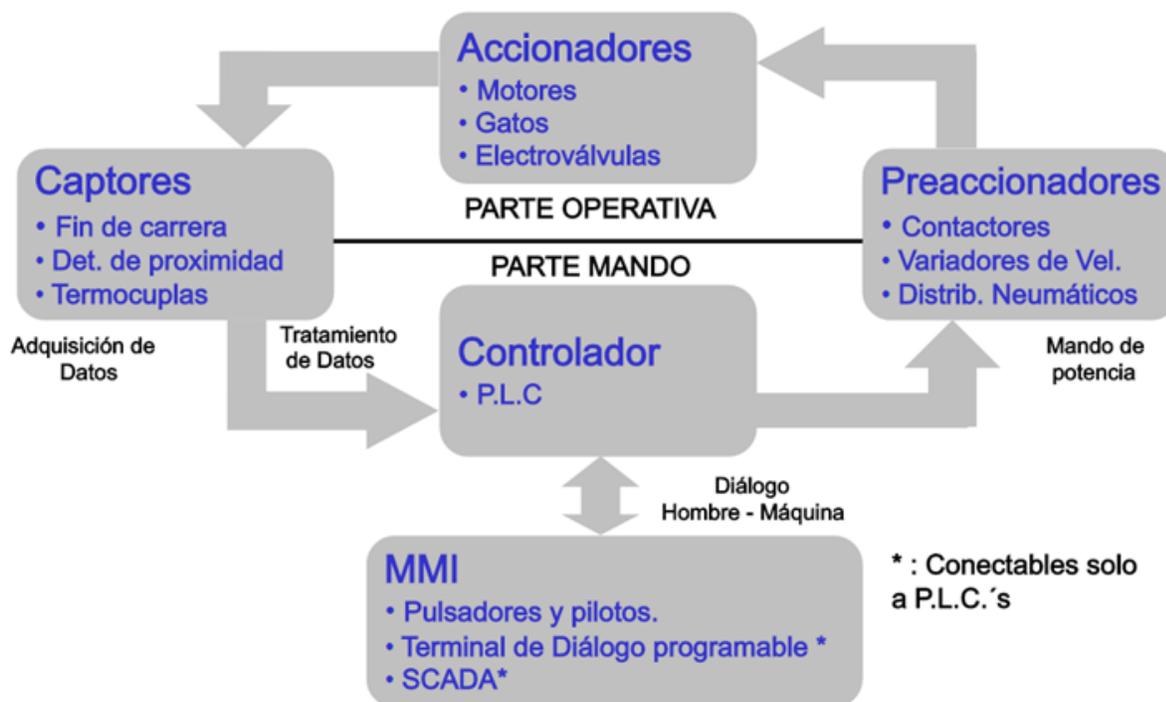


Figura 13: Estructura de un proceso de automatización

2.2.8. Tecnologías SIEMENS

La tecnología SIEMENS en el contexto de la automatización lidera una línea integral de productos de tecnología de automatización, diseñada y fabricada para todos los sectores industriales. Los productos de tecnología de automatización son los mejores del mercado, están diseñados para ajustarse a la perfección a todos los requisitos establecidos. Además, cuenta con Totally Integrated Automation (TIA) de SIEMENS, el cual brinda los componentes decisivos necesarios para optimizar todos los procesos de una compañía. TIA ofrece una línea de productos y sistemas única con soluciones integrales y además abarca todas las funciones tecnológicas centrales para la industria de manufactura y procesos.



Figura 14: La familia SIMATIC S7

(SlidePlayer, Automatización Industrial PLCs SIMATIC S7)

2.2.8.1. S7 – 200: Micro – PLC para la gama baja.

El S7-200 ejecuta continuamente el programa para controlar una tarea o un proceso.

El programa se crea con STEP 7-Micro/WIN y se carga en el S7-200. STEP 7-Micro/WIN ofrece diversas herramientas y funciones para crear, implementar y comprobar el programa de usuario. Este autómata crea una solución de automatización con un Micro - PLC. Está siendo reemplazado por el S7 – 1200.



Figura 15: PLC S7-200 CPU 224

(s7automation), Siemens Simatic S7-200 CPU 224 Module

2.2.8.2. S7 – 300: *Sistemas de mini autómatas para las gamas baja y media.*

Controlador para soluciones de sistema innovadores en la industria manufacturera.

Es el controlador más vendido de la plataforma Totally Integrated Automation y cuenta con numerosas aplicaciones de referencia satisfactorias en los más diversos sectores industriales de todo el mundo, p. ejemplo:

- ✓ Tecnología de fabricación
- ✓ Industria del automóvil
- ✓ Maquinaria en general
- ✓ Máquinas especiales
- ✓ Construcción en serie de maquinaria, OEM
- ✓ Transformación de plásticos
- ✓ Industria de embalajes
- ✓ Industria de alimentación y bebidas
- ✓ Industria de procesos

El SIMATIC S7-300 está concebido para soluciones de sistema innovadoras con especial énfasis en tecnología de fabricación y, como sistema de automatización universal, constituye una solución óptima para aplicaciones en estructuras centralizadas y descentralizadas.

- ✓ Potentes módulos centrales con interfaz industrial Ethernet / PROFINET, funciones tecnológicas integradas o versión de seguridad en un sistema coherente evitan inversiones adicionales.
- ✓ El S7-300 se puede configurar de forma modular, no hay ninguna regla de asignación de slots para los módulos periféricos. Hay disponible una amplia gama de módulos, tanto para estructuras centralizadas, como para estructuras descentralizadas con ET-200M
- ✓ El uso de la Micro Memory Card como memoria de datos y programa hace innecesaria una pila tampón y ahorra costes de mantenimiento. Además, en esta tarjeta de memoria se puede guardar un proyecto asociado con símbolos y comentarios para simplificar el trabajo del servicio técnico.
- ✓ Asimismo, la Micro Memory Card permite la actualización sencilla del programa o del firmware sin programadora. Además, se puede utilizar durante el funcionamiento para guardar y consultar datos, por ejemplo, para archivar medidas o para procesar recetas.
- ✓ Además de la automatización estándar, en un S7-300 también se pueden integrar funciones de seguridad y control de movimiento.

- ✓ Muchos de los componentes S7-300 también están disponibles en una versión SIPLUS para condiciones ambientales extremas como, por ejemplo, rango de temperatura ampliado (de -40/25 a -60/70°C) y utilización en atmósfera agresiva/condensación.



Figura 16: PLC S7-300 CPU 314C – 2DP

(Components) RS, CPU para PLC Siemens S7-300

2.2.8.3. S7 – 400: El PLC de alto rendimiento para las Gama Media y Alta

El controlador de alto rendimiento para soluciones de sistema en la industria manufacturera y de procesos.

Dentro de la familia de controladores, el SIMATIC S7-400 está concebido para soluciones de sistema en el ámbito de la automatización manufacturera y de procesos.

Algunos ámbitos de aplicación son:

- ✓ Industria del automóvil
- ✓ Construcción de maquinaria, incluida la construcción de maquinaria especial.
- ✓ Almacenamiento y manutención
- ✓ Automatización de edificios
- ✓ Industria siderúrgica
- ✓ Industria química y petroquímica
- ✓ Generación y distribución de energía
- ✓ Industria papelera y gráfica

- ✓ Procesamiento de madera
- ✓ Fabricación textil
- ✓ Industria farmacéutica
- ✓ Industria de alimentación y bebida
- ✓ Procesos, p. ej., abastecimiento y depuración de aguas

Las siguientes características convierten al SIMATIC S7-400 en el PLC más potente:

- ✓ El S7-400 es ideal para tareas de muchos datos de la industria de procesos; la gran velocidad de procesamiento y los tiempos de reacción determinísticos reducen los tiempos de ciclo de las máquinas rápidas en la industria manufacturera. El rápido bus de fondo del S7-400 posibilita una conversión eficaz de los módulos periféricos centrales.
- ✓ El S7-400 se utiliza preferentemente para coordinar instalaciones completas y para controlar las líneas de comunicación subordinadas con estaciones esclavas; de ello se ocupan las interfaces integradas y la gran capacidad de comunicación.
- ✓ Las prestaciones del S7-400 se pueden ampliar gracias a una gama escalonada de CPU; la capacidad para periferia de E/S es prácticamente ilimitada.
- ✓ Los recursos disponibles de las CPU permiten integrar nuevas funciones sin necesidad de invertir en más hardware, p. ej. procesamiento de datos de calidad, cómodo diagnóstico, integración en soluciones MES de nivel superior o rápida comunicación a través del sistema de bus.
- ✓ El S7-400 se puede configurar de forma modular, sin necesidad de observar ninguna regla de asignación de slots; hay una amplia gama de módulos disponibles, tanto para estructuras centralizadas como para estructuras descentralizadas.
- ✓ La configuración de la periferia descentralizada del S7-400 puede modificarse durante el funcionamiento. Además, es posible insertar y extraer los módulos de señales bajo tensión (hot swapping). De esta forma resulta muy sencillo realizar ampliaciones de la instalación o cambios de módulos en caso de error.
- ✓ El almacenamiento de todos los datos del proyecto, incluidos símbolos y comentarios, en la CPU facilita y simplifica las labores de mantenimiento y servicio técnico.

- ✓ En un S7-400 se pueden integrar funciones de seguridad y automatización estándar; la disponibilidad de la instalación se puede mejorar usando un S7-400 con configuración redundante.
- ✓ Muchos de los componentes S7-400 también están disponibles como versión SIPLUS para condiciones ambientales extremas; por ejemplo, para uso en atmósfera agresiva / condensación.



Figura 17: PLC S7-400

(PLC-City), Simatic S7-400

2.2.8.4. S7 – 1200: Controlador Básico

El controlador modular SIMATIC S7-1200 es el núcleo de la nueva línea de productos Siemens para tareas de automatización sencillas, pero de alta precisión.

El SIMATIC S7-1200 ofrece a los profesionales de la instalación un amplio abanico de características técnicas entre las cuales cabe destacar las siguientes:

- ✓ Alta capacidad de procesamiento. Cálculo de 64 bits.
- ✓ Interfaz Ethernet / PROFINET integrado.
- ✓ Entradas analógicas integradas.
- ✓ Bloques de función para control de ejes conforme a PLC open.
- ✓ Programación mediante la herramienta de software STEP 7 Basic v13 para la configuración y programación no sólo del S7-1200, sino de manera integrada los paneles de la gama Simatic Basic Panels.

El sistema S7-1200 desarrollado viene equipado con cinco modelos diferentes de CPU (CPU 1211C, CPU 1212C, CPU 1214C, CPU 1215C y CPU 1217C) que se podrán expandir a las necesidades y requerimientos de las máquinas.

Signal Board: Puede añadirse en la parte frontal de cualquiera de las CPUs de manera que se pueden expandir fácilmente las señales digitales y analógicas sin afectar al tamaño físico del controlador.

Módulos de señal: A la derecha de la CPU (a excepción de la CPU1211C) pueden colocarse los módulos de ampliación de E/S digitales y analógicos. La CPU 1212C está capacitada para aceptar hasta dos módulos, la CPU 1214C, CPU 1215C y CPU 1217C hasta un total de ocho módulos de señal.

Módulos de comunicación: Todas las CPUs Simatic S7-1200 pueden equiparse hasta con tres módulos de comunicación los cuales se colocan a la izquierda del controlador, lo que permite una comunicación sin discontinuidades. Esto módulos son:

- ✓ PROFIBUS Maestro/esclavo
- ✓ Comunicación GPRS
- ✓ AS-i y más sistemas Fieldbus



Figura 18: PLC S7-1200 CPU 1214C

(Masvoltaje), SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU compacta, AC/DC/Relé

2.2.8.5. S7 – 1500: El ultimate plus de automatización

La serie de controladores SIMATIC S7-1500 constituyen la nueva generación de controladores de TIA Portal y de automatización. SIMATIC S7-1500 le asegura el más alto nivel de eficiencia y de usabilidad para aplicaciones de rango medio y alto en máquinas y sistemas de automatización.

Los controladores SIMATIC S7-1500 integran:

- ✓ Display para puesta en marcha y diagnóstico, desde el que poder diagnosticar tanto el funcionamiento de la CPU como de sus módulos. El Display puede acoplarse y desacoplarse de la CPU durante su funcionamiento. Protección posible con password vía TIA Portal. Ciclo de vida mayor, de 50.000 horas de operación.
- ✓ Interfaz PROFINET integrada en cada CPU. PN IRT (V2.2.), lo que le asegura tiempos de respuesta y alta precisión en el comportamiento de la máquina. Web Server integrado para la visualización de información de servicio y diagnosis.
- ✓ Concepto de memoria innovada. Suficiente memoria para cada aplicación. Capacidad hasta 2 GB para datos de proyecto, archivos, recetas y documentos.
- ✓ Concepto de diagnosis optimizado. Eficiente análisis de fallo desde Display, Web Sever, STEP 7 o HMI. Imposible pérdida de mensajes de error, aun estando la CPU apagada.
- ✓ Tecnología integrada. Motion Control con conexión rápida a los accionamientos PROFIdrive. TRACE, grabación de hasta 16 variables para una optimización precisa de los programas de control y accionamientos. PID integrado para tareas de lazo cerrado, ahorros de tiempo.



Figura 19: PLC S7-1500 CPU 1518 – 4 PN/DP

(Ltd) MCS Automation, Simatic S7-1500

2.2.9. Módulos de la Automatización

PLC (Programmable Logic Controller): Es un dispositivo electrónico programable por el usuario para controlar maquinas con procesos lógicos y secuenciales, haciendo de ellas un sistema más automatizado.

Estructura de un PLC

- ✓ Fuente de alimentación
- ✓ CPU
- ✓ Módulos de entrada y salida (E/S)
- ✓ Módulos de interfaz

2.2.9.1. Fuente de alimentación

Es la encargada de suministrar la tensión y corriente necesarias para la alimentación de los módulos del PLC, tales como; la CPU, entradas y salidas; digitales y análogas, contadores, interfaces de comunicación, módulos de comunicación, entre otros.

2.2.9.2. CPU

Es la unidad de procesamiento central encargada de procesar y ejecutar todas las tareas programadas por el usuario, las cuales se encuentran almacenadas en su memoria. Las tres áreas de memoria de la CPU son; la memoria de carga, la cual se encuentra en la Micro Memory Card (MMC) y sirve para guardar bloques lógicos y bloques de datos, así como información del sistema configuración, enlaces, parámetros del módulo, etc. La memoria de sistema está integrada en la CPU, esta contiene las Marcas, Temporizadores, Contadores, imágenes del proceso de entradas y salidas, datos locales, datos temporales. Y por último tenemos la memoria de trabajo la cual se encarga de procesar el código y los datos del programa de usuario.

En conclusión, la memoria de trabajo es quien ejecuta los ciclos de programación dependiendo de la lógica programada en la memoria de carga y los datos que se encuentren guardados en la memoria del sistema.

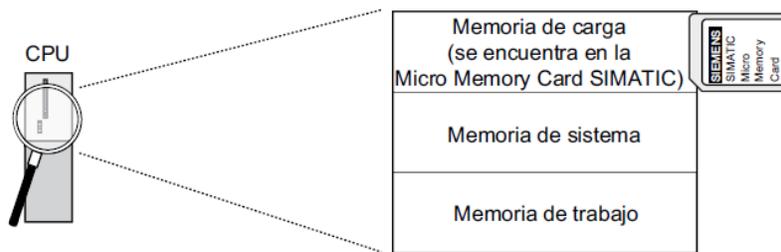


Figura 20: Las tres áreas de memoria de la CPU

2.2.9.3. Módulos de entrada y salida (E/S)

Los módulos de entradas son los encargados de recolectar la información de sensores bien sean digitales o análogos y los módulos de salidas son los encargados de activar acciones en un sistema determinado; como encender un motor, activar una electroválvula, estas actuaciones pueden ser de modo digital o análogo. La entradas y salidas son almacenadas en *la memoria de sistema*, para luego ser procesadas y ejecutadas por *la memoria de trabajo* según lo establezca la lógica programada que se encuentra en *la memoria de carga*.

2.2.9.4. Módulos de interfaz

Este tipo de modulo sirve para ampliación de señales en una misma ubicación, ya que el bastidor de la CPU solo permite cierta cantidad de señales. Las interfaces también se pueden usar para transmitir información entre distancias lejanas, bien sea por algún protocolo de comunicación, tal como; Profibus, Profinet, Fibra óptica, entre otros. Con todo esto lo que se logra es llevar señales entre puntos lejanos tan solo usando un medio de comunicación. Los *módulos de interfaz* recolectan señales para transmitírselas a la CPU y sea esta quien las procesa y ejecuta adecuadamente.

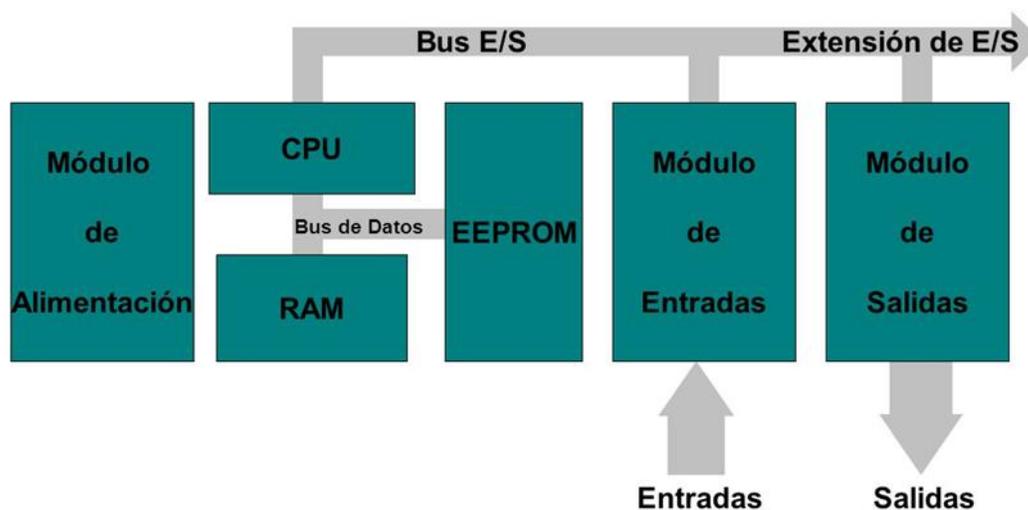


Figura 21: Estructura del PLC

2.2.10. Software para la Automatización en SIEMENS

2.2.10.1. STEP 7-Micro/WIN

El STEP 7-Micro/WIN es un programa de Siemens para aplicaciones *stand-alone* sencillas en sistemas de automatización SIMATIC S7-200. Este software permite la programación de dos

maneras; en KOP (escalera) y AWL (instrucciones). La forma de comunicación es permitida a través del protocolo PPI.

PPI (Point to Point Interface) protocolo para comunicación punto a punto. La velocidad de transmisión de datos va de 0.3 a 187.5 kbits/s. Las más usadas son 9.6, 19.2 y 187.5 kbits/s.

2.2.10.2. STEP 7

STEP 7 para aplicaciones en sistemas de automatización SIMATIC S7-300/400, SIMATIC M7-300/400 y SIMATIC C7 con funciones ampliadas.

Para la implementación de un proyecto con STEP 7 las tareas que se deben de realizar son las siguientes:

Diseñar el control: planifique su solución de automatización dividiendo primero el proceso en diversas tareas y creando luego un plano de configuración.

Crear la estructura del programa: Las tareas descritas en el diseño del control se tienen que plasmar en un programa estructurado en base a los bloques disponibles en STEP 7.

Crear la estructura del proyecto: Un proyecto es una carpeta que contiene todos los datos estructurados jerárquicamente.

Configurar el hardware: Al configurar el hardware se define en una tabla de configuración qué módulos se utilizarán para la solución de automatización y a través de qué direcciones se accederá a los módulos desde el programa de usuario. Además, las propiedades de los módulos se pueden ajustar mediante parámetros.

Configurar redes y enlaces de comunicación: Para poder establecer comunicaciones con otras estaciones primero hay que configurar una red. Para ello se deben crear las subredes necesarias para la red de autómatas, definir las propiedades de las subredes, parametrizar las propiedades de conexión de los equipos que la integran, así como determinar los enlaces de comunicación requeridos

Definir los símbolos: En lugar de utilizar direcciones absolutas es posible definir símbolos locales o globales en una tabla de símbolos, empleando nombres autoexplicativos que se utilizarán luego en el programa.

Crear el programa: El programa, que puede estar asignado o no a un módulo, se crea utilizando uno de los lenguajes de programación disponibles (KOP, FUP, AWL, SCL, GRAPH, CFC). Después se deposita en una carpeta en forma de bloque, fuente o esquema.

Crear y evaluar los datos de referencia: Los datos de referencia se pueden utilizar para poder comprobar y modificar más fácilmente el programa de usuario.

Cargar programas en el sistema de destino: Tras concluir la configuración, la parametrización y la creación del programa, es posible cargar el programa de usuario entero o cualquiera de sus bloques en el sistema de destino.

Comprobar los programas: Para probar el programa puede visualizar los valores de las variables de su programa de usuario o de una CPU, asignarles valores a las mismas y crear una tabla de las variables que desea visualizar o forzar.

Vigilar el funcionamiento, diagnosticar el hardware: La causa de un fallo en un módulo se determina visualizando informaciones online acerca del mismo. La causa de un fallo en la ejecución del programa de usuario se determina evaluando el búfer de diagnóstico y el contenido de las pilas. Asimismo, es posible comprobar si un programa de usuario se puede ejecutar en una CPU determinada.

Documentar la instalación: Tras crear un proyecto o una instalación es recomendable documentar claramente los datos del proyecto para facilitar las tareas de ampliación y modificación y los trabajos de mantenimiento.



Figura 22: El software estándar STEP 7

(SlidePlayer, El software estándar STEP 7)

2.2.10.3. Interfaces Hombre – Máquina

Human Machine Interface, el software especial de manejo y visualización para SIMATIC.

- ✓ Los sistemas abiertos de visualización de procesos SIMATIC WinCC y SIMATIC WinCC flexible son sistemas básicos independientes del ramo y de la tecnología, que incorporan todas las funciones importantes de control y supervisión.
- ✓ SIMATIC ProTool y SIMATIC ProTool/Lite son herramientas modernas para configurar los paneles de operador SIMATIC y los equipos compactos SIMATIC C7.
- ✓ ProAgent facilita un diagnóstico de procesos puntualizado y rápido en instalaciones y máquinas, averiguando informaciones relativas a la ubicación y a la causa del error.

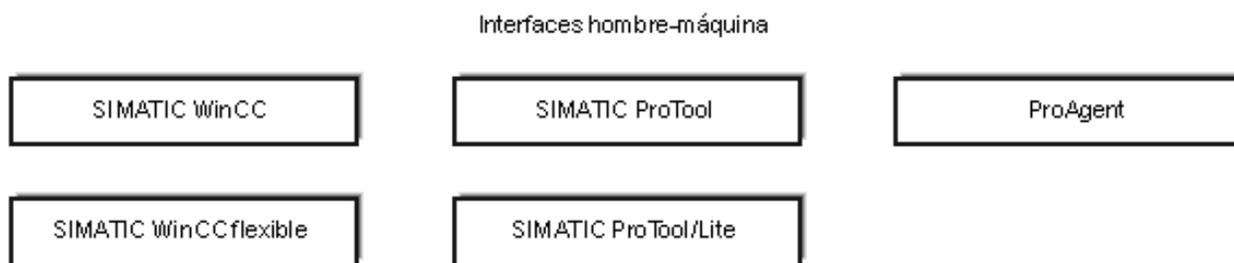


Figura 23: Interfaces hombre-máquina

2.2.10.4. TIA Portal

Para la ingeniería de un sistema de automatización se ha popularizado varias herramientas de configuración. Gracias al framework de ingeniería que ofrece el Portal de Totally Integrated Automation (TIA Portal) prácticamente desaparecen las fronteras entre estos productos de software. En el futuro, este framework será la base de todos los sistemas de ingeniería para la configuración, programación y puesta en marcha de autómatas/controladores (PLC), sistemas de supervisión, pantallas y accionamientos incluidos en Totally Integrated Automation.

Totally Integrated Automation Portal reúne todas las herramientas de software de automatización dentro de un único entorno de desarrollo. Con el primer software de la industria con un solo entorno de ingeniería, TIA Portal supone un hito en el desarrollo de software. Un proyecto de software único para todas las tareas de automatización.

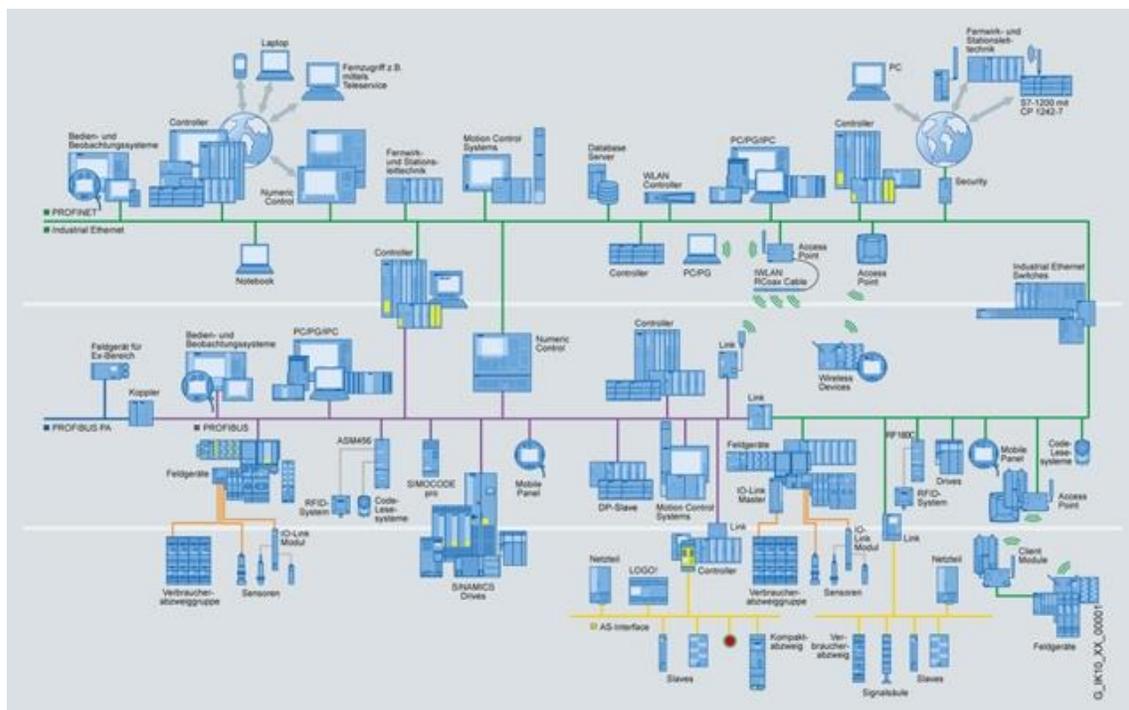


Figura 24: Totally Integrated Automation (TIA Portal)

(SIEMENS, Totally Integrated Automation Portal)

El framework de ingeniería común en el que están integrados los productos de software unifica todas las funciones comunes, incluso en lo relativo a su representación en la pantalla. La unificación del manejo de distintos editores facilita la tarea de aprendizaje y permite al usuario concentrarse en lo esencial de su trabajo.

Editores inteligentes muestran de modo contextualizado justo lo que el usuario necesita en el momento para la tarea que esté realizando: funciones, propiedades, librerías, etc.

El método de la pantalla partida permite tener abiertos varios editores a la vez e intercambiar datos entre ellos. Este intercambio de datos se ejecuta con facilidad mediante la función "Arrastrar y colocar".

Sólo es necesario introducir una vez los datos cuando se utilizan en distintos editores y para sistemas de destino diferentes. Gracias a la gestión de datos centralizada y orientada al objeto que ofrece el TIA Portal, los datos de aplicación modificados se actualizan automáticamente para todos los equipos (PLC y HMI) implicados en el proyecto. La base de datos compartida garantiza una consistencia absoluta en todo el proyecto de automatización. Así se reduce la probabilidad de que aparezcan errores y se crean proyectos transparentes y compactos.

En librerías claramente estructuradas se administran bloques de programa y faceplates, incluidos en el suministro o creados por el propio usuario, así como equipos y módulos ya configurados. Estos datos se pueden reutilizar en todo momento, ya sea dentro de un proyecto, en librerías locales o en librerías globales para todos los proyectos. La posibilidad de modificar los bloques a nivel centralizado garantiza la consistencia de datos.

En el TIA Portal también se pueden reutilizar bloques o proyectos enteros, creados con versiones anteriores de los productos de software integrados en el TIA Portal. La reutilización reduce el trabajo de ingeniería y, al mismo tiempo, incrementa la calidad del sistema de automatización.

En un solo software el TIA Portal logra integrar la lógica de programación del autómeta, la interfaz hombre-máquina y los accionamientos que estén asociados al proyecto.

2.2.11.Lenguajes de programación

Los lenguajes de programación que puede abarcar Siemens como en su software son; KOP, AWL, FUP, SCL, GRAPH, CFC.

2.2.11.1. KOP (esquema de contactos)

Es un lenguaje de programación gráfico. La sintaxis de las instrucciones es similar a la de un esquema de circuitos. KOP permite observar la circulación de la corriente a través de contactos, elementos complejos y bobinas.

2.2.11.2. FUP (diagrama de funciones)

Es un lenguaje de programación gráfico que utiliza los cuadros del álgebra booleana para representar la lógica. Asimismo, permite representar funciones complejas (p.ej. funciones matemáticas) mediante cuadros lógicos.

2.2.11.3. AWL (lista de instrucciones)

Es un lenguaje de programación textual orientado a la máquina. En un programa creado en AWL, las instrucciones equivalen en gran medida a los pasos con los que la CPU ejecuta el programa. Para facilitar la programación, AWL se ha ampliado con estructuras de lenguajes de alto nivel (tales como accesos estructurados a datos y parámetros de bloques).

2.2.11.4. SCL (Lenguaje de control estructurado)

Es un lenguaje textual de alto nivel cuya definición equivale básicamente a la norma IEC 1131-3. Este lenguaje, es similar al PASCAL, ayuda a simplificar y gracias a sus instrucciones de alto

nivel, como p.ej. la programación de bucles y de ramificaciones condicionadas. Por esta razón, SCL es especialmente apropiado para el cálculo de fórmulas, para complejos algoritmos de optimización o para gestionar grandes cantidades de datos.

2.2.11.5. GRAPH (control secuencial)

Es un lenguaje gráfico de programación que permite programar controles secuenciales. Comprende la creación de una cadena de etapas, la definición de los contenidos de las mismas y las condiciones de transición. El contenido de las etapas se define con un lenguaje de programación especial (similar a AWL), en tanto que las condiciones de transición se introducen en una representación del esquema de contactos (parte del lenguaje de programación KOP).

S7-GRAPH permite representar también procesos complejos de forma muy clara, permitiendo así una programación y una búsqueda de errores efectivas.

2.2.11.6. CFC (Gráfico de funciones continuas)

Es un lenguaje de programación que permite interconectar gráficamente las funciones complejas. En el lenguaje de programación S7-CFC se programa interconectando gráficamente las funciones existentes. No es necesario programar numerosas funciones estándar, puesto que se dispone de librerías que contienen bloques predefinidos (p.ej. para funciones lógicas, aritméticas, de regulación y de procesamiento de datos). Para poder utilizar el lenguaje CFC no se requieren conocimientos especiales de programación o sobre sistemas de automatización, lo que permite concentrarse en la técnica.

El programa creado se guarda en forma de esquemas CFC. Estos se depositan en la carpeta "Planos" bajo el programa S7. De dichos planos o esquemas se compilan luego los bloques S7 para el programa de usuario.

2.2.12. Introducción a software de programación

En este programa vas a poder determinar las condiciones con las que arrancará el autómata, tratará datos y señales del proceso para finalmente dar unas órdenes de actuación sobre los diferentes actuadores y elementos de la instalación. Es un software para la Automatización y Control.

Estructura de la memoria: a grandes rasgos la memoria del autómata va a ser dividida en las siguientes partes:

- ✓ Imagen de las E/S.
- ✓ E/S de la periferia.
- ✓ Marcas.

- ✓ Valor y estado de temporizadores y contadores.
- ✓ Módulos de datos (DB).
- ✓ Datos temporales que se pierden al final de cada ciclo.

Todas las partes mencionadas anteriormente pertenecen a la memoria de sistema de la CPU.

Imagen de E/S: Las imágenes de las entradas y las salidas no son más que las señales Entradas o Salidas que se usan en el programa. Son solo imágenes, ya que no leemos el valor instantáneo de la entrada o forzamos instantáneamente la salida, sino que leemos en el caso de las entradas el valor de la entrada física cuando se refrescó la imagen de las entradas antes de comenzar el nuevo ciclo del OB1 (programa principal). Igualmente, en el caso de las salidas, cuando el programa pone a uno o a cero una salida no lo está haciendo inmediatamente, sino que está dando valor a la imagen de la salida, y esta imagen de la salida será volcada a la salida real antes de comenzar un nuevo ciclo del OB1.

E/S de la periferia: a diferencia del caso anterior, se puede leer directamente el valor actual de cualquier sensor. Para ello debemos leerlos en bytes (PEB), word (PEW) o doble word (PED), ya que el acceso no puede ser directo a un bit en concreto (a diferencia de las imágenes de E/S). Igualmente pasa con las salidas, que podemos forzar el estado de las salidas de forma inmediata accediendo a las salidas de periferia (PAB, PAW, PAD)

Marcas: son variables que se encuentran dentro de la memoria de la CPU, por lo tanto, no hay que declararlas, pero si es conveniente darles un nombre y tipo, bien sean booleana, entero, doble o real. Se les puede dar valor dentro de cualquier parte del programa, dentro de la memoria de la CPU. Los valores pueden ser remanentes tras el apagado del PLC o volátiles (se pierden tras apagar el PLC).

Temporizadores: se encuentran dentro de la memoria CPU, estos como su nombre lo indican sirven para temporizar.

Contadores: se encuentran dentro de la memoria CPU, estos son usados para contar cantidades en forma ascendente o descendente según se requiera.

Módulos de datos (DB): son áreas de memoria que, a diferencia de las marcas, están definidas por el usuario. Pueden ser de longitudes dispares y con contenidos de todo tipo. Las variables contenidas en los DB son remanentes al apagado del PLC. Hay de dos tipos Globales y de Instancia (variables estáticas). También podemos definir las como tablas de datos en donde almacenamos valores remanentes. y se inserta como Bloque de Datos en el Step 7.

Variables temporales: son variables que se declaran dentro de los módulos que sirven para realizar cálculos intermedios y locales que no necesitan ser usados más allá del módulo en cuestión y en el ciclo en el que son llamadas o tratadas.

2.2.13. Bloques de programación

Para acceder y tratar los datos almacenados en las áreas de memoria, existen diferentes tipos de módulos cuyas características serán diferentes para cada requerimiento que sea necesario:

- ✓ Módulos de organización (OB).
- ✓ Funciones (FC).
- ✓ Bloques de función (FB).
- ✓ Bloques de memoria (DB).
- ✓ Módulos de sistema (SFC, SFB, SDB).

2.2.13.1. Módulos de organización (OB)

Hay varios tipos de módulos de organización; OB de arranque (OB100-102): Son bloques con los que se arranca el PLC en función del tipo de arranque y depende del tipo de CPU para que tenga todos los tipos o solamente el OB100, que es el arranque completo. Sólo se ejecuta una vez, en el arranque. Una vez terminado pasa al principal.

Sólo sirven para lo que han sido diseñados y no se llamarán desde otros bloques, sino que será el propio autómatas quien gestiona las llamadas a estos módulos en función de sus características.

El OB1: es el principal. Se ejecuta de forma recurrente y desde él se hacen llamadas a los FC y FB del programa. OB cíclicos: También se pueden hacer llamadas a otros FC o ejecutar código desde estos OB. Tienen la peculiaridad frente al OB1 que se ejecutan a tiempo fijo, el cual está determinado por las características de la CPU.

OB Horarios: Son OB que dependen de la fecha y hora. Se pueden realizar tareas desde un momento concreto a ser cíclicos.

OB de fallo (OB85, OB86, OB121, etc): Son OB predefinidos para cada tipo de fallo y son llamados cuando el fallo es detectado. Dentro de cada OB se puede tratar el fallo y tomar las decisiones pertinentes en cada caso.

Todos los OB tienen la peculiaridad de tener reservados 20bytes de memoria local donde podrás hallar variables específicas de cada OB. Así podrás tener información de en qué momento ha sido llamado o la frecuencia de llamada.

OB100: Arranque desde cero. En el daremos las condiciones y valores iniciales (si procede) en el arranque.

OB1: Programa principal (lógico).

OB35: Programa cíclico por excelencia ya que hay otros pero que no están disponibles en todas las CPU. Puedes programar tareas a tiempo fijo facilitando contajes y mediciones que sean necesarias conocer su periodicidad.

2.2.13.2. *Funciones (FC)*

Los FC son bloques que pueden ser llamados desde OB, FC o FB y se usan para estructurar el código de tal forma que no esté todo en el OB1, sino que se divide el programa por zonas, máquinas, submáquinas de tal forma que se estructure el programa. Usarlos como funciones que traten valores de entrada y obtener como resultado valores de salida. Estos pueden definir de forma interna variables temporales las que se pueden manipular dentro del bloque, pero no tienen remanencia y el valor de estas variables se pierde de ciclo de ejecución a ciclo de ejecución.

2.2.13.3. *Bloques de función (FB)*

Los FB tienen variables internas llamadas estáticas que dan remanencia de ciclo a ciclo. Para lograr esta remanencia tendrán asociado un bloque de memoria (DB) llamados para estos casos de instancia. Los FB pueden ser llamados desde los OB, FC o FB además de poder ser usados dentro de las estáticas de otros FB (multiinstancias).

2.2.13.4. *Bloques de memoria (DB)*

Los módulos de datos pueden ser de tipo global o de instancia. Los de instancia son necesarios para la ejecución de los FB y toman la estructura de la declaración de las variables del propio FB. Los DB globales son módulos declarados por el usuario y pueden contener variables de todo tipo definiendo estructuras complejas.

2.2.13.5. *Módulos de sistema (SFC, SFB, SDB)*

Existen una serie de FC y FB que están integrados en el propio sistema operativo del PLC. Pueden ser llamados y consultados para obtener o tratar información. Al igual que pasa con los FB, los SFB necesitan de su correspondiente SDB. Por ejemplo, con el SFC0 podrás consultar la hora del reloj del PLC.

2.2.13.6. *Ciclo del programa*

El tiempo de ciclo es el tiempo medido en milisegundos que se necesita para ejecutar completamente todas las instrucciones y llamadas realizadas desde el OB1, la ejecución de otros OB llamados (si fuera el caso) y actividades del SO (actualizar las imágenes de E/S, por ejemplo). El tiempo no es constante ya que no todos los ciclos tienen la misma carga de trabajo bien porque no siempre se hacen las llamadas de OB cíclicos o porque no se hacen llamadas a todos los bloques en función de las circunstancias y valores de las diferentes variables. Este tiempo está vigilado por un watchdog (típicamente fijado en 150ms fijado en la configuración del hardware) y si se supera, el PLC se irá a estado de STOP.

¿Cómo se puede superar este tiempo?: Pueden ser por varias causas, pero una típica es programar mal un bloque haciéndolo sin salida (un lazo infinito) con lo que irremediablemente se va a STOP, aunque hay otras como pueden ser un programa excesivamente largo. También se puede ir el PLC a STOP debido a los tiempos de ejecución por llamadas a OB cíclicos en tiempos muy cortos con cargas de trabajo muy altas. Por ejemplo, programando el OB35 a 2ms y si su carga de trabajo es muy alta, puede que con la siguiente llamada aún no haya terminado las operaciones del ciclo anterior, y el PLC colisione por tiempo de ejecución. Veamos más en concreto en qué orden ejecuta las diferentes tareas durante este tiempo de escaneo. En primer lugar, cuando arranca el PLC ejecuta los OB de arranque. El más habitual es el OB100.

Capítulo 3. Metodología de la Investigación

3.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es aplicado y cualitativo. Esta investigación parte de un histórico, el cual describe lo que era y representa este dispositivo, es decir recolección de información, que a su vez depende de la fuentes primarias y secundarias que proveen la información y a las cuáles se le deberá examinar cuidadosamente con el fin de determinar su confiabilidad por medio de una crítica interna y externa. También se menciona una parte descriptiva de la investigación, la cual se basa en lo existente actualmente, ¿qué es la celda de manufactura flexible para la universidad?, ¿qué papel desempeña dentro de la misma?, ¿cumple con las expectativas necesarias para los estudiantes?, ¿realmente justifica su uso y si es el adecuado?, ¿se tiene el enfoque ideal? y por ultimo abarcamos la parte experimental, la cual consiste en establecer unas variables en una programación estructural organizada y una interfaz gráfica, optimizando el dispositivo para un uso adecuado.

3.2. Ruta Metodológica

3.2.1. Fase de Exploración

La fase exploración inicia con la recolección de la información asociada a la operación de la celda de manufactura flexible ubicada en los laboratorios del CEAD Palmira, la cual sirve como prototipo de simulación de procesos industriales, los cuales son adaptados a procesos académicos. Para esto se revisa el CD que contiene la información del lenguaje de programación y estructura del hardware de las 4 etapas en las cuales se encuentra dividida la celda. La información recopilada se encuentra enfocada en la estructura de programación y en la fundamentación del estudiante en las diversas temáticas asociadas a la automatización industrial.

En el momento de la exploración se evidencia la necesidad de descargar varios manuales de instrucciones del hardware y software que se utiliza dentro de la celda, entre estos están:

- ✓ Manual del autómeta CPU S7 – 300, SIEMENS.
- ✓ Manual tarjeta de comunicación LUCAS-NULLE.
- ✓ TIA PORTAL V14 SP1 (Step 7 professional y WinCC professional)

Al trabajar con estos manuales, se concluye que es necesario descargar el GSD de tarjeta de comunicación Profibus DP - LM9606, que permite establecer la comunicación entre la CPU del PLC y las tarjetas de comunicación en cada una de las etapas de la celda.

Se revisó el software usado por el sistema para el manejo de la celda a través de la CPU del PLC, dicho software de programación usado fue el SIMATIC Manager Step 7. Al explorar este software se evidencia que el mismo, solo involucra la programación para PLC's de las familias S7-300 y S7-400. Este software fue migrado de manera manual por la universidad al TIA Portal, encontrando que solamente funcionaban dos etapas y una de ellas de manera incompleta, por lo tanto y para continuar con la exploración, se opta por adaptar y adicionar algoritmos que permitan el funcionamiento de las 4 etapas. Con esta implementación es posible revisar la totalidad de la celda.

En el momento de explorar el algoritmo de programación utilizado en la secuencia lógica de la celda, se encuentra una programación de tipo lineal, la que además de ser empírica y de difícil comprensión para el enfoque de procesos industriales, ocasiona colisión en la CPU, exceso de código y uso de memoria inadecuado. Este tipo de programación no aplica para la industria al ser un método inseguro para los procesos industriales, además de estar expuesto a múltiples errores.

3.2.2. Fase de diseño

Después del reconocimiento de hardware y software de la celda, se inicia con la fase de diseño, la cual consiste en el desarrollo de los diagramas de flujo, los cuales servirán más adelante para la definición del funcionamiento de la secuencia lógica en la celda y del sistema SCADA que se implementara. Por lo tanto, se desarrollan los siguientes diagramas de flujo, donde se explica cómo se ejecutan los ciclos secuenciales de cada una de las etapas. A continuación, se listan los enlaces para visualizar los diagramas de flujo desarrollados.

- ✓ BANDA
<https://drive.google.com/open?id=1g82e3JDiqi49IWJoC4GF78yC3aoJ152q>
- ✓ PROCESAMIENTO
https://drive.google.com/open?id=11P_AFJt3x3gyuGYLCC9HKzAYYjukIzYn
- ✓ VERIFICACIÓN
<https://drive.google.com/open?id=1tj0m6XeUx1vi7mQ8W5wvYA9wv-EeB66X>
- ✓ ALMACENAMIENTO
<https://drive.google.com/open?id=1dYIG3jdcifp15wlbDWzazeYNwN2ro0KV>
- ✓ CELDA MANUFACTURA FLEXIBLE UNAD CICLO 1
<https://drive.google.com/open?id=1cWkX7Z6akZitmZwB2B2BynAPbBye-eBSuo>

- ✓ CELDA MANUFACTURA FLEXIBLE UNAD CICLO 2
https://drive.google.com/open?id=1UJNPxxmtx5XpqCcYAX_WWwdRcfsx1isi
- ✓ CELDA MANUFACTURA FLEXIBLE UNAD CICLO 3
<https://drive.google.com/open?id=1e5JTmEcBWfYOaBUjVv9z5SSxo3otx1o>
- ✓ CELDA MANUFACTURA FLEXIBLE UNAD CICLO 4
https://drive.google.com/open?id=1DEauERIDENwqi4AXYO7S2BQCfUwtO_TJ

Una vez se han diseñado los diagramas de flujo, se procede a traducir el pseudocódigo de forma gráfica a un algoritmo que pueda ser interpretado por la CPU del PLC y el sistema SCADA, bajo la estructura establecida por el TIA Portal. Esto se desarrolla a través de la programación de la lógica secuencial que se encuentra en el PLC e implementado el sistema SCADA en el computador disponible en el laboratorio del CEAD Palmira como interfaz gráfica de monitoreo y control de la celda, según la estructura establecida en los diagramas de flujo.

La programación que se desarrolló en el PLC es de tipo estructurada; lo cual busca que el programador elabore programas sencillos y de fácil comprensión, para ello la programación estructurada hace uso de tres estructuras básicas de control: Estructura secuencial, estructura selectiva y estructura repetitiva. Una estructura de programa es secuencial si las instrucciones se ejecutan una tras otra, a modo de secuencia lineal; es decir, que una instrucción no se ejecuta hasta que finaliza la anterior, no se bifurca ni se repite el flujo del programa, la estructura selectiva permite que la ejecución del programa se bifurque a una instrucción o conjunto de ellas, según un criterio o condición lógica sólo uno de los caminos en la bifurcación será el tomado para ejecutarse y la estructura repetitiva consiste en un bucle iterativo de una secuencia de instrucciones, el cual hace que se repita su ejecución mientras se cumpla una condición. El número de iteraciones normalmente está determinado por un cambio en la condición dentro del mismo bucle, aunque puede ser forzado o explícito por otra condición. Con este tipo de programación al ser estructurada se convierte en una programación flexible, ya que me permite ampliar su estructura de forma fácil a la hora de realizar modificaciones o adiciones de nuevos dispositivos.

Ya teniendo los diagramas de flujo establecidos y antes de desarrollar el algoritmo de programación para el PLC y el sistema SCADA, se debe tener en cuenta la configuración de los dispositivos de comunicación, ya que esto requiere de la creación de enlaces de direccionamiento para que exista comunicación entre estos dispositivos y pueda transmitir la información entre ellos, dicha configuración se realiza en el software establecido para el PLC.

3.2.3. Fase de construcción de la guía

La estructura para la construcción de la guía se basó en el modelo de guías establecidas en el curso Proyecto de grado del programa de ingeniería electrónica de la UNAD visto en el periodo 2018-I, el cual se fundamenta en la descripción general del curso, la descripción de la actividad y las actividades a desarrollar. Para estructurar la guía se realizaron algunos ajustes, pero siguiendo la temática ya mencionada.

En la fase de construcción de la guía didáctica se establece inicialmente, una descripción general en donde se cita la escuela a la que pertenece, el autor, el nombre del laboratorio, la fecha de creación, el hardware y software que se usará en la actividad para su funcionamiento e interpretación.

1. Descripción general

Escuela	Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería
Autor	Rafael Rivera Arias
Laboratorio	Contenido didáctico para celda manufactura flexible UNAD Palmira
Fecha de creación	24/mayo/2018
Hardware	<ul style="list-style-type: none"> ✓ IMS 1.2: Sistema de transporte con accionamiento de corriente continua. ✓ IMS 5: Estación de procesamiento. ✓ IMS 6: Estación de verificación. ✓ IMS 8: Estación de almacenamiento. ✓ PLC_1 [CPU 313C – 2DP] ✓ PC adapter USB A2 6GK1571-0BA00-0AA0 ✓ PC con el software de programación TIA PORTAL V14 SP1
Software	TIA PORTAL V14 SP1 <ul style="list-style-type: none"> ✓ Step 7 professional V14 SP1 ✓ WinCC professional V14 SP1

En una segunda instancia se realiza una breve descripción de la actividad en base a la metodología, que consiste en describir el funcionamiento del sistema a través de diagramas de flujo, luego se efectúa el reconocimiento de los dispositivos y sus conexiones por parte del estudiante, con el fin de realizar la configuración de los mismos y así poder establecer una conexión en línea entre estos. Una vez establecida la conexión entre los dispositivos se procede a explicar cómo se realiza la carga del algoritmo al PLC, contando con que se haya ejecutado de manera previa la traducción del pseudocódigo gráfico del diagrama de flujo al algoritmo interpretado por el PLC. Acto seguido,

se implementa la interfaz gráfica en el computador suministrado para la celda. Y por último se explica en conjunto el funcionamiento del algoritmo implementado en el PLC y en el sistema SCADA.

2. Descripción de la actividad

Metodología:

- ✓ Describir el funcionamiento de la celda manufactura flexible UNAD Palmira.
- ✓ Reconocimiento de Hardware en sus conexiones de dispositivos o equipos de la celda manufactura flexible UNAD Palmira.
- ✓ Verificación de configuración de dispositivos en el TIA PORTAL V14 SP1.
- ✓ Establecer conexión Profibus DP online con PLC_1 [CPU 313C – 2DP], con las 4 estaciones Lucas-Nulle Profibus LM9606 y verificar lógica secuencial establecida.
- ✓ Iniciar Runtime en el PC como interfaz gráfica de comunicación sistema SCADA.
- ✓ Funcionamiento del sistema de la celda manufactura flexible UNAD Palmira según lógica secuencial.

Después de hacer una breve descripción de la actividad, se transmite el objetivo de la guía, el cual busca a través de la simulación demostrar el funcionamiento del sistema en un campo industrial y de automatización. En la guía se establecen una serie de requisitos basados en el área del conocimiento para entender y aprender lo que nos quiere mostrar la guía. Después de cumplir los requisitos establecidos en la guía, en última instancia se listan las actividades a desarrollar, las cuales consta de 6 practicas, cada una de ellas ira guiando al lector a apropiarse de la temática de esta, mostrando y enseñando el paso a paso de cómo automatizar la *celda de manufactura flexible*. Todo esto se visualizará a través de la simulación como se plasma en el objetivo de la guía, ya que a través de esta es que se logra monitorear y controlar la celda, sabiendo que detrás de esta interfaz gráfica establecida como el sistema SCADA para la celda tenemos todo un desarrollo de algoritmos y de la creación de enlaces de comunicación entre dispositivos que hacen posible todo esto.

Objetivo:

- ✓ Realizar simulación e interpretación a través de la secuencia lógica establecida en un controlador lógico programable (PLC) para la celda manufactura flexible UNAD Palmira, que consiste en realizar movimientos y verificación de funcionamiento con una interfaz gráfica (SCADA).

Requisitos:

- ✓ Conocimientos básicos en electrónica digital, álgebra booleana, algoritmos, comunicaciones industriales, control de procesos, automatización.
- ✓ Conocimientos básicos de tecnología de control automático (operaciones lógicas básicas, flip flops o biestables, elementos temporizadores, contadores, controles de secuencia, diagramas lógicos).
- ✓ Conocimientos básicos de programación con la unidad TIA PORTAL V14 SP1 (Step 7 professional V14 SP1 y WinCC professional V14 SP1)
- ✓ Tener un PC con el software de programación TIA PORTAL V14 SP1 (Step 7 professional V14 SP1 y WinCC professional V14 SP1) con su respectiva licencia.
- ✓ Conocimientos en redes de comunicación Profibus.
- ✓ Haber visto el contenido didáctico para el sistema de transporte con accionamiento de corriente continua, la estación de verificación, la estación de procesamiento y la estación de almacenamiento.

Actividades a desarrollar

- ✓ [Práctica 1: Diagrama de flujo del sistema.](#)
- ✓ [Práctica 2: Reconocimiento de Hardware.](#)
- ✓ [Práctica 3: Configuración de dispositivos.](#)
- ✓ [Práctica 4: Conexión Profibus DP online.](#)
- ✓ [Práctica 5: Runtime en el PC.](#)
- ✓ [Práctica 6: Funcionamiento del sistema.](#)

3.2.4. Fase de consolidación

En la fase de consolidación se implementa a modo de prueba y simulación todo lo expuesto en cada una de las etapas de las guías didácticas, a través del diseño del diagrama de flujo, logrando la comprensión del funcionamiento cíclico y secuencial de la celda, como también estableciendo la comunicación online de variables entre los dispositivos remotos y la CPU del PLC, todo esto a través de la secuencia lógica establecida en un controlador lógico programable (PLC) para la celda, que permite realizar movimientos y verificación de funcionamiento con una interfaz gráfica (SCADA).

En el momento de la implementación de las diversas etapas y conexiones se presentaron las siguientes dificultades:

- ✓ Una de las dificultades presentadas fue la descarga del GSD de la tarjeta de comunicación Profibus DP - LM9606, la cual se encuentra en cada una de las estaciones. En primer lugar,

definamos lo que es un GSD. Los archivos GSD contienen información acerca de las capacidades básicas de un dispositivo. Por lo general todos los dispositivos de comunicación contienen un archivo GSD para su configuración y manipulación, este archivo también se puede descargar desde el sitio web del propio proveedor o fabricante del equipo. Con el archivo GSD, los integradores de sistemas pueden determinar los datos básicos, como las opciones de comunicación, los diagnósticos disponibles y el direccionamiento de las variables del equipo. Como se ha observado, la *celda de manufactura flexible* cuenta con 4 estaciones de comunicación Profibus DP, las cuales son de marca LUCAS-NULLE, para ello el archivo GSD fue descargado de la página del fabricante LUCAS-NULLE. Una vez descargado el archivo GSD de las tarjetas de comunicación Profibus DP - LM9606, se ingresa en el TIA Portal. En la investigación sobre este archivo GSD, concluimos que no deja manipular el direccionamiento de sus variables en el Step 7 professional del TIA Portal, ya que este archivo fue construido para el SIMATIC Step 7, y por ello se hicieron unas pruebas pertinentes que permitieron demostrar esta postulación. Se ingresó el archivo GSD en el SIMATIC Step 7 y se verificó como las variables de las tarjetas de comunicación Profibus DP - LM9606 se podían configurar y manipular de manera manual.

- ✓ Inicialmente se realizan pruebas de direccionamiento online entre el PLC y las tarjetas de comunicación Profibus DP - LM9606, dando un resultado exitoso. Pero al ver que era necesario tener configurado el hardware a través del SIMATIC Manager Step 7 y el software a través del Step 7 professional del TIA Portal para su funcionamiento, se observó que el proyecto se convertiría en algo confuso, por lo tanto, se siguió en esta investigación, con el fin de encontrar una integración en una única interfaz de programación, se buscaba integrar todo en el TIA Portal. En la búsqueda a esta respuesta, se encuentra que el archivo GSD no deja manipular el direccionamiento de sus variables en el Step 7 professional del TIA Portal, pero si asigna un direccionamiento a sus variables de forma automática, es decir; que cada una de las variables de las tarjetas de comunicación Profibus DP - LM9606 se le asigna un direccionamiento siguiendo el consecutivo de la última dirección asignada y este va de acuerdo al orden ascendente de la dirección Profibus configuradas en cada una de las tarjetas. Luego de deducir esta teoría en el Step 7 professional del TIA Portal, se procede a cargar este hardware en el PLC, se realizan pruebas de direccionamiento online entre el PLC y las tarjetas de comunicación Profibus DP - LM9606, dando un resultado exitoso. Por lo tanto, se logra integrar todo en el TIA Portal V14 SP1.
- ✓ Por otra parte, se observan problemas en la ejecución de la secuencia lógicas del PLC, haciendo ir a falla de comunicación Profibus DP todas las estaciones. Esto sucede únicamente cuando operamos la celda de manufactura flexible de manera automática. Se observa que en la manipulación manual o de forma independiente en cada una de las estaciones este problema

no aparece. Esto lleva a hacer un exhaustivo seguimiento en la secuencia lógica del modo automático en el PLC, se realizan varias pruebas de funcionamiento secuenciales y se logra deducir que el problema resulta cuando tenemos todos los motores de la banda de transporte activos, por tal razón se realiza una nueva reestructuración en la secuencia lógica en modo automático, de tal forma solo activamos los motores que se requieran. Y de esta manera se logra corregir este problema. En conclusión, se discierne que esta falla ocurre debido a la capacidad de corriente de la fuente de alimentación que es suministra hacia el PLC y las tarjetas de comunicación Profibus DP - LM9606. Ya que cuando excede la corriente pues enviará el PLC y las tarjetas de comunicación por falta de corriente. Pero con la nueva estructuración en la secuencia lógica del PLC se logra resolver este problema, ya que la secuencia no permite activar los cuatro motores de la banda al tiempo. Después de consolidar el funcionamiento y de resolver los inconvenientes presentados en la implementación de este sistema de automatización de la *celda de manufactura flexible*, se logra llevar la celda de un nivel cero en la pirámide de la automatización, aplicándole la metodología propuesta en este trabajo como resultado de la automatización de la misma, para logra escalar la celda hasta el nivel 3 en la pirámide de la automatización, la cual consiste en la operación y supervisión HMI, SCADA.

Capítulo 4. Resultados y Discusión

4.1. Presentación de la estructura didáctica de las guías

4.1.1 Selección de la temática

La selección de la temática incorporada dentro de la guía pretende que los estudiantes cuenten con una herramienta de tipo didáctica para el manejo de la *celda de manufactura flexible*, la cual quedará dotada de un control lógico secuencial y un sistema SCADA, el cual les permita interactuar, comprender y demostrar el funcionamiento de cada una de las etapas. El propósito principal de las guías es la de innovar y acercar a los estudiantes de ingeniería a una realidad en un nivel teórico/práctico, que le sirva como experiencia para adquirir competencias en los procesos de producción y la automatización industrial, tanto en la comprensión del proceso, como en los pasos que se requieren para automatizar una maquina industrial

4.1.2 Estructura de la guía didáctica

La estructura de la guía didáctica consiste en realizar una descripción general y una descripción de la actividad. Donde la descripción de la actividad va articulada por la metodología establecida, objetivo, requisitos y seis prácticas de laboratorio que buscan guiar y enseñar al estudiante de ingeniería, con el fin de que se apropie del conocimiento de la automatización a través de la *celda de manufactura flexible*. En la estructura de la guía didáctica se establece un paso a paso para realizar la implementación del sistema en cada una de las etapas individualmente y en el funcionamiento conjunto de todas las etapas de la celda, de la siguiente manera:

- ✓ Paso 1 (Diagrama de flujo del sistema): consiste en describir el funcionamiento de la *celda de manufactura flexible* UNAD CEAD Palmira y como se implementarán los ciclos de cada estación, para esto se requiere recolectar toda la información necesaria de la celda, para luego realizar el diagrama de flujo del funcionamiento de la celda, con el cual se podrá construir los algoritmos adecuados para la funcionalidad en la lógica secuencial del Automata (PLC) y del sistema SCADA.
- ✓ Paso 2 (Reconocimiento de Hardware): se requiere identificar todos los dispositivos de la máquina, como tarjetas de comunicación, protocolos para realizar todas las conexiones de los dispositivos o equipos de la celda manufactura flexible, para luego sincronizar los equipos adecuadamente.

- Lista de dispositivos de cada una de las estaciones del sistema.
 - Montaje de cada una de las estaciones del sistema.
 - Conexión Profibus DP de las tarjetas Lucas-Nulle Profibus (LM9606) con el PLC.
- ✓ Paso 3 (Configuración de dispositivos): una vez identificado el Hardware, procedo a realizar las configuraciones, tales como; sincronismo de velocidad de transferencia de datos, direcciones de cada estación (esclavos) y equipos maestros (PLC, SCADA), y Test de conexión de equipos.
- Abrir proyecto en TIA Portal.
 - Ir a configuración de dispositivos
 - Configurar direcciones.
 - Configurar velocidad de transferencia.
 - Direccionamiento de variables.
 - Conexión PC adapter USB A2.
 - Ajustar interfaz PG/PC
 - Diagnóstico de comunicación.
- ✓ Paso 4 (Conexión online): una vez se han configurado todos los equipos bajo un protocolo de comunicación específico, se procede a realizar conexión Online con todos los dispositivos direccionados, para luego comprobar que el direccionamiento sea el adecuado y verificar que la lógica secuencial establecida funcione correctamente.
- Establecer conexión online con el PLC.
 - Abrir bloques de programa.
 - Visualizar programación estructurada.
 - Visualizar variables usadas.
 - Conocer estructura de programación
- ✓ Paso 5 (Runtime): se arranca la interfaz gráfica de comunicación del sistema, para comprobar que exista conexión entre el PLC y el SCADA.
- Abrir Runtime de la pantalla en el PC.
 - Visualizar conexiones de HMI y PLC.
 - Navegar en las diferentes pantallas del SCADA.
 - Pantalla de Inicio.
 - Pantalla de ETAPAS.
 - Pantalla de sistema de transporte con accionamiento de corriente continua.

- Pantalla de estación de procesamiento.
 - Pantalla de estación de verificación.
 - Pantalla de estación de almacenamiento.
 - Pantalla de CICLO SECUENCIAL.
 - Pantalla MODO AUTUMATICO.
 - Pantalla MODO MANUAL.
 - Pantalla Alarmas.
 - Pantalla Historial.
- ✓ Paso 6 (Funcionamiento del sistema): consiste en validar el funcionamiento de la celda manufactura flexible según la lógica secuencial programada en el Autómata (PLC) y el SCADA.
- Visualizar secuencial lógica de programación.
 - Operación desde la botonera.
 - Operación desde el sistema SCADA en modo manual y en modo automático.
 - Verificación de señales según programación secuencial y operación desde el sistema SCADA.
 - Monitoreo de operación desde el sistema SCADA.
 - Buffer de alarmas.

4.1.3 Selección de herramientas

La selección de herramientas para el desarrollo del sistema de automatización, se basa en los dispositivos electrónicos y eléctricos que se encuentran integrados en la celda y el software de programación suministrado por la UNAD. La *celda de manufactura flexible* de la UNAD CEAD Palmira, un computador con el software de programación TIA PORTAL V14 SP1 para realizar el desarrollo del algoritmo de programación en el PLC y la implementación del sistema SCADA para monitoreo y control del proceso de la *celda de manufactura flexible*.

Otra herramienta fundamental para continuar con el desarrollo del sistema son los manuales del autómata y de las tarjetas de comunicación ubicada en cada una de las etapas de la celda, también el CD que contiene la documentación del lenguaje de programación y la estructura del hardware de las 4 etapas de la celda. También se hace necesario el uso del archivo GSD de las tarjetas de comunicación que se encuentra en cada una de las etapas, ya que estos contienen información acerca de las capacidades básicas de dichas tarjetas, por lo tanto, es quien permite su configuración en el software del PLC.

Conclusiones

- ✓ A través del problema que se identificó para el desarrollo de este trabajo de grado con la *celda de manufactura flexible* se direcciona hacia la investigación aplicada, la cual permite impulsar el proceso científico, constituyéndose en la base fundamental de un análisis minucioso para un determinado caso de estudio y de esta forma se logra interactuar con un software de última tecnología el TIA Portal de SIEMES que brinda altas prestaciones en la industria y que además es nuevo en su incorporación en el proceso industrial de las empresas.
- ✓ La determinación de la justificación, objetivos y alcance de un problema de investigación aplicado constituyen la columna vertebral de la metodología a seguir durante el desarrollo paulatino de las diferentes fases de estudio de un tema específico, como la metodología que se incorporó en la *celda de manufactura flexible* para llevar a cabo su optimización y automatización de la misma, ya que todos los procesos de producción en ingeniería son susceptibles de ser optimizados y automatizados, buscando una mejora continua en dicho proceso.
- ✓ Es indispensable en todos los procesos de formación reforzar los conceptos teóricos mediante laboratorios experimentales, por lo tanto, la automatización de la celda de manufactura flexible, de la UNAD CEAD Palmira, se convierte en una oportunidad de mejora de este tipo de experiencias para la comunidad académica.
- ✓ Establecer un enlace de comunicación entre el Autómata (PLC) y el sistema de monitoreo SCADA, nos permite entender cómo se interpreta y se estructura la información entre el PLC y el SCADA.
- ✓ Diseñar un contenido didáctico para la apropiación de conocimientos en automatización apoyado por la celda de manufactura flexible de la UNAD CEAD Palmira, permite entender los fundamentos teóricos del proceso industrial y de la automatización, como estos se relacionan entre sí, su importancia en la industria, como también la estructura de la pirámide de la automatización.
- ✓ Se percibe como la *celda de manufactura flexible* desde un nivel cero en la pirámide de la automatización, aplicándole la metodología propuesta en este trabajo de grado como resultado de la automatización de la misma, se logra escalar hasta el nivel 3 de operación y supervisión HMI, SCADA.
- ✓ Los contenidos didácticos buscan guiar y enseñar a los estudiantes de ingeniería electrónica el proceso de automatización que se realiza en la industria, apropiando al estudiante del conocimiento en la automatización industrial.

Lista de referencias

- ACPI, C. (23 de Febrero de 2014). *Automatización de Procesos Industriales. Equipo DCS*. Recuperado el 2018, de <https://youtu.be/OmsjHP-Yej4>
- Cabús, J. R., Navarrete, D. G., & Porras, R. P. (2004). Sistemas SCADA. *comunicación*, 1024, 64k. Recuperado el 2018, de <http://ocw.upc.edu/sites/ocw.upc.edu/files/materials/14589/2011/1/54326/40201-3452.pdf>
- Cáceres, C. A., & Amaya, D. (2016). Desarrollo e interacción de un laboratorio virtual asistido y controlado por PLC. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 10(19), 9-15. Recuperado el 2018, de <http://www.scielo.org.co/pdf/ecei/v10n19/v10n19a02.pdf>
- Components, R. (s.f.). CPU para PLC Siemens S7-300. Pozuelo de Alarcón, Madrid, España. Recuperado el 2018, de https://media.rs-online.com/t_large/S7877992-01.jpg
- Eibar, E. U. (s.f.). *AUTOMATIZACIÓN*. Recuperado el 2017 de Diciembre, de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>
- G. CENDOYA, M., N. BERMÚDEZ, A., F. FARIAS, M., & C. ROQUEZ, A. (2012). Introducción a los sistemas de control de procesos industriales. Recuperado el 2018, de http://www.ing.unlp.edu.ar/catedras/E0284/descargar.php?secc=0&id=E0284&id_inc=1344
- García Hernández, I., & de las Mercedes Cruz Blanco, G. (2014). Las guías didácticas: recursos necesarios para el aprendizaje autónomo. *Edumecentro*, 6(3), 162-175. Recuperado el 2018, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2077-28742014000300012&script=sci_arttext&tlng=pt
- Granado, E., Marín, W., & Pérez, O. (2010). Desarrollo de un laboratorio de sistemas y comunicaciones industriales para la mejora del proceso enseñanza/aprendizaje. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 25(1), 33-42. Recuperado el 2018, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-40652010000100004&script=sci_arttext&tlng=en
- Indusoft. (31 de Mayo de 2013). ¿Cuál es la diferencia entre SCADA y HMI? Recuperado el 2018, de <http://www.indusoft.com/blog/2013/05/31/cual-es-la-diferencia-entre-scada-y-hmi/>

- Ltd, M. A. (s.f.). Simatic S7-1500. Recuperado el 2018, de http://www.mcs.com.tr/imagess/s7-15002_woo9f0l_54961.jpg
- Masvoltaje. (s.f.). SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU compacta, AC/DC/Relé. España. Recuperado el 2018, de <https://masvoltaje.com/2085-large/simatic-s7-1200-cpu-1214c-cpu-compacta-ac-dc-rele.jpg>
- Moreno, E. G. (2011). Automatización de procesos industriales. *A. omega, Ed. Alfa omega*. Recuperado el 2018, de http://doctorado.umh.es/programas%202005_2007/Automatica_asignaturas.pdf
- Muñoz-Marí, J., Rosado-Muñoz, A., Guerola-Tortosa, J., & Blay-Corcho, W. (2004). Laboratorio de Sistemas Industriales Distribuidos: Un recorrido práctico por las tecnologías de comunicación industrial. Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica TAEE2004. Valencia, España. Recuperado el 2018, de <http://espacio.uned.es:8080/fedora/get/taee:congreso-2004-1050/S2C02.pdf>
- Nülle, L. (s.f.). Subsistemas mecatrónicos con Siemens PLC. Recuperado el 2018, de <https://www.lucas-nuelle.es/2273/apg/7582/Subsistemas-mecatroacutenicos-con-Siemens-PLC.htm>
- Nülle, L. (s.f.). Download Drivers, Software y Updates. *GSD File - LM9606 and LM9607* . Recuperado el 2018, de <https://www.lucas-nuelle.es/2362/Descargas/Drivers,-Software-y-Updates.htm#automatisierung>
- Páez, J. (01 de Noviembre de 2015). El PLC en la Automatización de Procesos Industriales. Recuperado el 2018, de <https://youtu.be/1AV3iq0D6Hk>
- Pantoja Farfan, D. S., & Castro Torres, D. A. (2015). Diseño e implementación de un sistema de dosificación y transporte para la celda flexible de manufactura a nivel didáctico de la Fundación Universidad América.
- Penin, A. R. (2011). *Sistemas Scada*. Marcombo. Recuperado el 2018, de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=cNQfjbBcUq8C&oi=fnd&pg=PA1&dq=Sistemas+Scada.+Marcombo&ots=4GNVrzJPXz&sig=OfAgJCRVcZpbzQIxDNUKLCxZdE>
- Pérez-López, E. (2015). Los sistemas SCADA en la automatización industrial. *Revista Tecnología en Marcha*, 28(4), 3-14. Recuperado el 2018, de http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/download/2438/2224

- PLC-City. (s.f.). Simatic S7-400. Casandrino (NA), Italia. Recuperado el 2018, de http://www.contaval-online.com/23850-home_default/st70-400-simatic-s7-400-6es7416-3es06-0ab0.jpg
- Ruedas, C. (2010). Automatización Industrial: Áreas de aplicación en la Ingeniería. *Boletín Electrónico*, (10). Recuperado el 2018, de www.academia.edu/download/52296501/Automatizacion_Industrial.WWW.FREELIBRO_S.COM.pdf
- s7automation. (s.f.). Siemens Simatic S7-200 CPU 224 Module. Recuperado el 2018, de <http://www.s7automation.com/wp-content/uploads/2014/06/cpu-224.jpg>
- SIEMENS. (s.f.). Controladores avanzados. *La solución óptima para automatizaciones complejas*. Recuperado el 2018, de https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores_modulares/controlador_avanzado/Pages/Default.aspx
- SIEMENS. (s.f.). Totally Integrated Automation Portal. Recuperado el 2018, de https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Tia-Portal/tia_portal/PublishingImages/TIAPHardware.JPG
- SlidePlayer. (s.f.). Automatización Industrial PLCs SIMATIC S7. Recuperado el 2018, de <https://image.slidesharecdn.com/23261257-clase1-plc-100831104949-phpapp01/95/plc-26-728.jpg?cb=1283252599>
- SlidePlayer. (s.f.). El software estándar STEP 7. Recuperado el 2018, de <http://slideplayer.es/slide/1647152/6/images/16/El+software+est%C3%A1ndar+STEP+7.jpg>
- Telenchana, L., Stalin, L., & Tene López, A. R. (2012). *Diseño y Construcción de un Módulo de Laboratorio para Simulación y Automatización de Procesos Industriales Mediante un Autómata, Panel Operador, Software SCADA y un Prototipo Fabril a Escala* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Recuperado el 2018, de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2405>
- ZAFRILLA, G. R. M. (2016). *Sistema de visualización y monitorización de un proceso distribuido* (Doctoral dissertation). Recuperado el 2018, de <https://riunet.upv.es/handle/10251/75767>

Anexos

Metodología

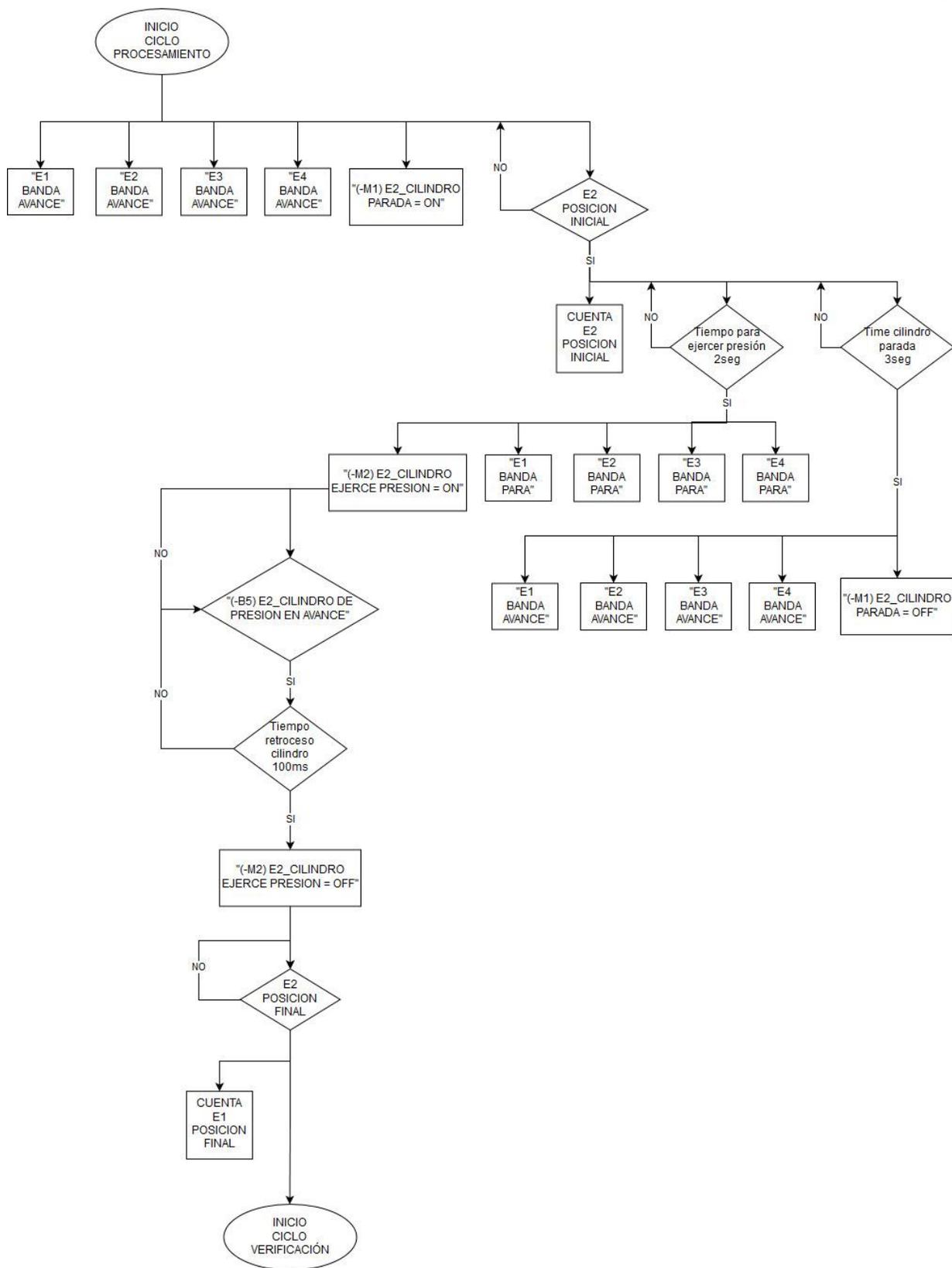
- ✓ Describir el funcionamiento de la celda manufactura flexible UNAD CEAD Palmira.
- ✓ Reconocimiento de Hardware en sus conexiones de dispositivos o equipos de la celda manufactura flexible UNAD CEAD Palmira.
- ✓ Verificación de configuración de dispositivos en el TIA PORTAL V14 SP1.
- ✓ Establecer conexión Profibus DP online con PLC_1 [CPU 313C – 2DP], con las 4 estaciones Lucas-Nulle Profibus LM9606 y verificar lógica secuencial establecida.
- ✓ Iniciar Runtime en el PC como interfaz gráfica de comunicación sistema SCADA.
- ✓ Funcionamiento del sistema de la celda manufactura flexible UNAD CEAD Palmira según lógica secuencial.

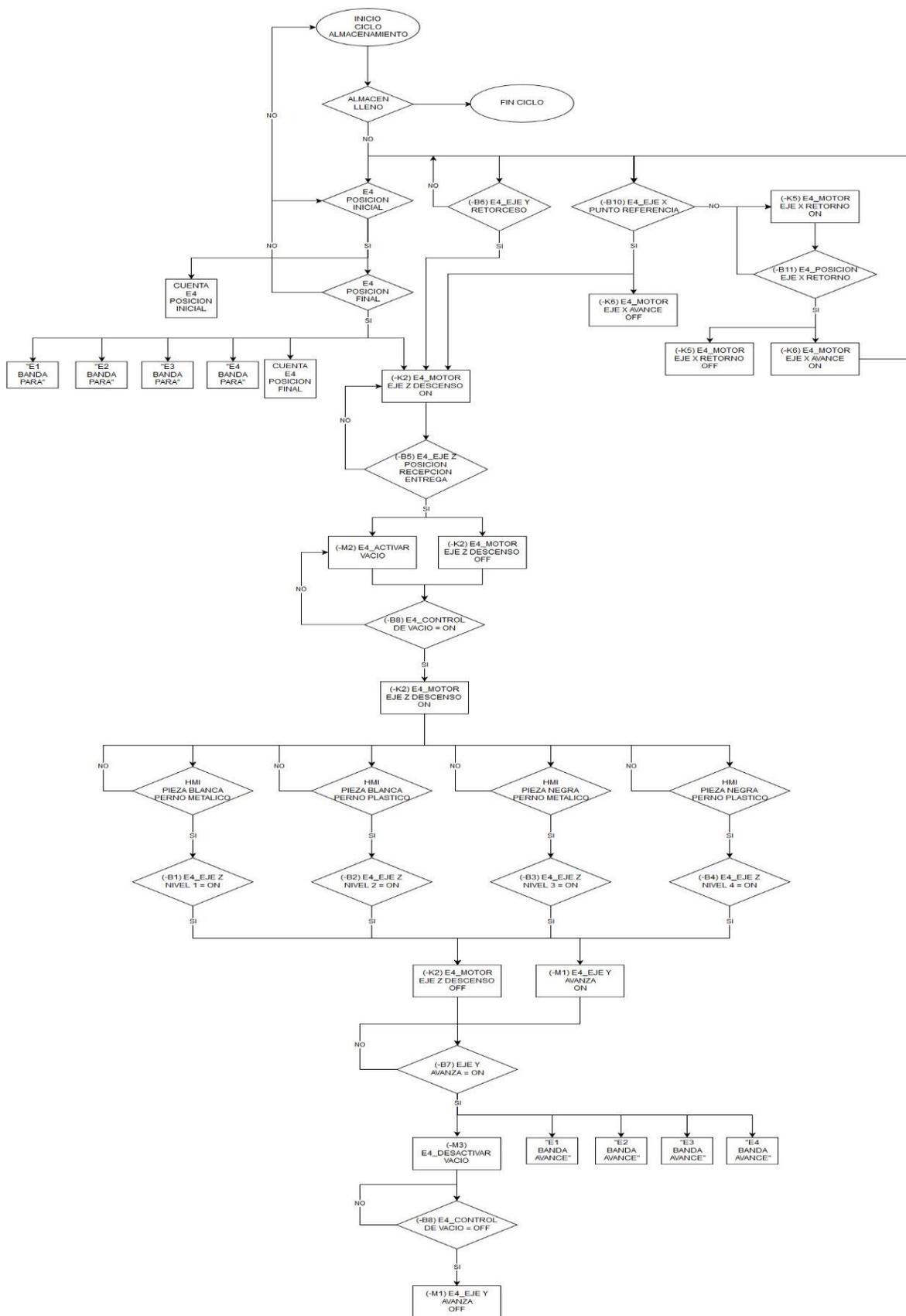
Objetivo

- ✓ Realizar simulación e interpretación a través de la secuencia lógica establecida en un controlador lógico programable (PLC) para la celda manufactura flexible UNAD CEAD Palmira, que consiste en realizar movimientos y verificación de funcionamiento con una interfaz gráfica (SCADA).

Requisitos

- ✓ Conocimientos básicos en electrónica digital, algebra boolean, algoritmos, comunicaciones industriales, control de procesos, automatización.
- ✓ Conocimientos básicos de tecnología de control automático (operaciones lógicas básicas, flip flops o biestables, elementos temporizadores, contadores, controles de secuencia, diagramas lógicos).
- ✓ Conocimientos básicos de programación con la unidad TIA PORTAL V14 SP1 (Step 7 professional V14 SP1 y WinCC professional V14 SP1)
- ✓ Tener un PC con el software de programación TIA PORTAL V14 SP1 (Step 7 professional V14 SP1 y WinCC professional V14 SP1) con su respectiva licencia.
- ✓ Conocimientos en redes de comunicación Profibus.
- ✓ Haber visto el contenido didáctico para el sistema de transporte con accionamiento de corriente continua, la estación de verificación, la estación de procesamiento y la estación de almacenamiento.





Práctica 2: Reconocimiento de Hardware.

Descripción de la práctica: Reconocimiento de Hardware en sus conexiones de dispositivos o equipos de la celda de manufactura flexible de la UNAD.

Lista de dispositivos del sistema de transporte con accionamiento de corriente continua:

- ✓ Motor de corriente continua.
- ✓ 2 sensores magnéticos de posición final (-B1, -B2).
- ✓ 1 Placa portador de piezas.
- ✓ PLC CPU 313C – 2DP.
- ✓ Tarjeta Lucas-Nulle Profibus de 16 entradas y 16 salidas digitales (Referencia: LM9606).
- ✓ Cable Profibus DP.
- ✓ PC adapter USB A2 6GK1571-0BA00-0AA0.
- ✓ PC con el software de programación TIA PORTAL V14 SP1 (Step 7 professional V14 SP1 y WinCC professional V14 SP1).

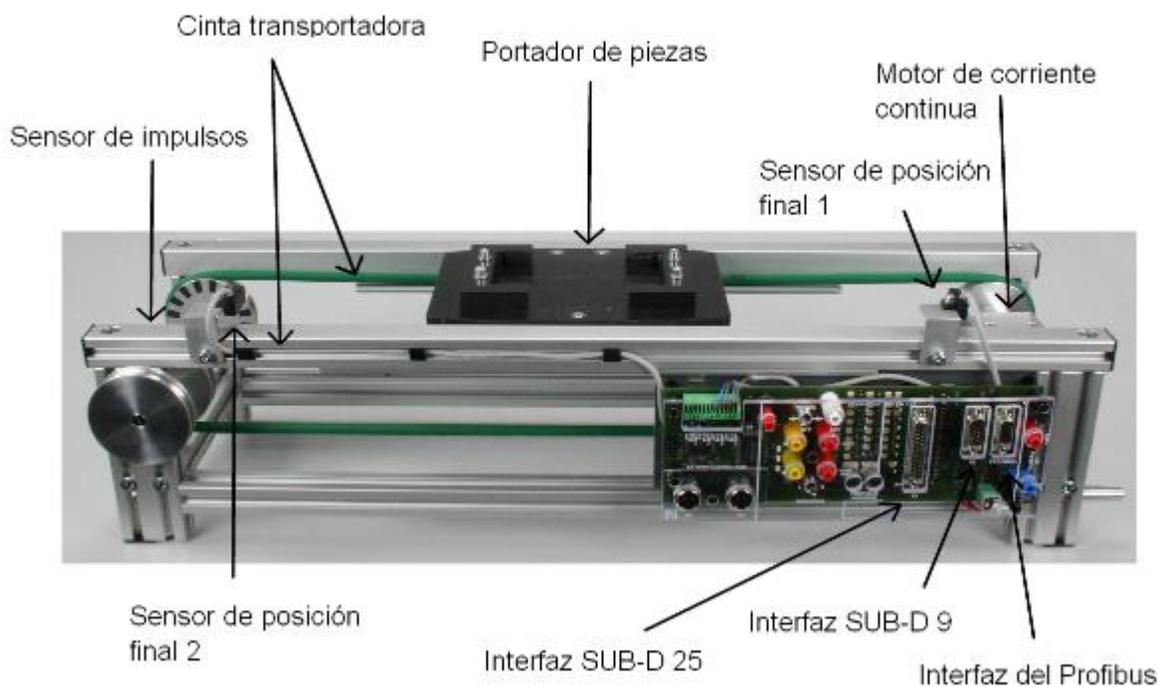
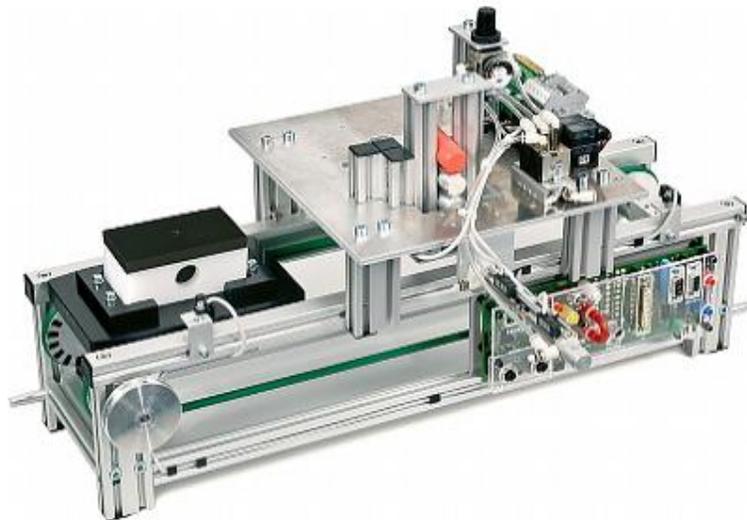


Figura 25: Montaje del sistema de transporte

Lista de dispositivos de la estación de procesamiento:

- ✓ Motor de corriente continua.
- ✓ 2 sensores magnéticos de posición final (-B1, -B2).
- ✓ 1 sensor magnético (-B3) para reconocimiento de la posición final superior del cilindro de parada.
- ✓ 1 sensor mecánico (-B6) para el control de llenado del almacén.
- ✓ 2 sensores magnéticos (-B4, -B5) para control de la posición final del émbolo de presión.
- ✓ 1 cilindro neumático de parada de doble acción (activado por medio de la válvula de 4 a 2 vías -M1).
- ✓ 1 cilindro neumático de doble acción para someter el perno a presión (activado por medio de la válvula de 4 a 2 vías -M2).
- ✓ 2 válvulas de 4 a 2 vías -M1 y -M2.
- ✓ 1 Placa portador de piezas.
- ✓ 1 Parte inferior de pieza de trabajo.
- ✓ 1 Parte superior de pieza de trabajo.
- ✓ 1 Perno de pieza de trabajo.
- ✓ PLC CPU 313C – 2DP.
- ✓ Tarjeta Lucas-Nulle Profibus de 16 entradas y 16 salidas digitales (Referencia: LM9606).
- ✓ Cable Profibus DP.
- ✓ PC adapter USB A2 6GK1571-0BA00-0AA0.
- ✓ PC con el software de programación TIA PORTAL V14 SP1 (Step 7 professional V14 SP1 y WinCC professional V14 SP1).



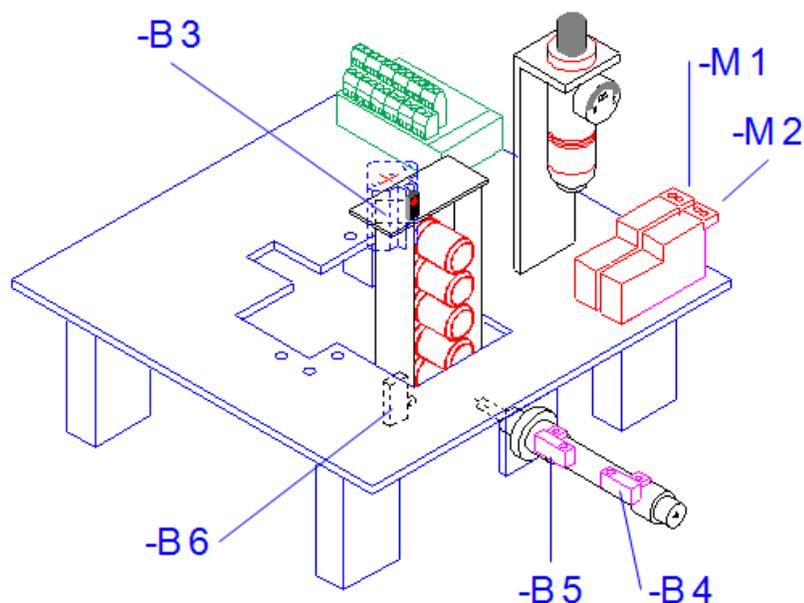


Figura 26: Montaje de la estación de procesamiento

Lista de dispositivos de la estación de verificación:

- ✓ Motor de corriente continua.
- ✓ 2 sensores magnéticos de posición final (-B1, -B2).
- ✓ 1 sensor magnético (-B3) para reconocimiento de la posición final superior del cilindro de parada.
- ✓ 1 sensor óptico (-B4) para reconocimiento del color blanco de la parte inferior de la pieza de trabajo (explorador de punto luminoso).
- ✓ 1 sensor inductivo (-B5) para reconocimiento de un perno metálico.
- ✓ 1 sensor capacitivo (-B6) para reconocimiento de una pieza de trabajo.
- ✓ 1 sensor óptico (-B7) para reconocimiento del color blanco de la parte superior de la pieza de trabajo.
- ✓ 1 cilindro neumático de parada de doble acción (activado por medio de la válvula de 4 a 2 vías -M1).
- ✓ 1 válvula de 4 a 2 vías -M1.
- ✓ 1 Placa portador de piezas.
- ✓ 1 Parte inferior de pieza de trabajo.
- ✓ 1 Parte superior de pieza de trabajo.

- ✓ 1 Perno de pieza de trabajo.
- ✓ PLC CPU 313C – 2DP.
- ✓ Tarjeta Lucas-Nulle Profibus de 16 entradas y 16 salidas digitales (Referencia: LM9606).
- ✓ Cable Profibus DP.
- ✓ PC adapter USB A2 6GK1571-0BA00-0AA0.
- ✓ PC con el software de programación TIA PORTAL V14 SP1 (Step 7 professional V14 SP1 y WinCC professional V14 SP1).

Montaje de la estación de verificación

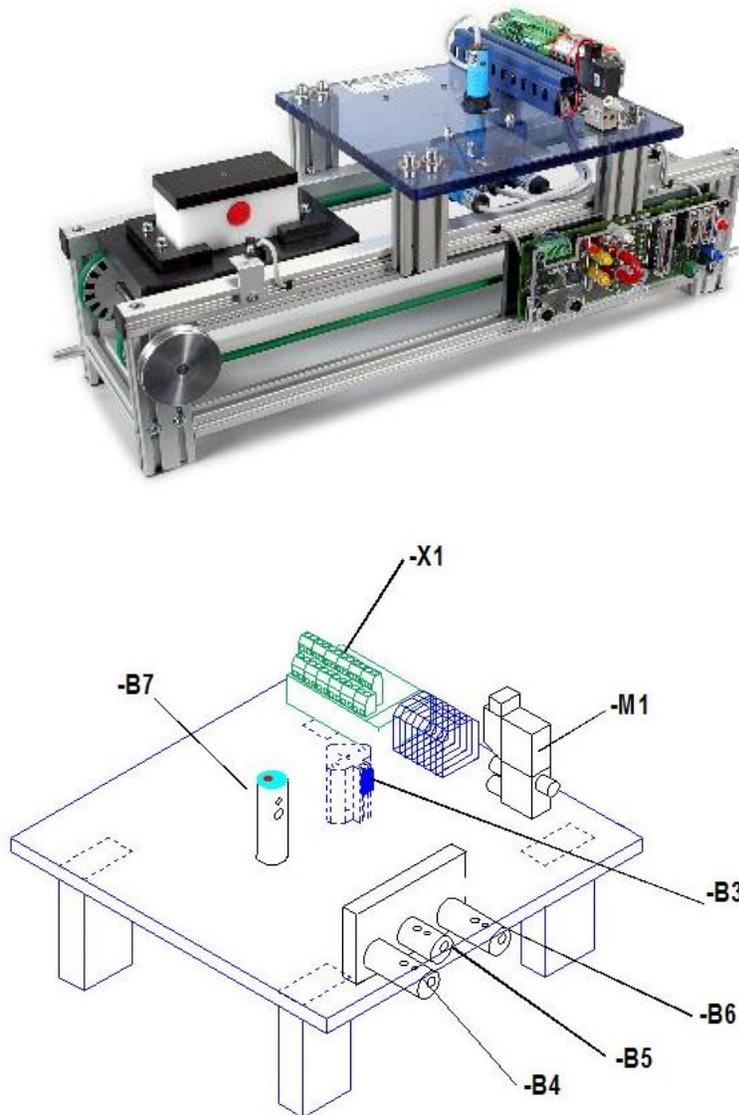


Figura 27: Montaje de la estación de verificación

Lista de dispositivos de la estación de almacenamiento:

- ✓ Motor de corriente continua
- ✓ 2 sensores magnéticos de posición final (-B20, -B21).
- ✓ 1 sensor magnético (-B3) para reconocimiento de la posición final superior del cilindro de parada.
- ✓ 1 sensor mecánico (-B6) para el control de llenado del almacén.
- ✓ 2 sensores magnéticos (-B4, -B5) para control de la posición final del émbolo de presión.
- ✓ 1 cilindro neumático de parada de doble acción (activado por medio de la válvula de 4 a 2 vías -M1).
- ✓ 1 cilindro neumático de doble acción para someter el perno a presión (activado por medio de la válvula de 4 a 2 vías -M2).
- ✓ 2 válvulas de 4 a 2 vías -M1 y -M2.
- ✓ 1 Placa portador de piezas.
- ✓ 1 Parte inferior de pieza de trabajo.
- ✓ 1 Parte superior de pieza de trabajo.
- ✓ 1 Perno de pieza de trabajo.
- ✓ PLC CPU 313C – 2DP.
- ✓ Tarjeta Lucas-Nulle Profibus de 16 entradas y 16 salidas digitales (Referencia: LM9606).
- ✓ Cable Profibus DP.
- ✓ PC adapter USB A2 6GK1571-0BA00-0AA0.
- ✓ PC con el software de programación TIA PORTAL V14 SP1 (Step 7 professional V14 SP1 y WinCC professional V14 SP1).



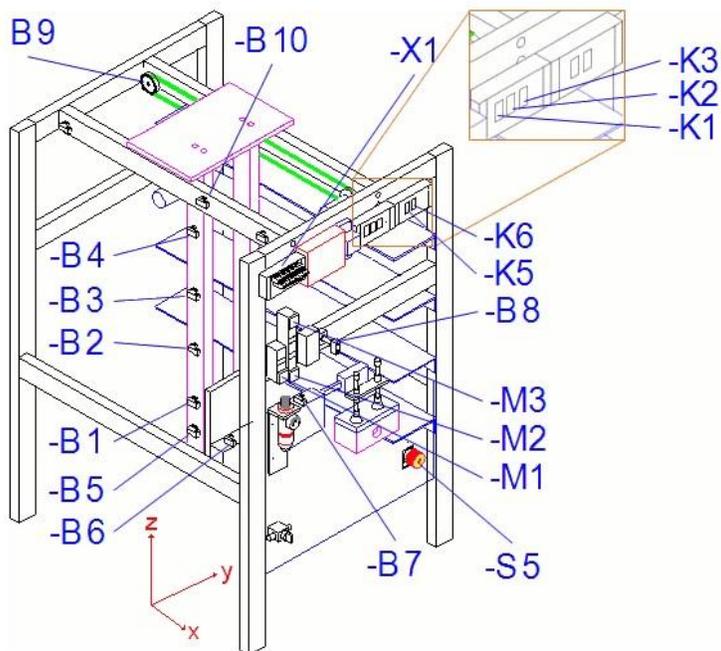


Figura 28: Montaje de la estación de almacenamiento

Conexión Profibus DP de las tarjetas Lucas-Nulle Profibus (LM9606) con el PLC

1. Identificamos el cable Profibus DP con 5 conectores Profibus, de los cuales una es para el PLC SIEMENS S7-300 y los otros 4 son las tarjetas Lucas-Nulle Profibus (LM9606) que se encuentran en cada una de las estaciones (sistema de transporte, procesamiento, verificación y almacenamiento).



Figura 29: conectores de la Red Profibus DP

2. Se conecta el PLC SIEMENS S7-300 en el conector X2 DP como muestra la gráfica, se observa que el Dipswitch del conector Profibus está “ON”, esto quiere decir; que es un extremo, por lo tanto, solo consta de un solo cable a la entrada del conector. Se debe direccionar el Autómata, en este caso se le asigna la dirección Profibus DP 2 (PLC).



Figura 30: Conector X2 DP del PLC

3. Se conecta la tarjeta Lucas-Nulle en el conector Profibus como muestra la gráfica, se observa que el Dipswitch del conector Profibus está “OFF”, esto quiere decir; que es un nodo intermedio, por lo tanto, consta de dos solo cables a la entrada del conector. Se debe direccionar la tarjeta con un nodo específico, en el caso de esta estación que corresponde a la banda y la botonera se le asigna la dirección Profibus DP 4 (Estación 1). Para poder energizar esta tarjeta debemos de alimentarla en los terminales Rojo (24VDC) y Azul (0VDC) como ilustra la imagen.

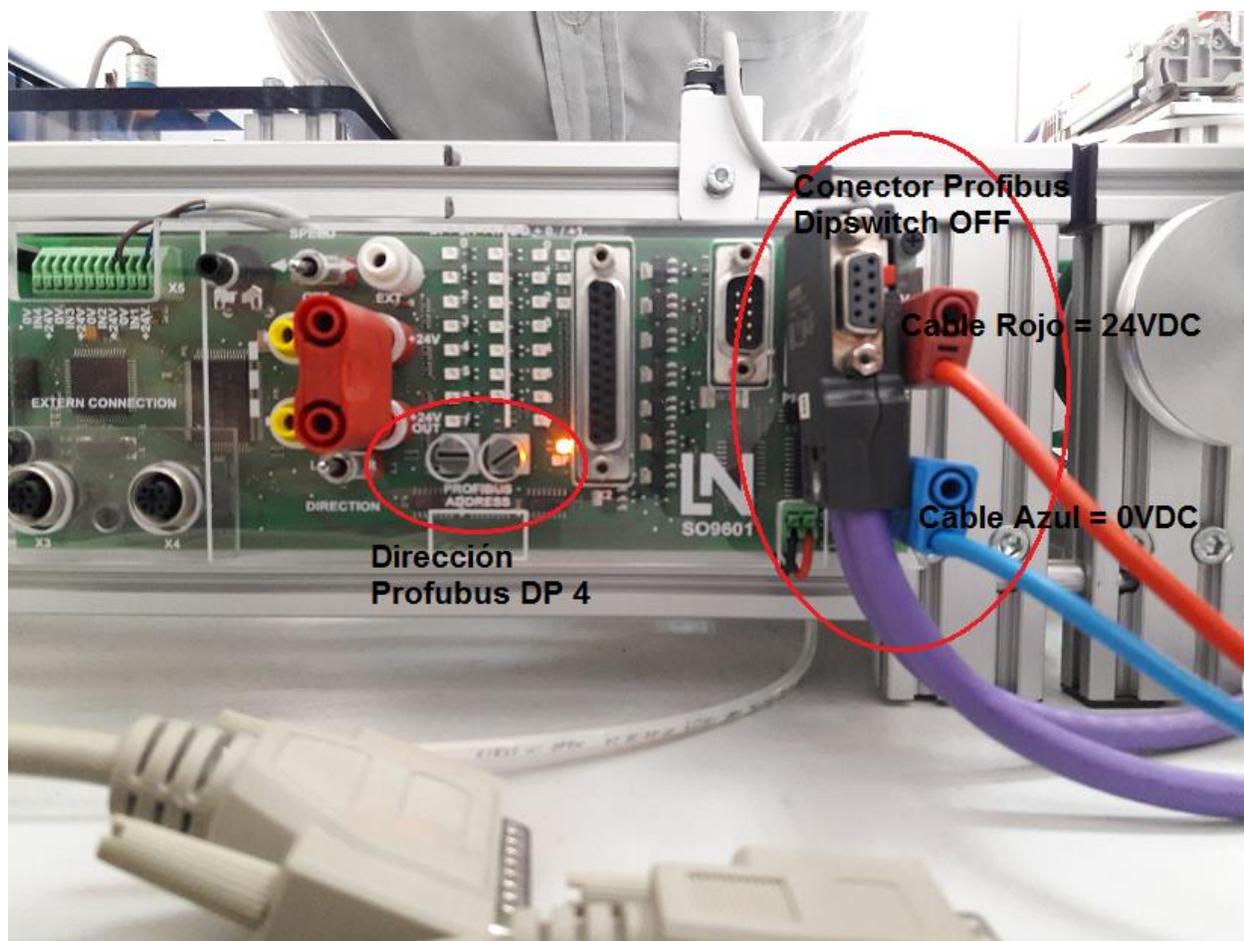


Figura 31: Tarjeta Profibus DP 4

4. Se conecta la tarjeta Lucas-Nulle en el conector Profibus como muestra la gráfica, se observa que el Dipswitch del conector Profibus está “OFF”, esto quiere decir; que es un nodo intermedio, por lo tanto, consta de dos solo cables a la entrada del conector. Se debe direccionar la tarjeta con un nodo específico, en el caso de esta estación que corresponde a la banda y el procesamiento se le asigna la dirección Profibus DP 5 (Estación 2). Para poder energizar esta tarjeta debemos de alimentarla en los terminales Rojo (24VDC) y Azul (0VDC) como ilustra la imagen.

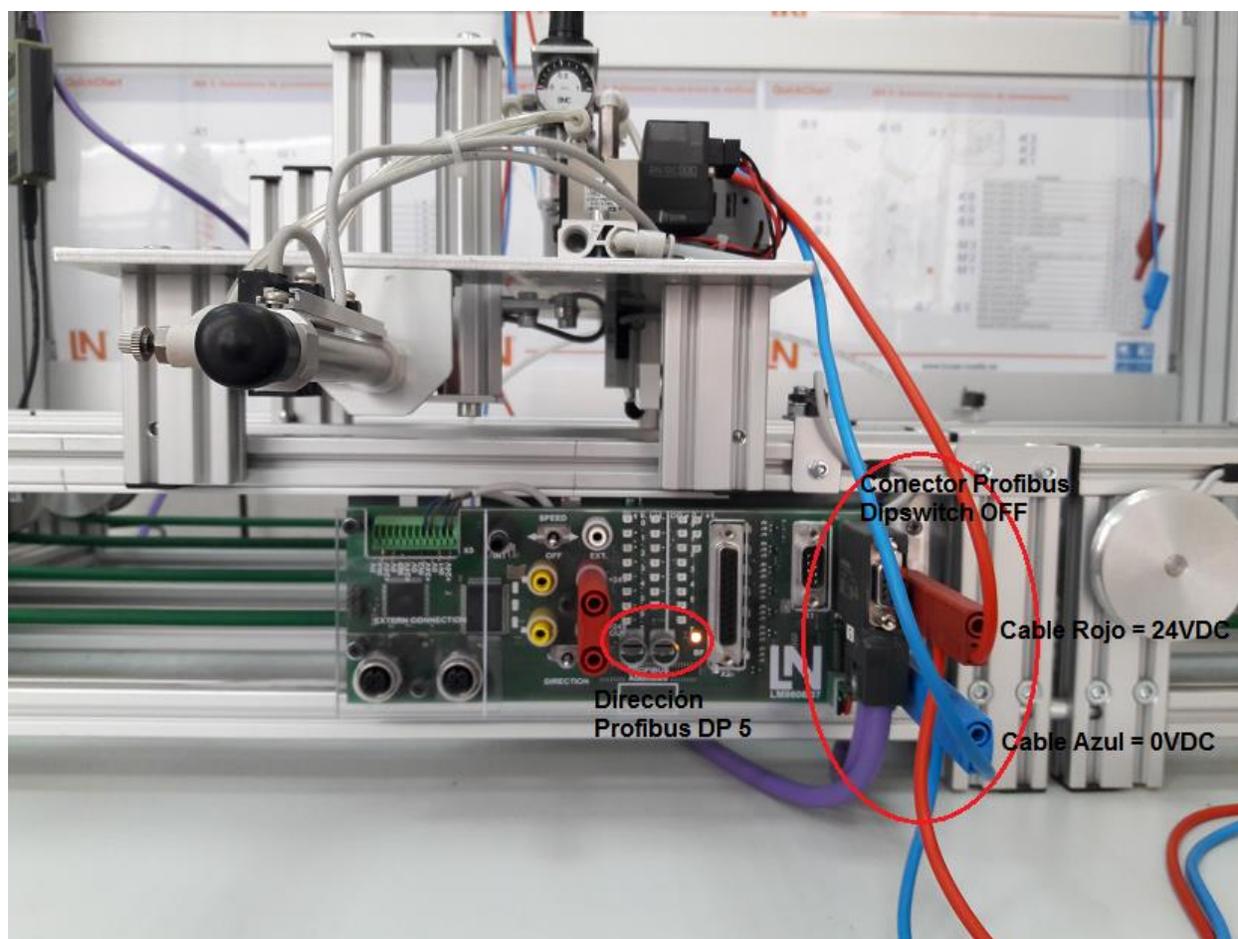


Figura 32: Tarjeta Profibus DP 5

5. Se conecta la tarjeta Lucas-Nulle en el conector Profibus como muestra la gráfica, se observa que el Dipswitch del conector Profibus está “OFF”, esto quiere decir; que es un nodo intermedio, por lo tanto, consta de dos solo cables a la entrada del conector. Se debe direccionar la tarjeta con un nodo específico, en el caso de esta estación que corresponde a la banda y la verificación se le asigna la dirección Profibus DP 6 (Estación 3). Para poder energizar esta tarjeta debemos de alimentarla en los terminales Rojo (24VDC) y Azul (0VDC) como ilustra la imagen.

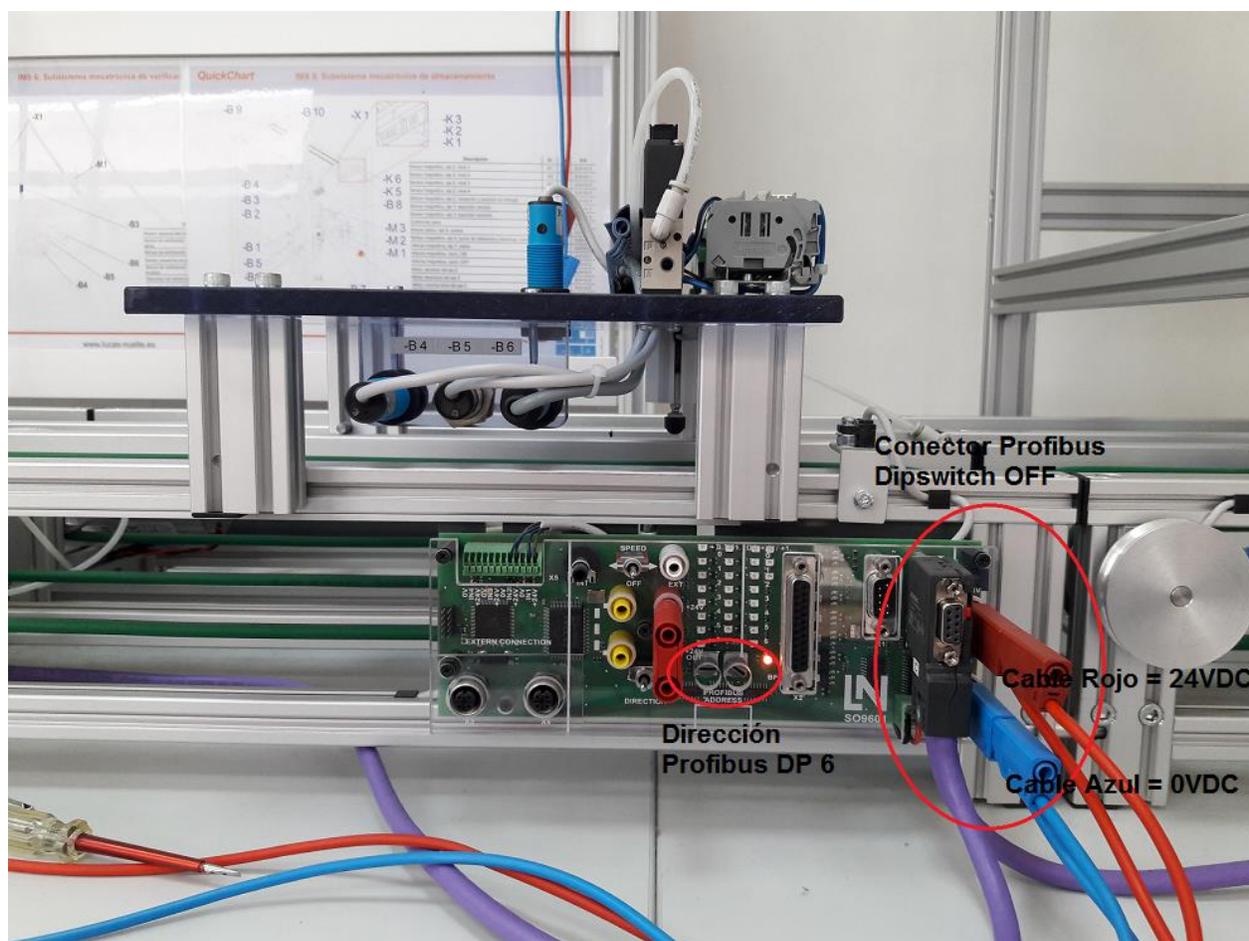


Figura 33: Tarjeta Profibus DP 6

6. Se conecta la tarjeta Lucas-Nulle en el conector Profibus como muestra la gráfica, se observa que el Dipswitch del conector Profibus está “ON”, esto quiere decir; que es un extremo, por lo tanto, solo consta de un solo cable a la entrada del conector. Se debe direccionar la tarjeta con un nodo específico, en el caso de esta estación que corresponde a la banda y el almacenamiento se le asigna la dirección Profibus DP 7 (Estación 4). Para poder energizar esta tarjeta debemos de alimentarla en los terminales Rojo (24VDC) y Azul (0VDC) como ilustra la imagen.

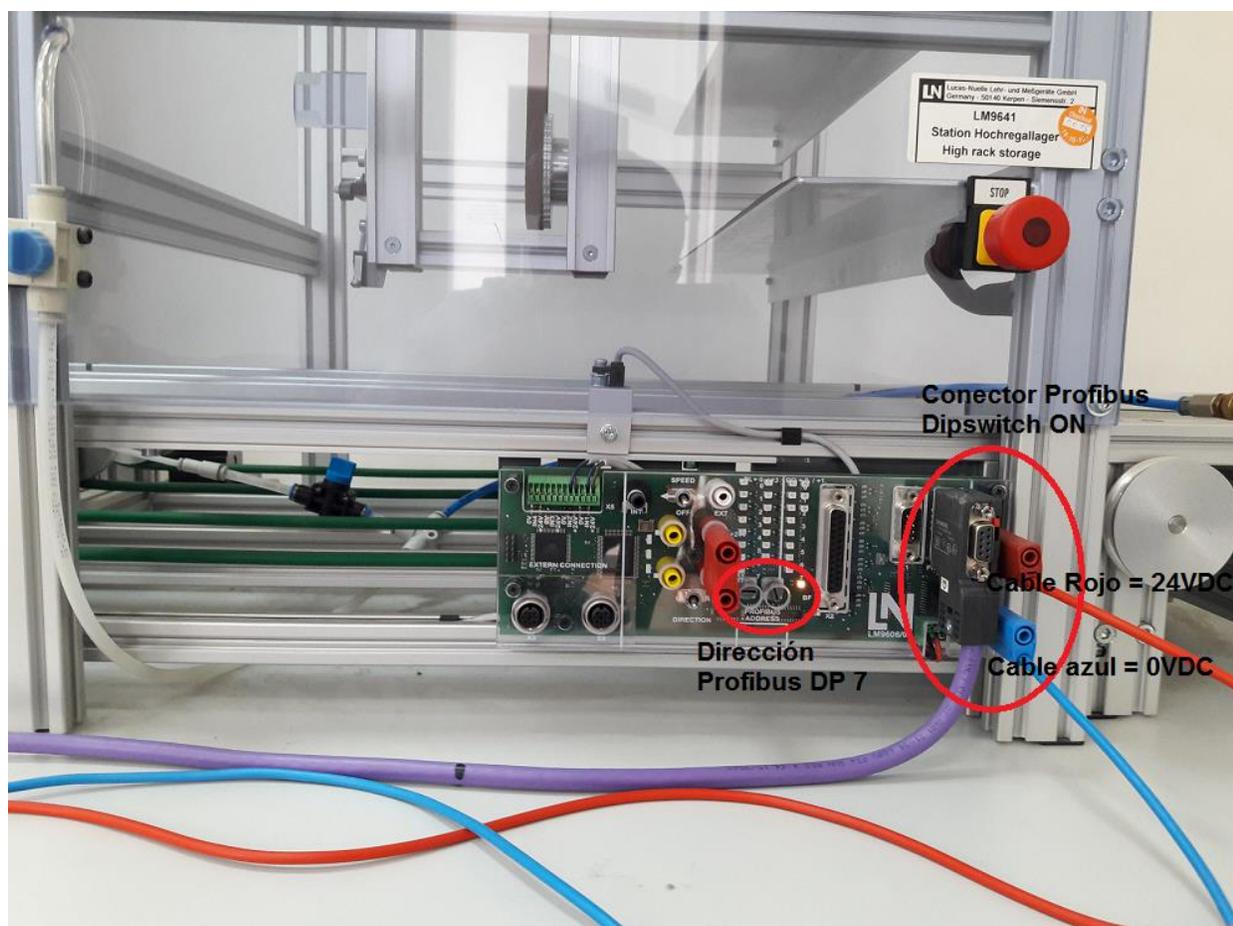


Figura 34: Tarjeta Profibus DP 7

7. Se conecta el PC adapter USB A2 entre el PLC y el PC, esta conexión será la interfaz gráfica SCADA, la que estará comunicará con el PC, como también será la comunicación con el TIA Portal V14 SP1 para observar la secuencia lógica online del PLC. El PC adapter USB A2 se le asigna la dirección Profibus DP 3 (PC - PLC).

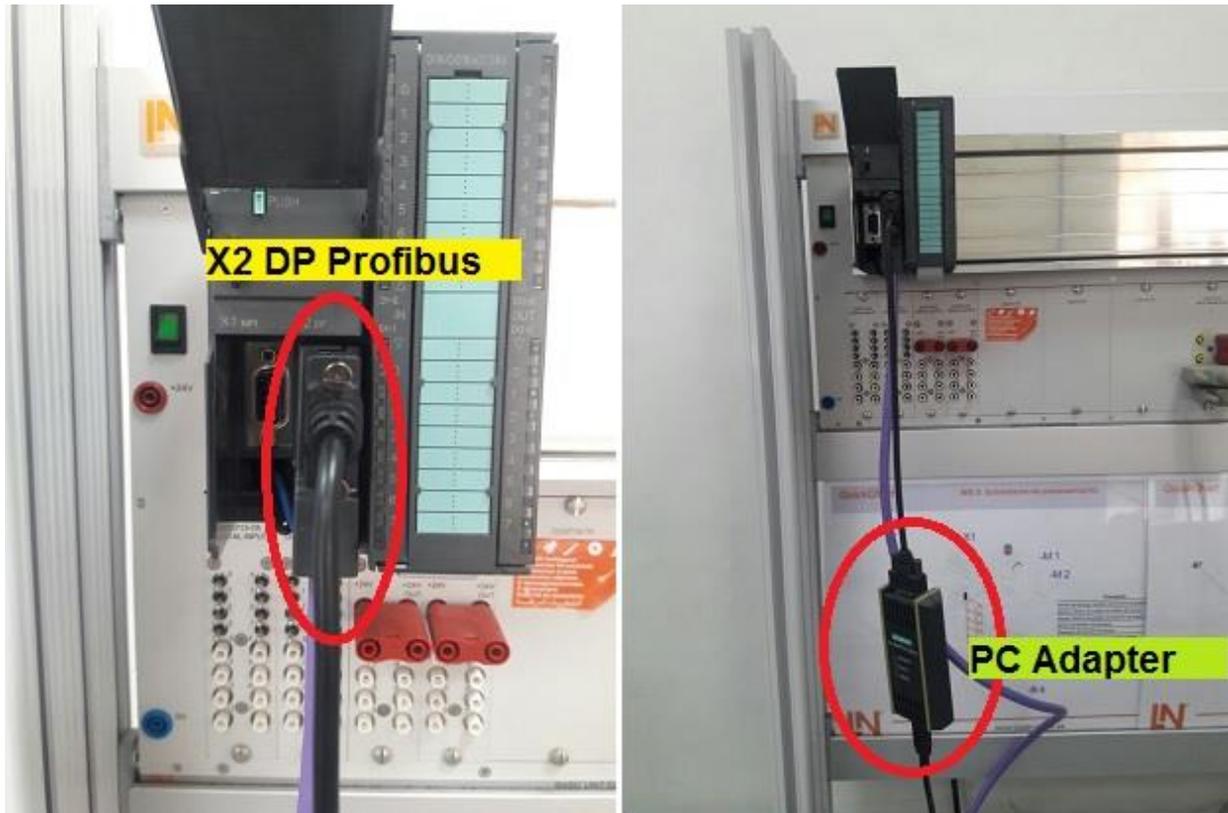


Figura 35: PC adapter USB A2 entre el PLC y el PC

Práctica 3: Configuración de dispositivos.

Descripción de la práctica: Verificación de configuración de dispositivos en el TIA PORTAL V14 SP1.

Abrir proyecto que está ubicado en la carpeta “PROYECTO CELDA MANUFACTURA FLEXIBLE UNAD_PROFIBUS”.

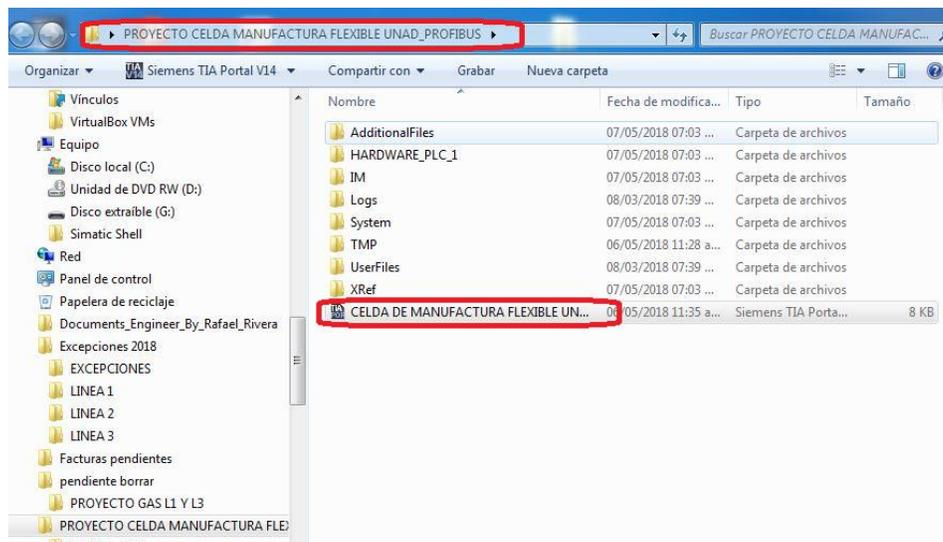


Figura 36: Carpeta de proyecto

Ir a “Vista del proyecto”

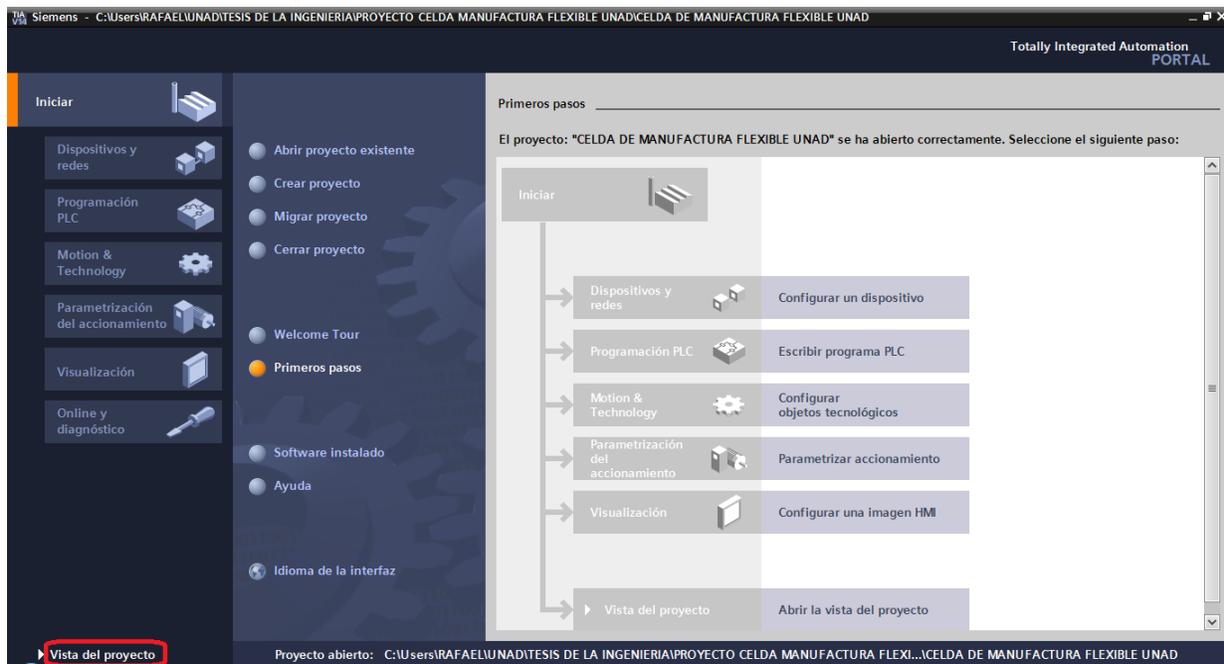


Figura 37: TIA Portal vista del proyecto

1. Ir a “CELDA DE MANUFACTURA FLEXIBLE UNAD”
2. Ir a “PLC_1 [CPU 313C-2 DP]”
3. Ir a “Configuración de dispositivos”

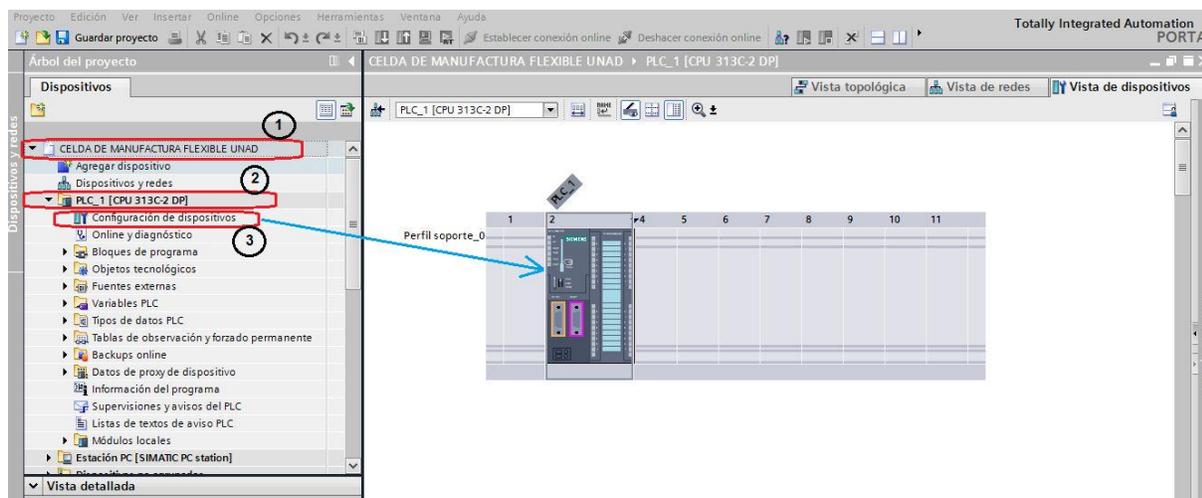


Figura 38: TIA Portal configuración PLC

4. Ir a “Vistas de redes”

5. Ir a “Mostrar direcciones”

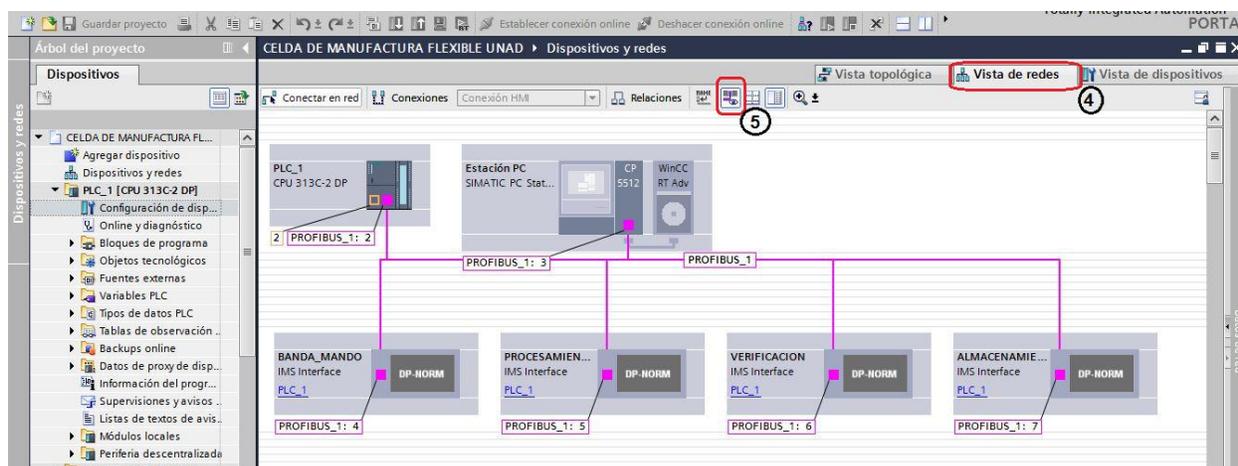


Figura 38: TIA Portal Red Profibus dispositivos

- ✓ El PLC_1 tiene configurada la dirección Profibus número 2.
- ✓ La estación PC tiene configurada la dirección Profibus número 3.
- ✓ BANDA_MANDO “IMS Interface” tiene configurada la dirección Profibus número 4.
- ✓ PROCESAMIENTO “IMS Interface” tiene configurada la dirección Profibus número 5.
- ✓ VERIFICACION “IMS Interface” tiene configurada la dirección Profibus número 6.
- ✓ ALMACENAMIENTO “IMS Interface” tiene configurada la dirección Profibus número

6. Verificar la velocidad de transferencia para el protocolo de comunicación Profibus configurado, para esto, dar clic derecho en el protocolo del PLC (cuadro de color morado).

7. Luego ir a “Propiedades”.

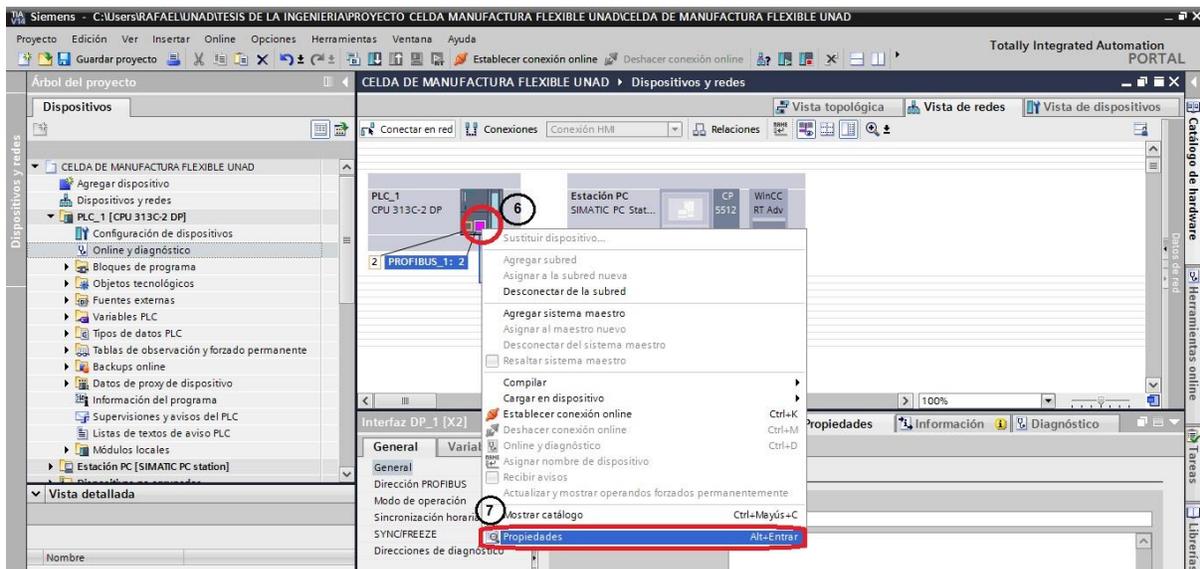


Figura 39: TIA Portal propiedades PLC

8. Ir a “Direcciones PROFIBUS”
9. Verificar “Velocidad de transferencia”

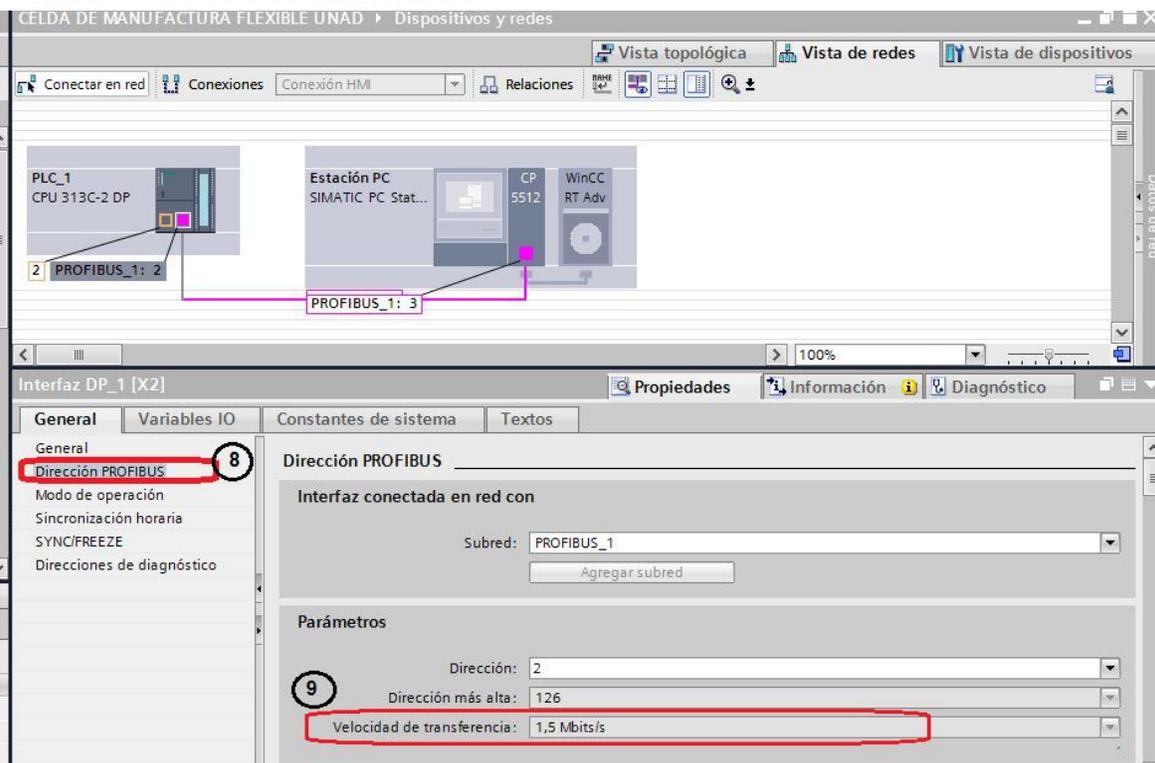


Figura 40: TIA Portal velocidad de transferencia Red Profibus

Realizar los mismos pasos para verificar la velocidad de transferencia de la estación PC. La velocidad de transferencia debe ser la misma para el PLC, la estación PC, BANDA_MANDO “IMS Interface”, PROCESAMIENTO “IMS Interface”, VERIFICACION “IMS Interface” y ALMACENAMIENTO “IMS Interface”, para garantizar sincronismo en la transferencia de datos y no ocurran problemas de comunicación.

Direccionamiento de Hardware

1. Ir a PLC_1, dar clic derecho.
2. Luego ir a “Propiedades”.

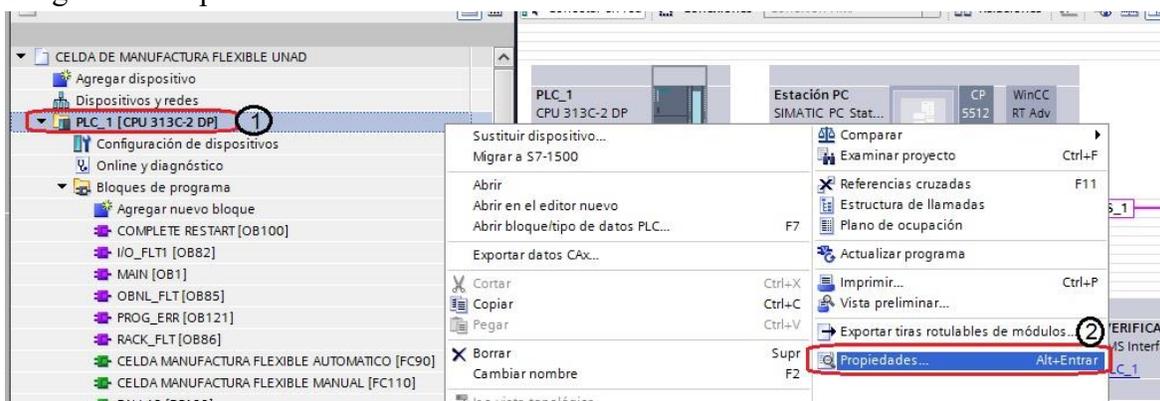


Figura 41: TIA Portal propiedades CPU 313 – 2DP

3. Entrar en DI16/DO16
4. Luego dar clic en “Direcciones E/S”
5. Verificar en entradas Dirección inicial: 0.0 y Dirección final: 1.7
6. Verificar en salidas Dirección inicial: 0.0 y Dirección final: 1.7

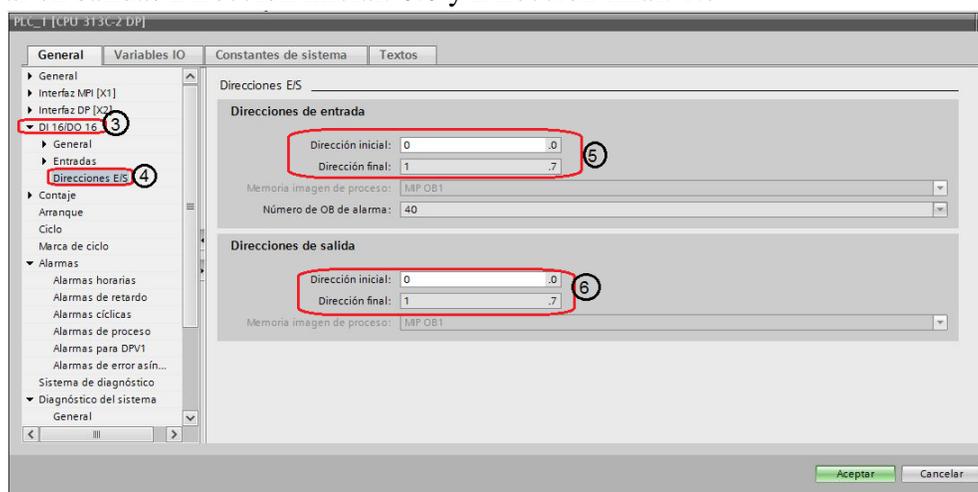


Figura 42: TIA Portal direcciones entradas y salidas PLC

Este direccionamiento corresponde a las direcciones de asignadas al módulo del PLC, la cuales están cableadas físicamente.

7. Ahora nos desplazamos con la barra hacia abajo.

8. Entramos en “sinóptico de direcciones”.

9. Tildamos “Entradas”.

10. Tildamos “Salidas”.

11. Se verifica la estación de ALMACENAMIENTO con las direcciones de entradas 8, 9 (2 bytes) y salidas 8, 9 (2 bytes).

12. Se verifica la estación de VERIFICACIÓN con las direcciones de entradas 6, 7 (2 bytes) y salidas 6, 7 (2 bytes).

13. Se verifica la estación de PROCESAMIENTO con las direcciones de entradas 4, 5 (2 bytes) y salidas 4, 5 (2 bytes).

14. Se verifica la estación de BANDA_MANDO con las direcciones de entradas 2, 3 (2 bytes) y salidas 2, 3 (2 bytes).

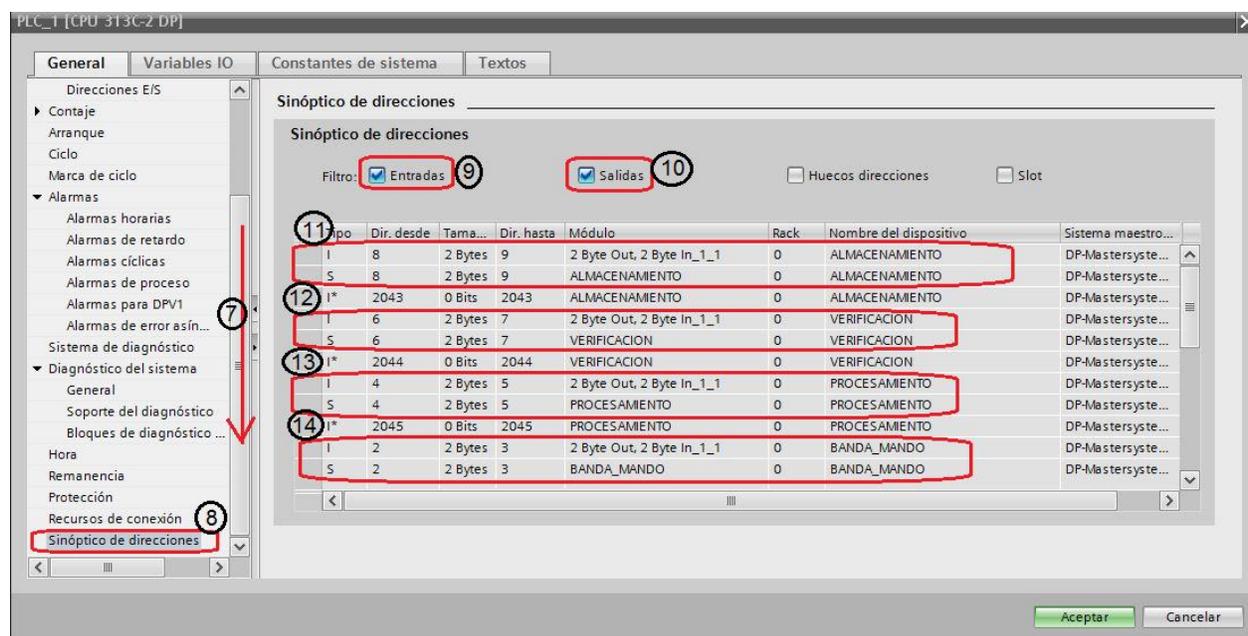


Figura 43: TIA Portal direccionamiento estaciones dispositivos esclavos

Conexión PC adapter USB A2

Conectar PC adapter USB A2 6GK1571-0BA00-0AA0 al PLC en la interfaz DP (X2) CPU 313C – 2DP, como lo ilustra la imagen.

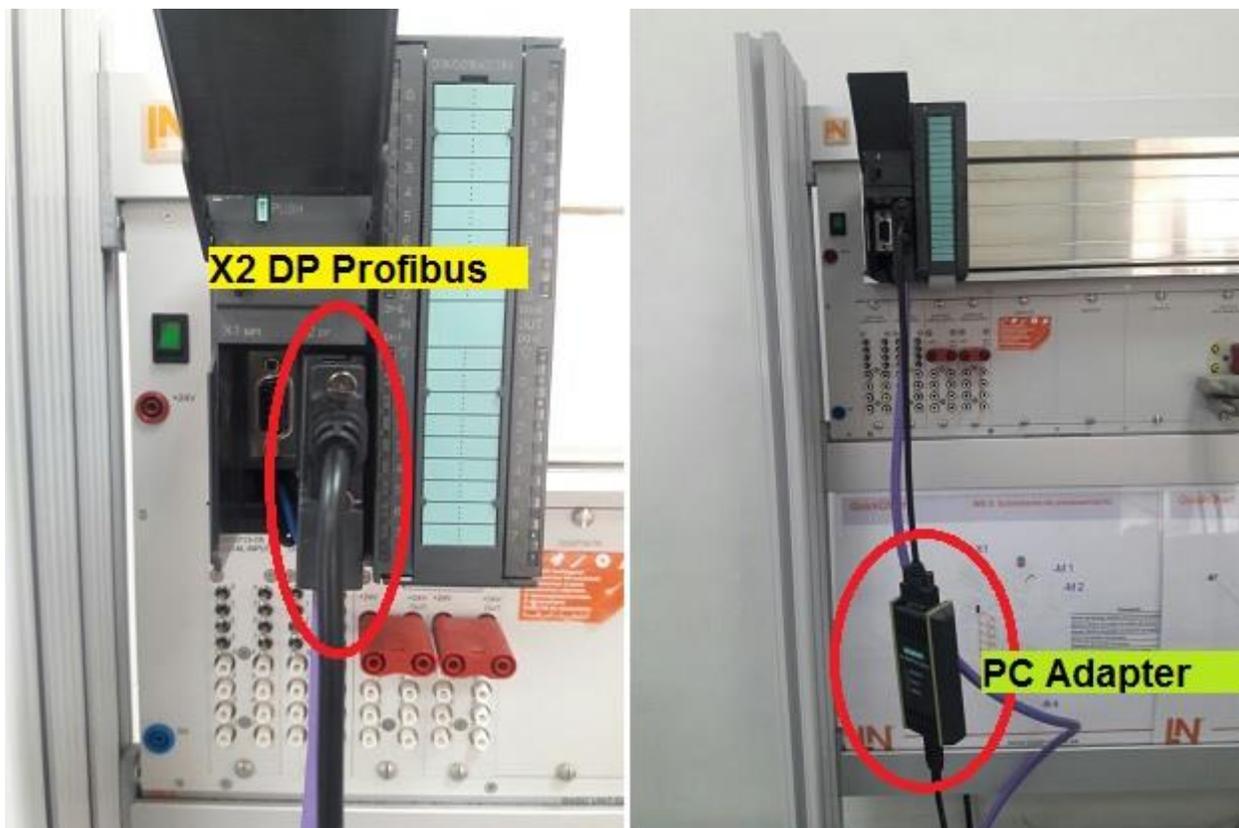
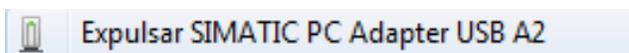


Figura 44: Conexión PC adapter USB A2

Conectar el extremo USB al PC y aparecerá lo siguiente en los dispositivos USB.



Ir a “panel de control” y abrir.



Ajustar interfaz PG/PC

1. Seleccionar “PC Adapter USB A2.PROFIBUS.1”
2. En el “punto de acceso de la aplicación” observar que este seleccionado “S7ONLINE(STEP 7)
→ PC Adapter USB A2.PROFIBUS.1”
3. Observar que en “Parametrización utilizada” la tarjeta esta <Activo>
4. Ir a “Propiedades”.

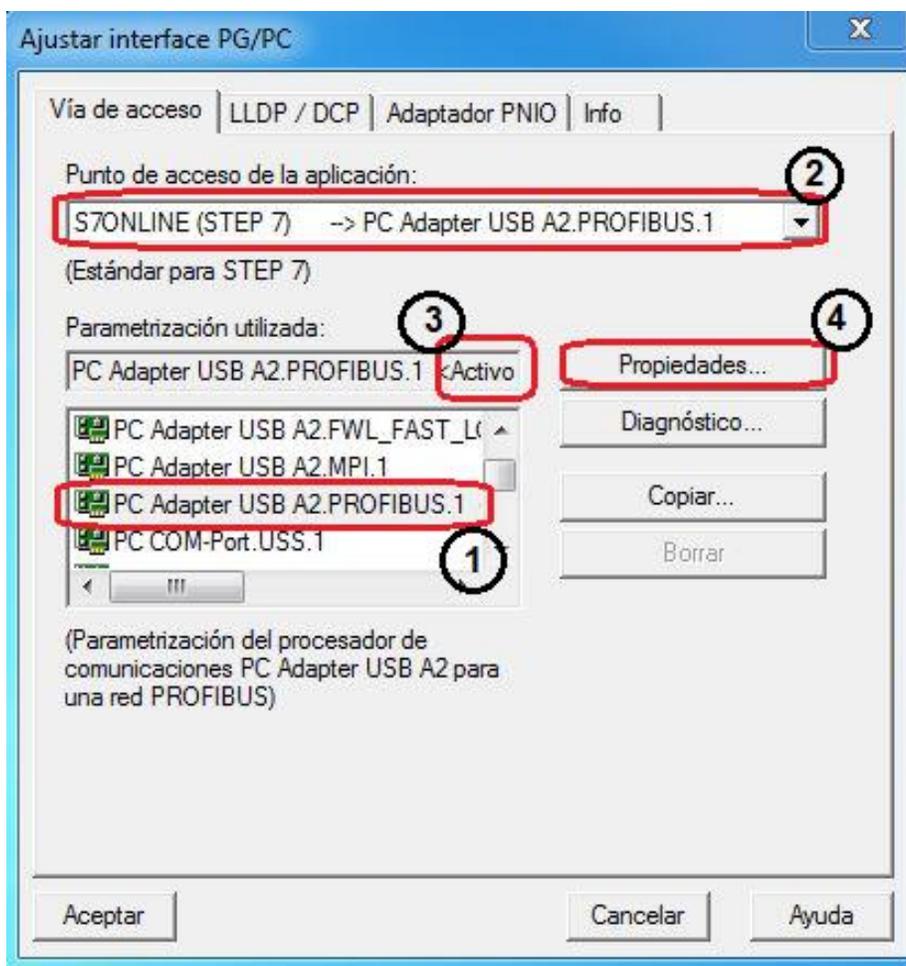


Figura 45: Ajustar interfaz PG/PC

Propiedades - PC Adapter USB A2.PROFIBUS.1

1. Ajustar “Address:” 3
2. Ajustar “Transmission Rate:” 1.5 Mbit/s
3. Seleccionar “Profile:” DP
4. Presionar “OK”

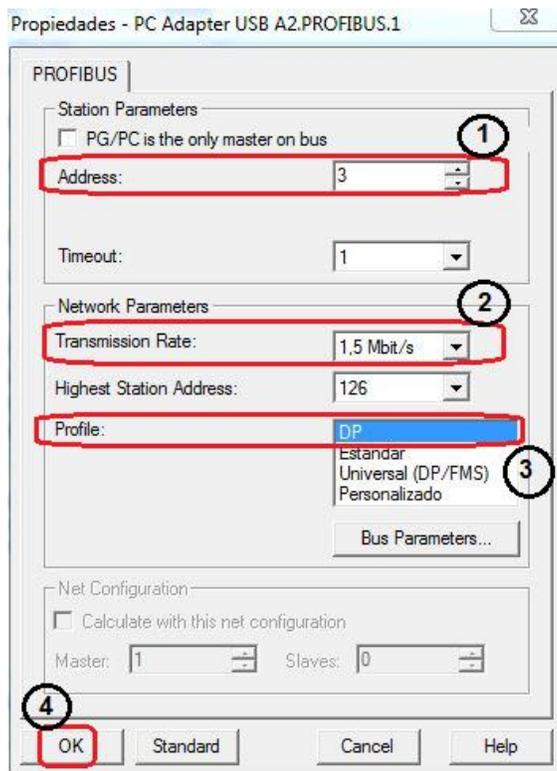


Figura 46: Propiedades para ajustar interfaz PG/PC

Ir a “Diagnostico”.

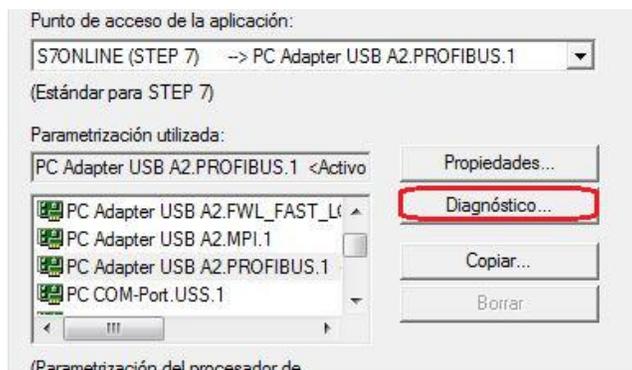


Figura 47: Diagnostico interfaz PG/PC

SIMATIC NET diagnostics - PC Adapter USB A2.PROFIBUS.1

1. Presionar “Test”.
2. Verificar que la comunicación este OK.
3. Verifica dirección Profibus configurada: “3”
4. Verificar los parámetros del protocolo de comunicación.
5. Presionar “Read”.
6. Verificar aparezca tildado el nodo 2 y 3 (son maestros).
7. Verificar aparezca los nodos 4, 5, 6 y 7 resaltados en blanco (son esclavos).
8. Presionar “OK”.

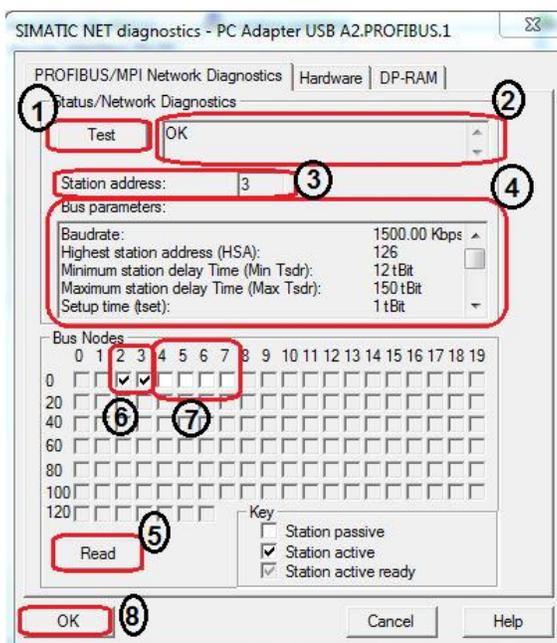


Figura 48: Leer Red interfaz PG/PC

Presionar “Aceptar”.

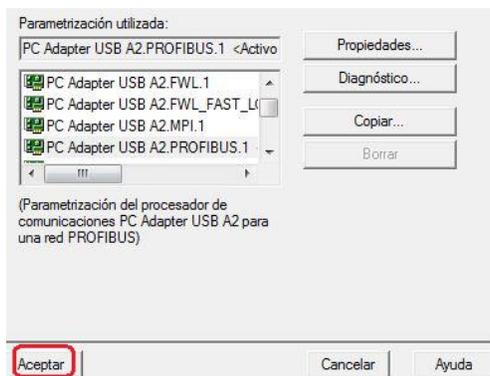


Figura 49: Aceptar ajuste de interfaz PG/PC

Práctica 4: Conexión Profibus DP online.

Descripción de la práctica: Establecer conexión Profibus DP online con PLC_1 [CPU 313C – 2DP], con las tarjetas Lucas-Nulle Profibus de 16 entradas y 16 salidas digitales (Referencia: LM9606) y verificar lógica secuencial establecida.

Establecer conexión online

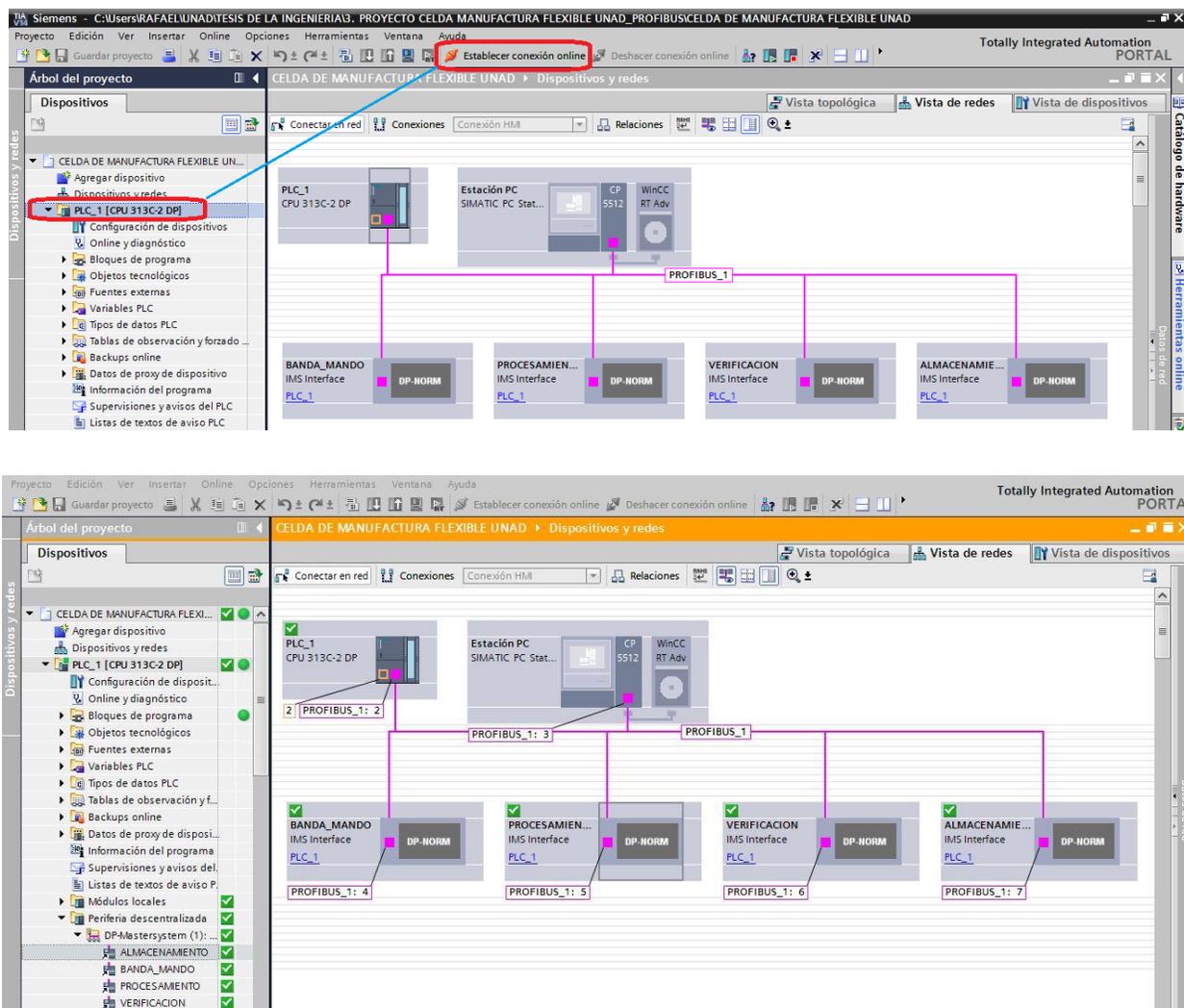


Figura 50: TIA Portal establecer conexión online

1. Verificar PLC_1 → CPU313C – 2DP → 2X2 → PROFIBUS 2 → Subred: PROFIBUS_1
2. Seleccionar en el tipo de interfaz PG/PC: **PROFIBUS**
3. Seleccionar en interfaz PG/PC: **PC Adapter USB A2**
4. Seleccionar con conexión interfaz/subred: **PROFIBUS_1**

5. Presionar “Iniciar búsqueda”
6. Seleccionar dispositivo de destino direcciones Profibus 2. **CPU 313C-2 DP**.
Verificar SCADA dirección Profibus 3.
Verificar IMS Interface direcciones Profibus 4, 5, 6 y 7.
7. Presionar “cargar”

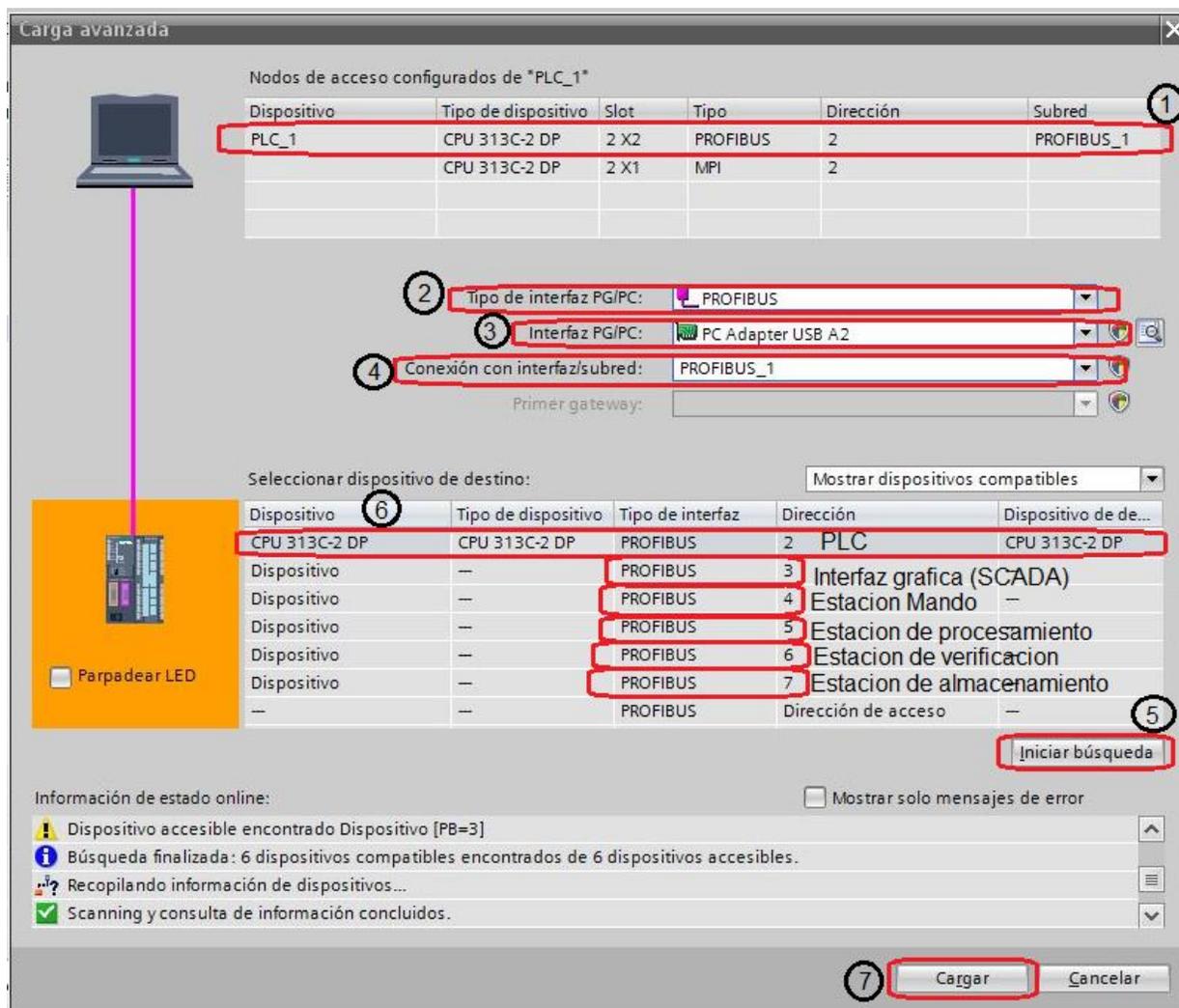


Figura 51: TIA Portal cargar proyecto

Conexión establecida con PLC

1. Abrir “Bloques de programa”
2. “OB1” programa principal.

3. “CELDA MANUFACTURA FLEXIBLE AUTOMATICO [FC90]” programación de toda la secuencia cíclica de la celda de manufactura flexible en modo automático.

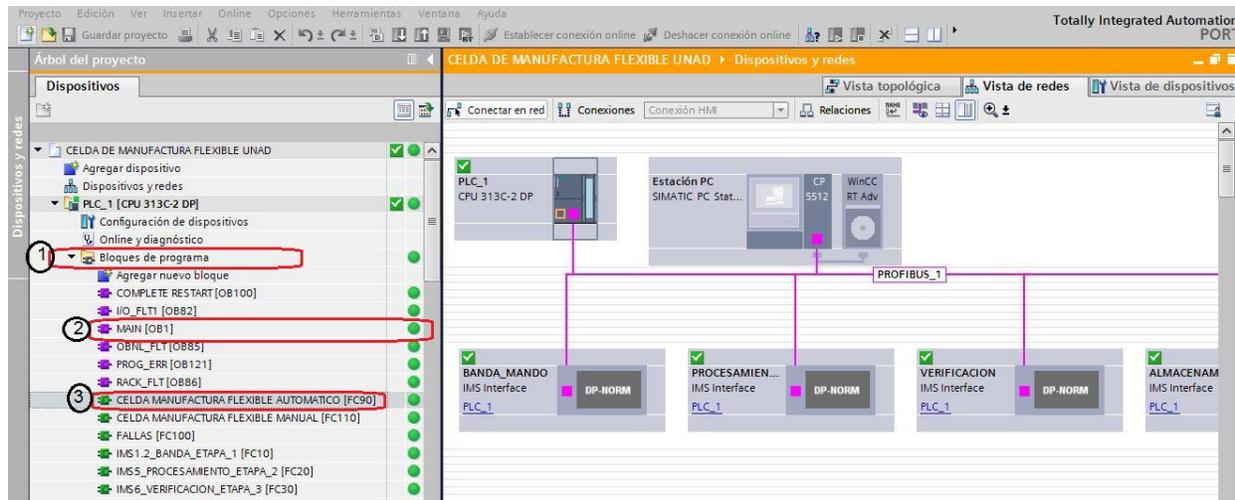


Figura 52: TIA Portal conexión establecida

OB1 → Bloque principal (secuencial)

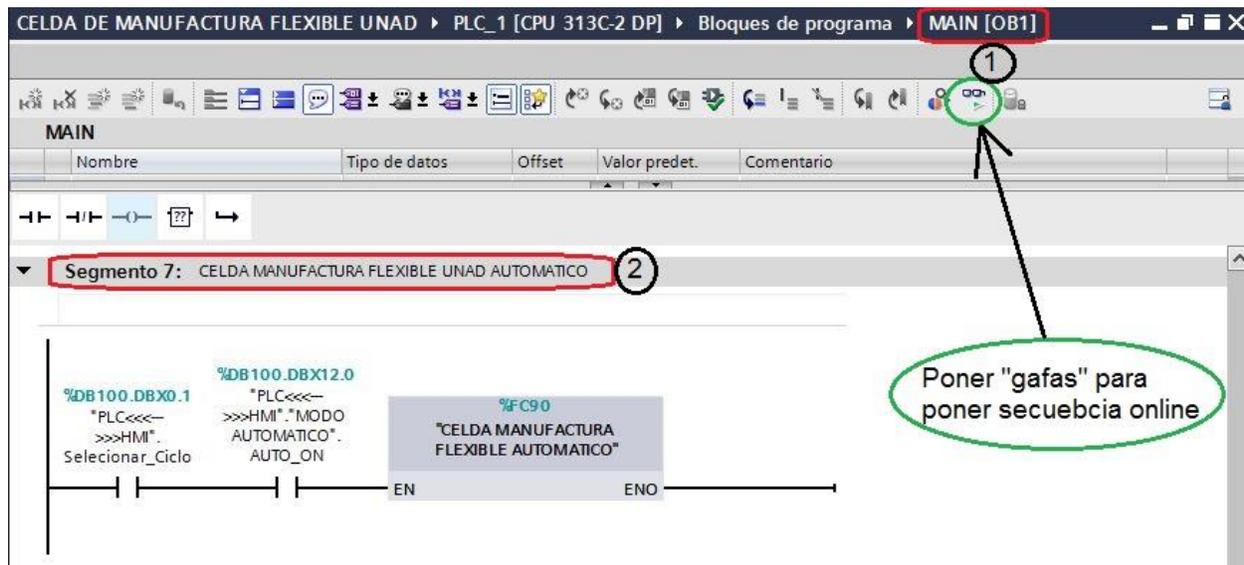


Figura 53: TIA Portal poner online OB1

El **OB1** (Bloque Organizacional) es donde se hace la programación principal, por tal razón, es usado para llamar otros bloques, podemos observar en el punto (2) de la gráfica como el **FC90** es llamado en el segmento 7 desde el **OB1**.

FC90 → CELDA MANUFACTURA FLEXIBLE AUTOMATICO

El **FC90** (Función) es donde se hace la programación para toda la secuencia lógica y cíclica de la celda de manufactura flexible como lo observamos en la Practica 1 en el diagrama de flujo.

En el segmento 1, se encuentra el ciclo inicial que corresponde a la estación de Banda y Mando, estación con dirección Profibus DP 4. En este segmento se llama al FB100 con su base de datos de instancia DB101 en donde se almacena de manera remanente todas las variables de la secuencia de este ciclo. En este bloque de función FB100 se encuentra la programación correspondiente al ciclo inicial.

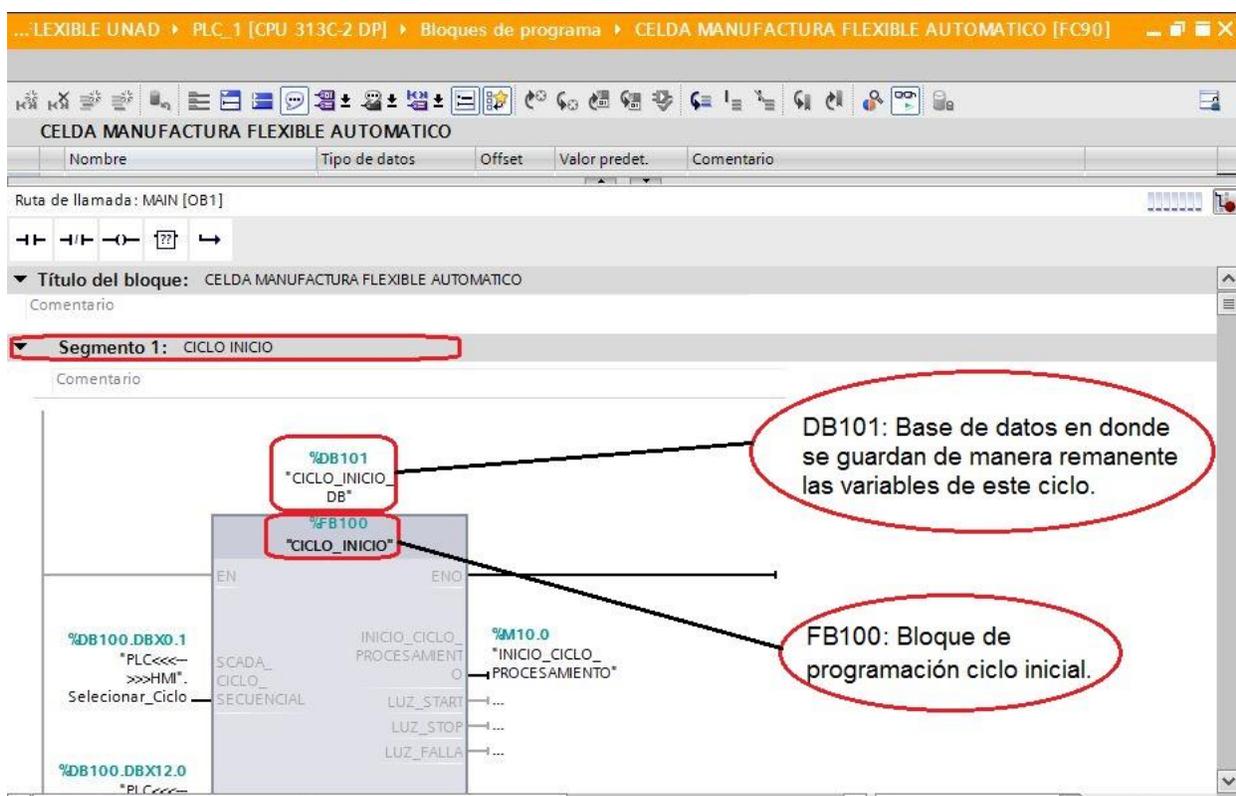


Figura 54: TIA Portal poner online FC90 segmento 1

En el segmento 2, se encuentra el segundo ciclo que corresponde a la estación de procesamiento, estación con dirección Profibus DP 5. En este segmento se llama al FB200 con su base de datos de instancia DB201 en donde se almacena de manera remanente todas las variables de la secuencia de este ciclo. En este bloque de función FB200 se encuentra la programación correspondiente al ciclo de procesamiento.

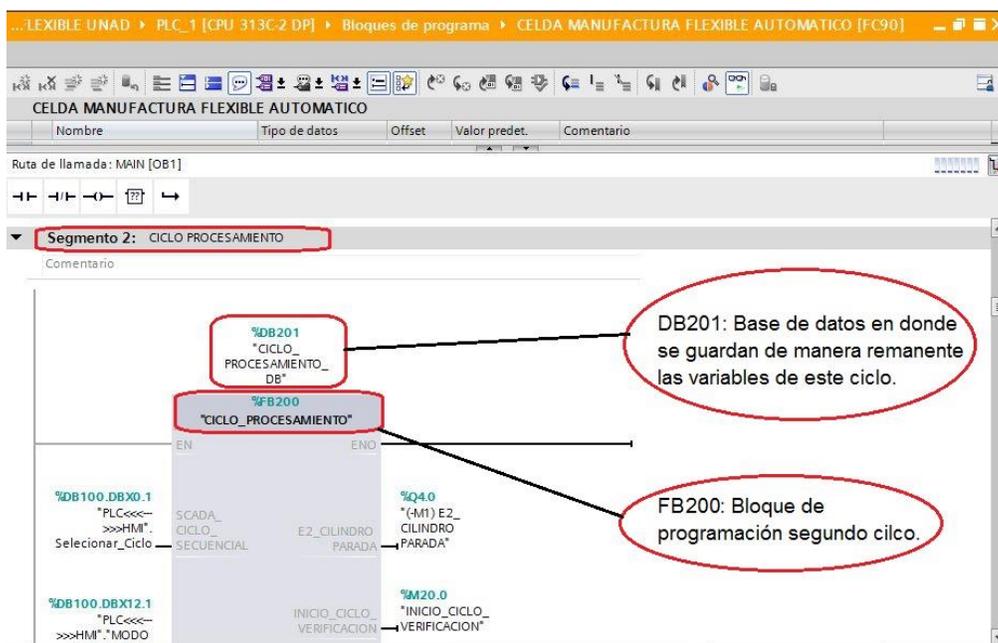


Figura 55: TIA Portal poner online FC90 segmento 2

En el segmento 3, se encuentra el tercer ciclo que corresponde a la estación de verificación, estación con dirección Profibus DP 6. En este segmento se llama al FB300 con su base de datos de instancia DB301 en donde se almacena de manera remanente todas las variables de la secuencia de este ciclo. En este bloque de función FB300 se encuentra la programación correspondiente al ciclo de verificación.

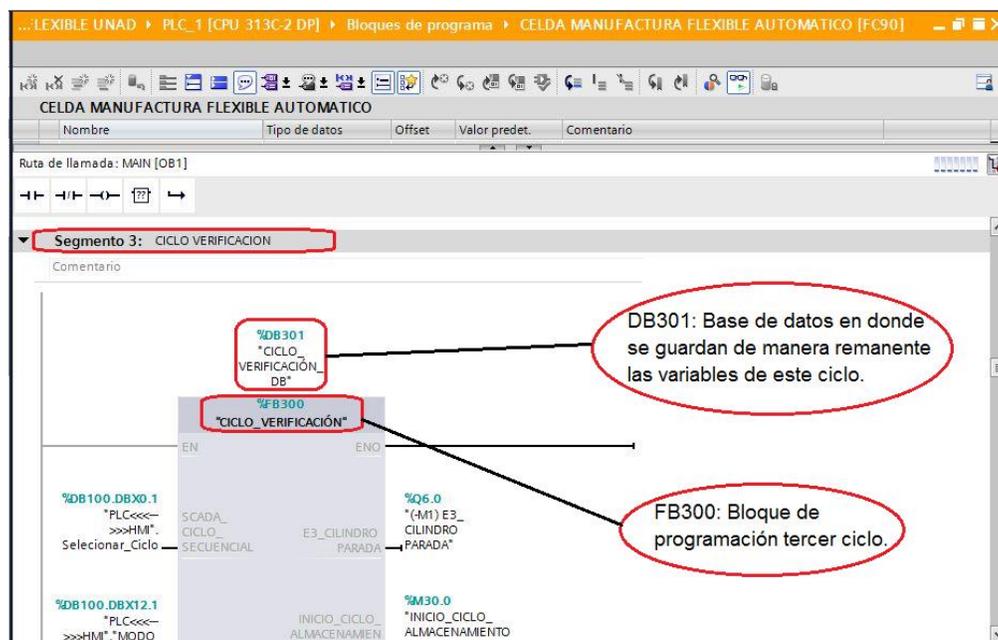


Figura 56: TIA Portal poner online FC90 segmento 3

En el segmento 4, se encuentra el cuarto y último ciclo que corresponde a la estación de almacenamiento, estación con dirección Profibus DP 7. En este segmento se llama al FB400 con su base de datos de instancia DB401 en donde se almacena de manera remanente todas las variables de la secuencia de este ciclo. En este bloque de función FB400 se encuentra la programación correspondiente al ciclo de almacenamiento.

En los 4 segmentos referentes a los ciclos secuenciales son parametrizados con las entradas correspondientes a cada estación y con las variables de la base de datos DB100, que está enlazada entre el PLC y el sistema SCADA.

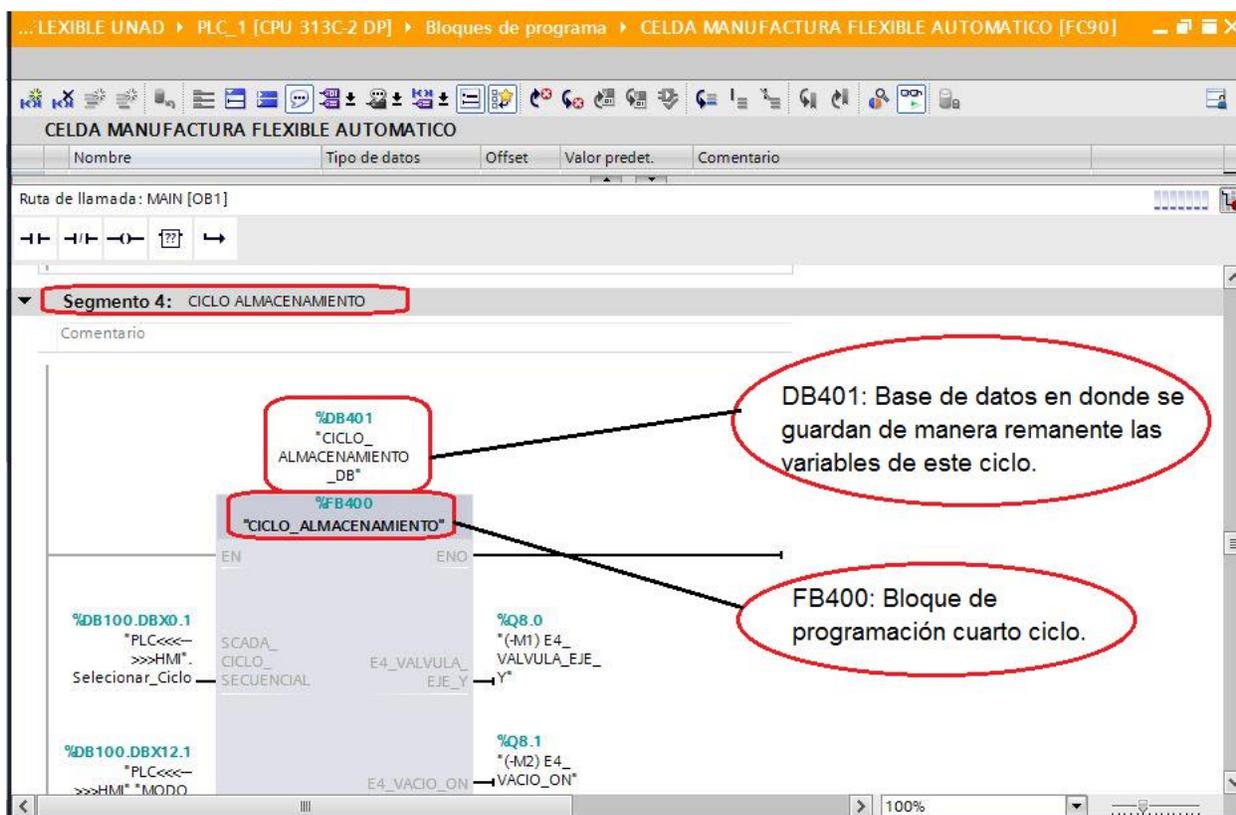


Figura 57: TIA Portal poner online FC90 segmento 4

El segmento 5, corresponde al arranque de la banda transportadora de forma secuencial, la cual es encendida por los datos remanentes almacenados en la base de datos DB (101, 201, 301, 401) de cada uno de los bloques de función FB (100, 200, 300, 400) correspondientes a la secuencia cíclica establecida.

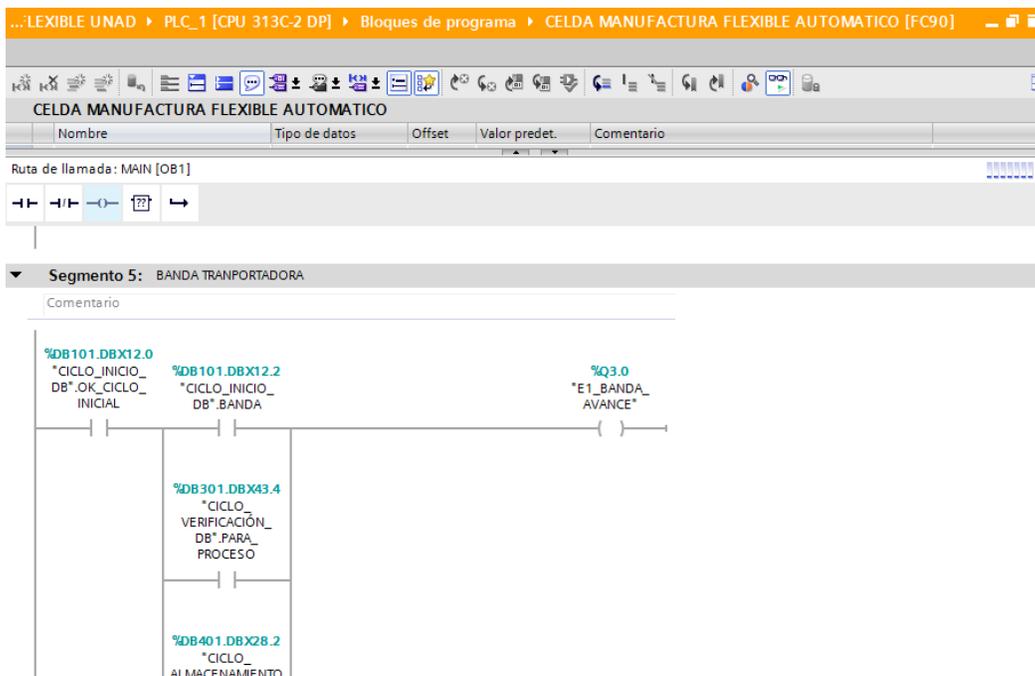


Figura 58: TIA Portal poner online FC90 segmento 5

El segmento 6, corresponde a la secuencia cíclica de encendió de los pilotos en la botonera.

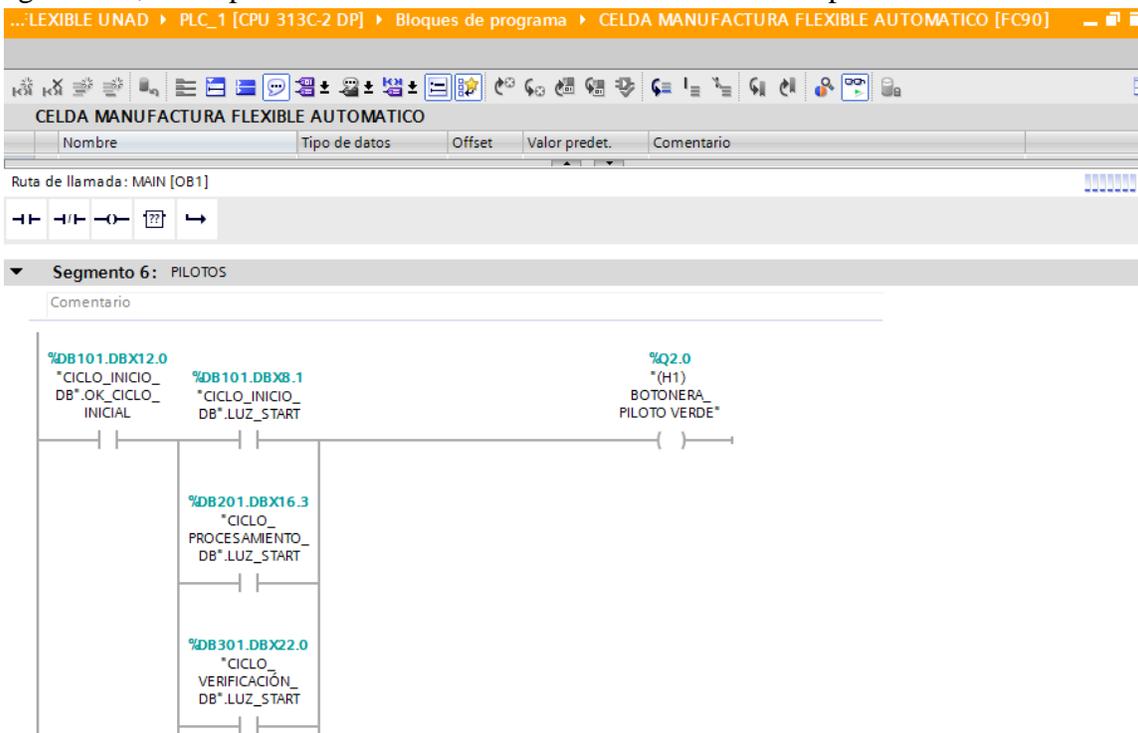


Figura 59: TIA Portal poner online FC90 segmento 6

El segmento 7, corresponde al conteo total de piezas de trabajo.

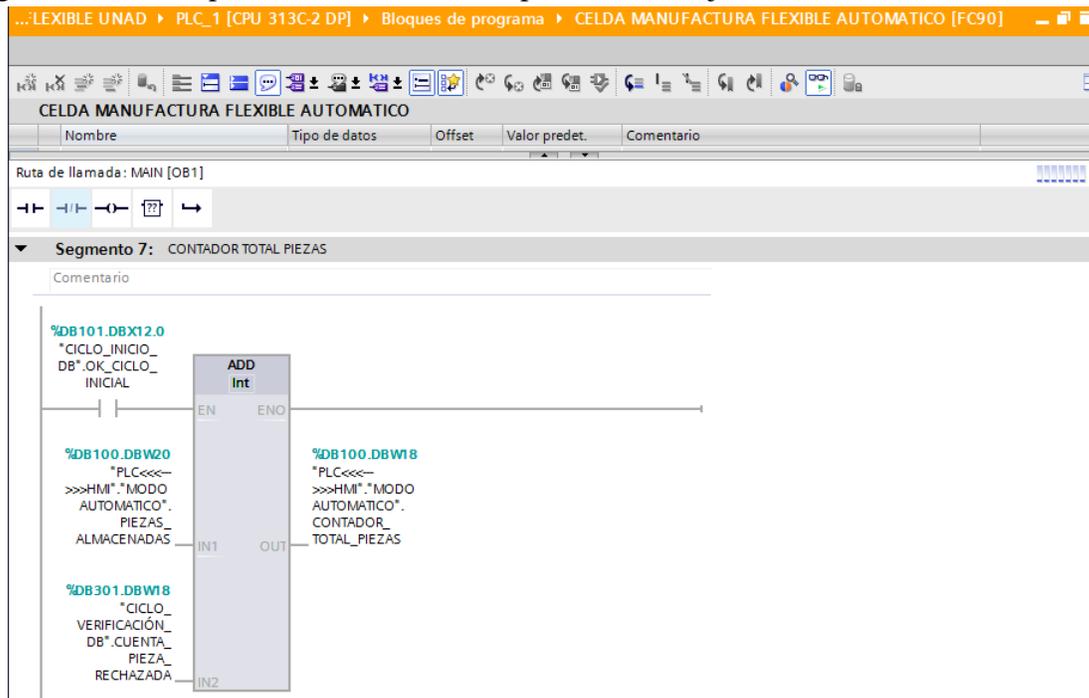


Figura 60: TIA Portal poner online FC90 segmento 7

El segmento 8, corresponde al conteo de piezas de trabajo almacenadas.

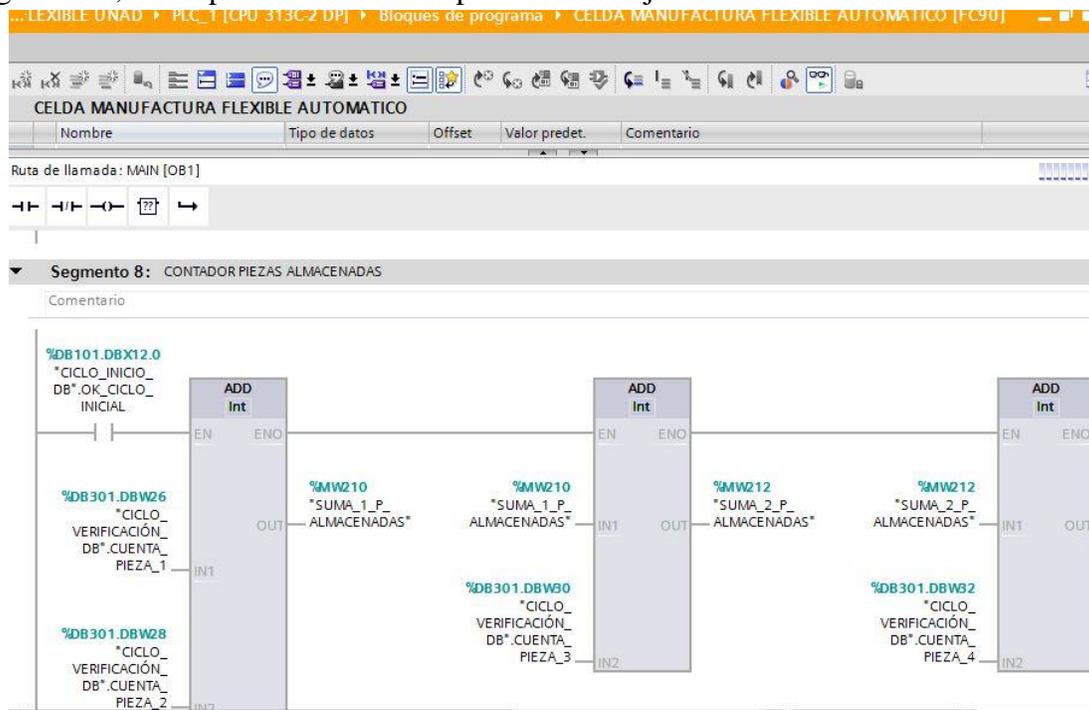


Figura 60: TIA Portal poner online FC90 segmento 8

El segmento 9, corresponde al fin del ciclo, el cual es terminado cuando todos los estantes en el almacén de la estación de almacenamiento se encuentran llenos.

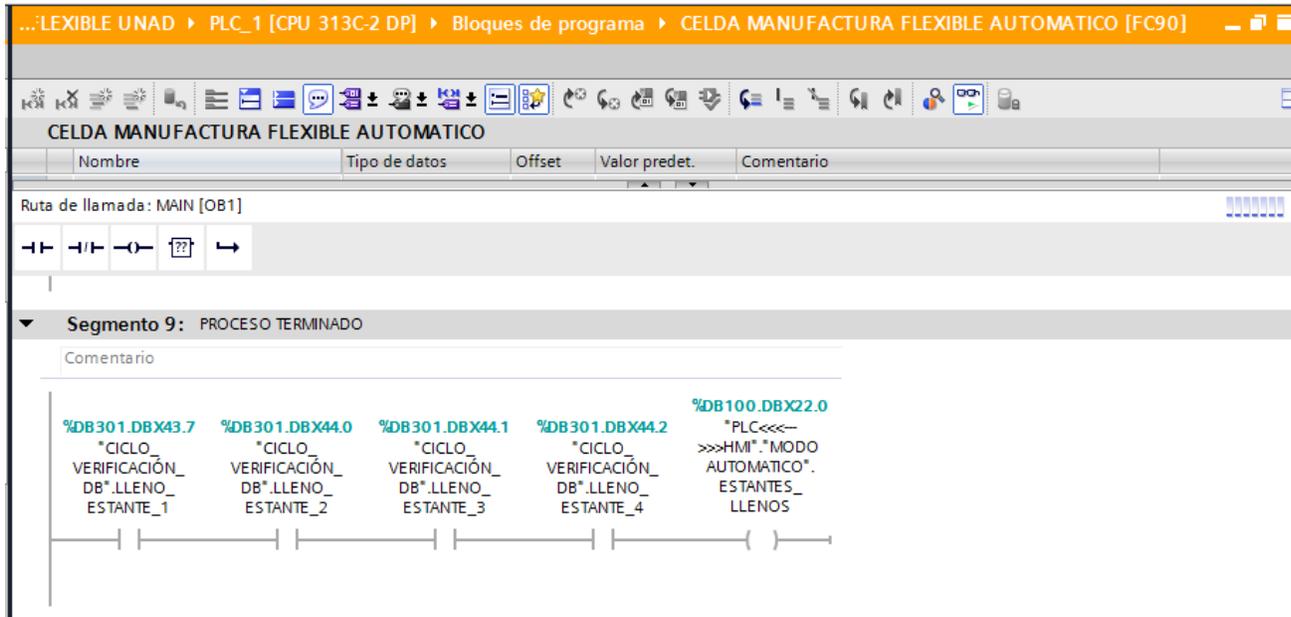


Figura 61: TIA Portal poner online FC90 segmento 9

En el **OBI** (Bloque Organizacional), en el segmento 8 es llamado el **FC110** como el bloque modo manual de la celda de manufactura flexible y en el segmento 9 es llamado el **FC100** como el bloque de fallas.

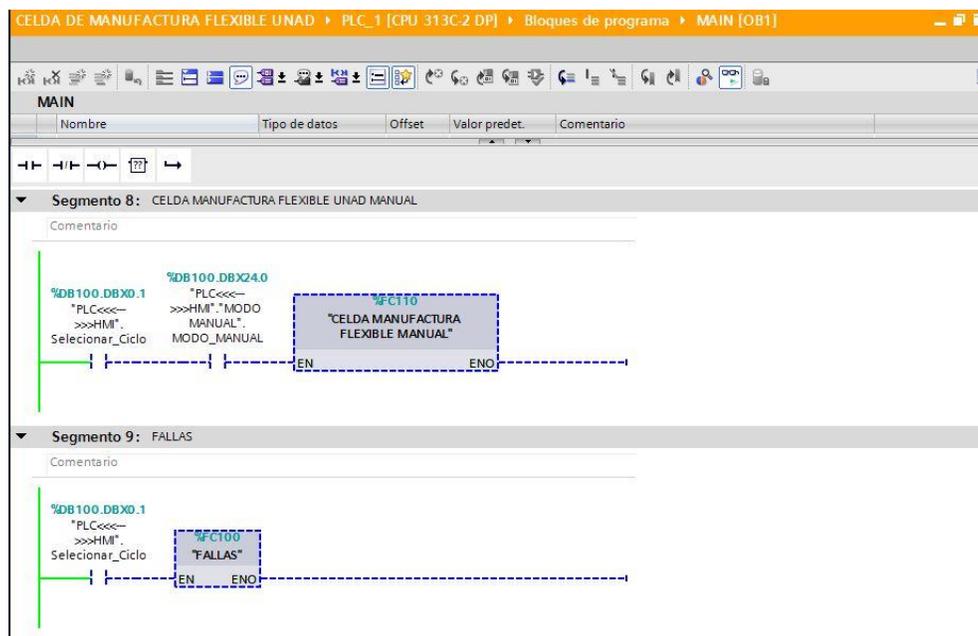


Figura 62: TIA Portal poner online FC90 segmento 10

El **FC110** (Función) es donde se hace la programación para la activación manual de los dispositivos de la celda de manufactura flexible.

En el segmento 1, de esta función “FC110” se llama al FB110 con su base de datos de instancia DB110 en donde se almacena de manera remanente todas las variables de la programación de este bloque.

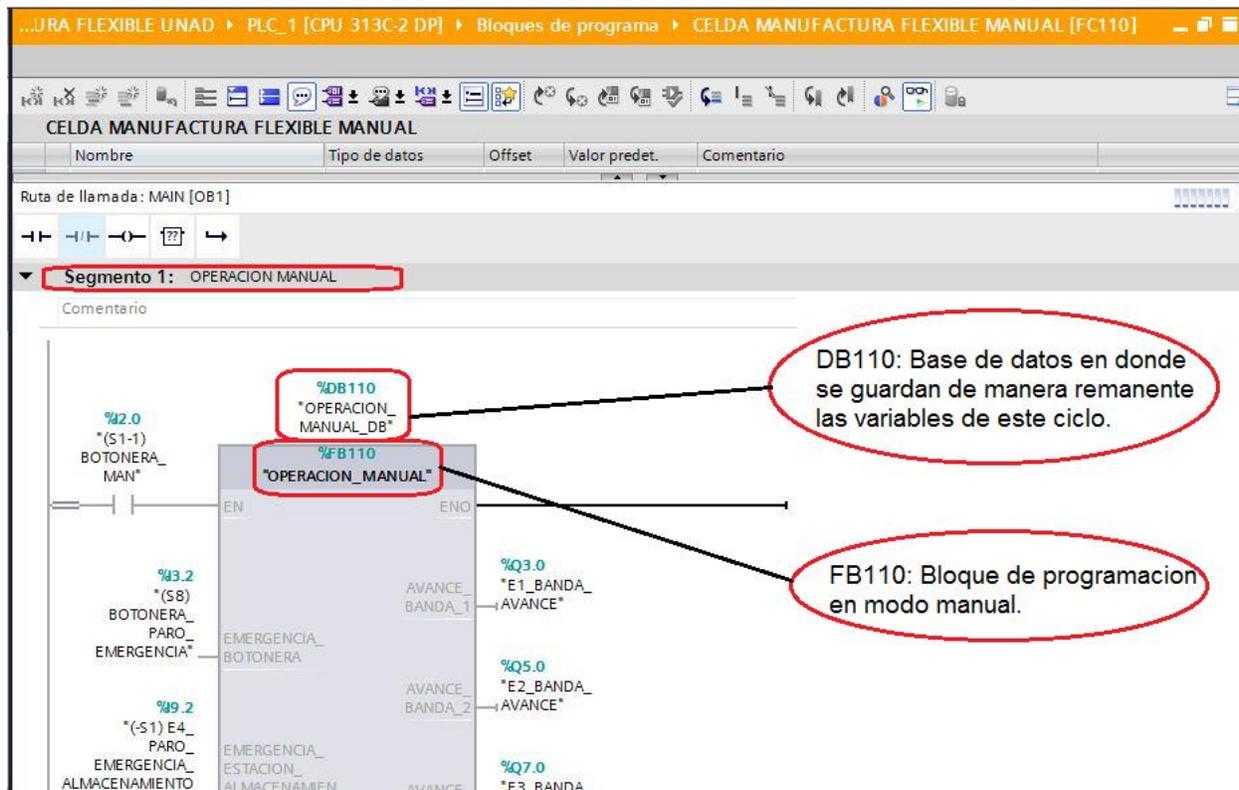


Figura 63: TIA Portal poner online FC110 segmento 1

Tabla de variables

	Nombre	Tipo de datos	Dirección
	(S1-1) BOTONERA_MAN	Bool	%I2.0
	(S1-2) BOTONERA_AUTO	Bool	%I2.1
	(S2) BOTONERA_START	Bool	%I2.2
	(S3-1) BOTONERA_S.PULSADOR_I	Bool	%I2.3
	(S3-2) BOTONERA_S.PULSADOR_II	Bool	%I2.4
	(S4-1) BOTONERA_SELECTOR_I	Bool	%I2.5
	(S4-2) BOTONERA_SELECTOR_II	Bool	%I2.6
	(S5) BOTONERA_PULSADOR_AZUL	Bool	%I2.7
	(S6) BOTONERA_STOP	Bool	%I3.0
	(S7) BOTONERA_RESET	Bool	%I3.1
	(S8) BOTONERA_PARO_EMERGEN- CIA	Bool	%I3.2
	(-B1) E1_POSICION INICIAL	Bool	%I3.3
	(-B2) E1_POSICION FINAL	Bool	%I3.4
	E1_RESERVA_IN_1	Bool	%I3.5
	E1_RESERVA_IN_2	Bool	%I3.6
	E1_RESERVA_IN_3	Bool	%I3.7

Tabla 1. Entradas digitales estación MANDO Profibus DP4

	Nombre	Tipo de datos	Dirección
	E2_RESERVA_IN_1	Bool	%I4.0
	E2_RESERVA_IN_2	Bool	%I4.1
	(-B3) E2_ASCENSO CILINDRO PAR- ADA	Bool	%I4.2
	(-B6) E2_LLENADO DE ALMACEN	Bool	%I4.3
	(-B4) E2_CILINDRO DE PRESION EN REPOSO	Bool	%I4.4
	(-B5) E2_CILINDRO DE PRESION EN AVANCE	Bool	%I4.5
	E2_RESERVA_IN_3	Bool	%I4.6
	E2_RESERVA_IN_4	Bool	%I4.7
	E2_RESERVA_IN_5	Bool	%I5.0
	E2_RESERVA_IN_6	Bool	%I5.1
	E2_RESERVA_IN_7	Bool	%I5.2
	(-B1) E2_POSICION INICIAL	Bool	%I5.3
	(-B2) E2_POSICION FINAL	Bool	%I5.4
	E2_RESERVA_IN_8	Bool	%I5.5
	E2_RESERVA_IN_9	Bool	%I5.6
	E2_RESERVA_IN_10	Bool	%I5.7

Tabla 2. Entradas digitales estación PROCESAMIENTO Profibus DP5

	Nombre	Tipo de datos	Dirección
	E3_RESERVA_IN_1	Bool	%I6.0
	E3_RESERVA_IN_2	Bool	%I6.1
	(-B3) E3_ASCENSO CILINDRO PAR- ADA	Bool	%I6.2
	(-B4) E3 PARTE INFERIOR PIEZA BLANCA (ON)	Bool	%I6.3
	(-B5) E3_PERNO METALICO (ON)	Bool	%I6.4
	(-B6) E3 PARTE PRESENCIA PIEZA TRABAJO (ON)	Bool	%I6.5
	(-B7) E3 PARTE SUPERIOR PIEZA BLANCA (ON)	Bool	%I6.6
	E3_RESERVA_IN_3	Bool	%I6.7
	E3_RESERVA_IN_4	Bool	%I7.0
	E3_RESERVA_IN_5	Bool	%I7.1
	E3_RESERVA_IN_6	Bool	%I7.2
	(-B1) E3_POSICION INICIAL	Bool	%I7.3
	(-B2) E3_POSICION FINAL	Bool	%I7.4
	E3_RESERVA_IN_7	Bool	%I7.5
	E3_RESERVA_IN_8	Bool	%I7.6
	E3_RESERVA_IN_9	Bool	%I7.7

Tabla 3. Entradas digitales estación VERIFICACIÓN Profibus DP6

	Nombre	Tipo de datos	Dirección
	(-B1) E4_NIVEL_1	Bool	%I8.0
	(-B2) E4_NIVEL_2	Bool	%I8.1
	(-B3) E4_NIVEL_3	Bool	%I8.2
	(-B4) E4_NIVEL_4	Bool	%I8.3
	(-B5) E4_POSICION_RECEP- CION_ENTREGA	Bool	%I8.4
	(-B6) E4_ASPIRADOR_RETRAI- DO_EJE_Y	Bool	%I8.5
	(-B7) E4_ASPIRADOR_EXTRAI- DO_EJE_Y	Bool	%I8.6
	(-B8) E4_CONTROL_VACIO	Bool	%I8.7
	(-B9) E4_PULSOS_EJE_X	Bool	%I9.0
	(-B10) E4_REFERENCIA_EJE_X	Bool	%I9.1
	(-S1) E4_PARO_EMERGENCIA_AL- MACENAMIENTO	Bool	%I9.2
	(-B20) E4_POSICION INICIAL	Bool	%I9.3
	(-B21) E4_POSICION FINAL	Bool	%I9.4
	E4_RESERVA_IN_1	Bool	%I9.5
	E4_RESERVA_IN_2	Bool	%I9.6
	E4_RESERVA_IN_3	Bool	%I9.7

Tabla 4. Entradas digitales estación ALMACENAMIENTO Profibus DP7

	Nombre	Tipo de datos	Dirección
	(H1) BOTONERA_PILOTO VERDE	Bool	%Q2.0
	(H2) BOTONERA_PILOTO AZUL	Bool	%Q2.1
	(H3) BOTONERA_PILOTO ROJA	Bool	%Q2.2
	(H4) BOTONERA_PILOTO AMARIL- LA	Bool	%Q2.3
	E1_RESERVA_OUT_1	Bool	%Q2.4
	E1_RESERVA_OUT_2	Bool	%Q2.5
	E1_RESERVA_OUT_3	Bool	%Q2.6
	E1_RESERVA_OUT_4	Bool	%Q2.7
	E1_BANDA_AVANCE	Bool	%Q3.0
	E1_BANDA_RETROCESO	Bool	%Q3.1
	E1_RESERVA_OUT_5	Bool	%Q3.2
	E1_RESERVA_OUT_6	Bool	%Q3.3
	E1_RESERVA_OUT_7	Bool	%Q3.4
	E1_RESERVA_OUT_8	Bool	%Q3.5
	E1_RESERVA_OUT_9	Bool	%Q3.6
	E1_RESERVA_OUT_10	Bool	%Q3.7

Tabla 5. Salidas digitales estación BANDA Profibus DP4

	Nombre	Tipo de datos	Dirección
	(-M1) E2_CILINDRO PARADA	Bool	%Q4.0
	E2_RESERVA_OUT_1	Bool	%Q4.1
	(-M2) E2_CILINDRO EJERCE PRE- SION	Bool	%Q4.2
	E2_RESERVA_OUT_2	Bool	%Q4.3
	E2_RESERVA_OUT_3	Bool	%Q4.4
	E2_RESERVA_OUT_4	Bool	%Q4.5
	E2_RESERVA_OUT_5	Bool	%Q4.6
	E2_RESERVA_OUT_6	Bool	%Q4.7
	E2_BANDA_AVANCE	Bool	%Q5.0
	E2_BANDA_RETROCESO	Bool	%Q5.1
	E2_RESERVA_OUT_7	Bool	%Q5.2
	E2_RESERVA_OUT_8	Bool	%Q5.3
	E2_RESERVA_OUT_9	Bool	%Q5.4
	E2_RESERVA_OUT_10	Bool	%Q5.5
	E2_RESERVA_OUT_11	Bool	%Q5.6
	E2_RESERVA_OUT_12	Bool	%Q5.7

Tabla 6. Salidas digitales estación PROCESAMIENTO Profibus DP5

	Nombre	Tipo de datos	Dirección
	(-M1) E3_CILINDRO PARADA	Bool	%Q6.0
	E3_RESERVA_OUT_1	Bool	%Q6.1
	E3_RESERVA_OUT_2	Bool	%Q6.2
	E3_RESERVA_OUT_3	Bool	%Q6.3
	E3_RESERVA_OUT_4	Bool	%Q6.4
	E3_RESERVA_OUT_5	Bool	%Q6.5
	E3_RESERVA_OUT_6	Bool	%Q6.6
	E3_RESERVA_OUT_7	Bool	%Q6.7
	E3_BANDA_AVANCE	Bool	%Q7.0
	E3_BANDA_RETROCESO	Bool	%Q7.1
	E3_RESERVA_OUT_8	Bool	%Q7.2
	E3_RESERVA_OUT_9	Bool	%Q7.3
	E3_RESERVA_OUT_10	Bool	%Q7.4
	E3_RESERVA_OUT_11	Bool	%Q7.5
	E3_RESERVA_OUT_12	Bool	%Q7.6
	E3_RESERVA_OUT_13	Bool	%Q7.7

Tabla 7. Salidas digitales estación VERIFICACIÓN Profibus DP6

	Nombre	Tipo de datos	Dirección
	(-M1) E4_VALVULA_EJE_Y	Bool	%Q8.0
	(-M2) E4_VACIO_ON	Bool	%Q8.1
	(-M3) E4_VACIO_OFF	Bool	%Q8.2
	(-K1) E4_ASCENSO_EJE_Z	Bool	%Q8.3
	(-K2) E4_DESCENSO_EJE_Z	Bool	%Q8.4
	(-K3) E4_MOTOR_EJE_Z_MARCHA_LENTA	Bool	%Q8.5
	(-K5) E4_MOTOR_EJE_X_RETORNO	Bool	%Q8.6
	(-K6) E4_MOTOR_EJE_X_AVANCE	Bool	%Q8.7
	(-K7A) E4_BANDA_AVANCE	Bool	%Q9.0
	(-K7R) E4_BANDA_RETROCESO	Bool	%Q9.1
	(-K8) E4_MARCHA_LENTA	Bool	%Q9.2
	E4_RESERVA_OUT_1	Bool	%Q9.3
	E4_RESERVA_OUT_2	Bool	%Q9.4
	E4_RESERVA_OUT_3	Bool	%Q9.5
	E4_RESERVA_OUT_4	Bool	%Q9.6
	E4_RESERVA_OUT_5	Bool	%Q9.7

Tabla 8. Salidas digitales estación ALMACENAMIENTO Profibus DP7

	Nombre	Tipo de datos	Dirección
	FLAG	Bool	%M0.0
	FLAG TRUE	Bool	%M0.1
	FLAG FLASE	Bool	%M0.2
	TAG	Bool	%M0.3
	INCIO_CICLO	Bool	%M0.4
	Código de error	Byte	%MB1
	Dirección módulo error	Word	%MW2
	INICIO_CICLO_PROCESAMIENTO	Bool	%M10.0
	E1_#_PIEZAS	Int	%MW11
	INICIO_CICLO_VERIFICACION	Bool	%M20.0
	E2_#_PIEZAS	Int	%MW21
	INICIO_CICLO_ALMACENAMIENTO	Bool	%M30.0
	E3_#_PIEZAS	Int	%MW31
	E4_#_PIEZAS	Int	%MW41
	100ms --- 10Hz	Bool	%M100.0
	200ms --- 5Hz	Bool	%M100.1
	400ms --- 2.5Hz	Bool	%M100.2
	500ms --- 2Hz	Bool	%M100.3
	800ms --- 1.25Hz	Bool	%M100.4
	1seg --- 1Hz	Bool	%M100.5
	1.6seg --- 0.625Hz	Bool	%M100.6
	2seg --- 0.5Hz	Bool	%M100.7
	SUMA_1_P_ALMACENADAS	Int	%MW210
	FALLA	Bool	%M210.0
	SUMA_2_P_ALMACENADAS	Int	%MW212
	SUMA_3_P_ALMACENADAS	Int	%MW214

Tabla 9. Marcas usadas en la memoria del PLC

	Nombre	Tipo de datos	Dirección
🔗	Timer_1_Etapa_2	Timer	%T10
🔗	Timer_2_Etapa_2	Timer	%T11
🔗	Timer_3_Etapa_2	Timer	%T12
🔗	Timer_1_Etapa_3	Timer	%T20
🔗	Timer_2_Etapa_3	Timer	%T21
🔗	Timer_1_Etapa_4	Timer	%T40
🔗	Timer_2_Etapa_4	Timer	%T41
🔗	TIEMPO_PIEZA_TRABAJO	Timer	%T50
🔗	TIEMPO_CILINDRO_PARADA_E2	Timer	%T60
🔗	TIEMPO_EJERCER_PRESION	Timer	%T61
🔗	TIEMPO_CILINDRO_AVANCE	Timer	%T62
🔗	TIEMPO_BANDA_PARADA	Timer	%T70
🔗	TIEMPO_CILINDRO_PARADA_E3	Timer	%T71
🔗	TIME_VERIFICACION_PIEZA	Timer	%T72
🔗	TIMER_1_E4	Timer	%T80
🔗	TIMER_2_E4	Timer	%T81
🔗	TIMER_3_E4	Timer	%T82
🔗	TIMER_4_E4	Timer	%T83

Tabla 10. Temporizadores usados del PLC

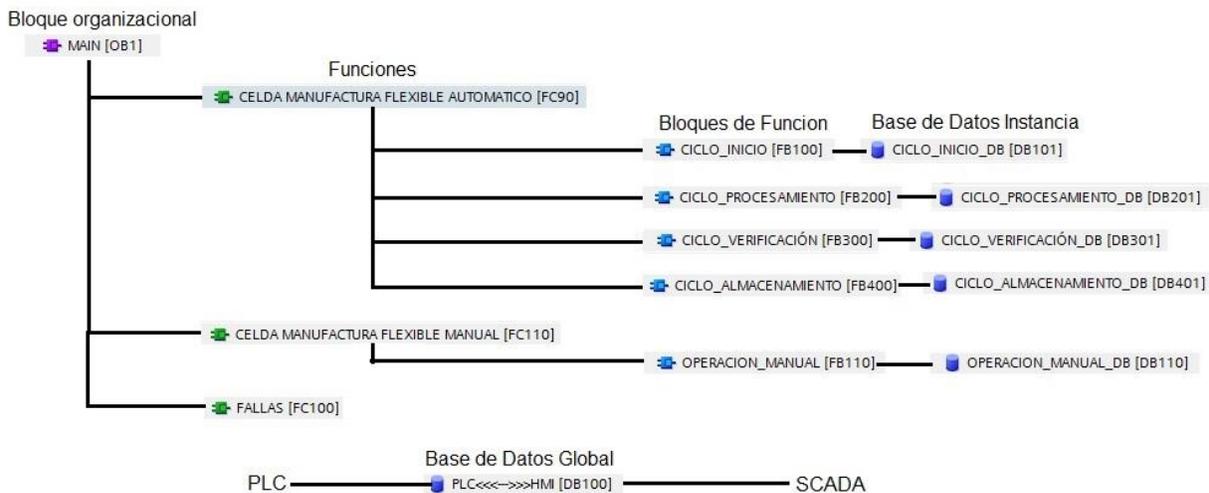


Figura 64. Estructura de programación

Práctica 5: Runtime en el PC.

Estructura de programación en WinCC Professional

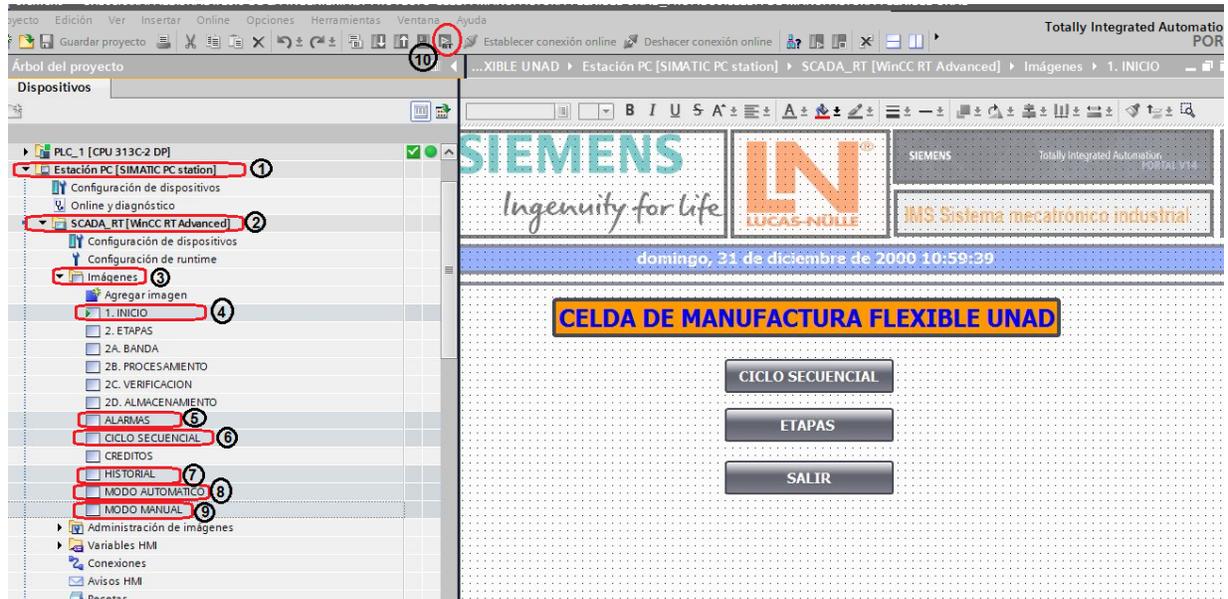


Figura 65. TIA Portal Estructura de WinCC Professional

1. Abrir carpeta “Estación PC [SIMATIC PC station]”
2. Abrir carpeta “SCADA_RT [WinCC RT Advanced]”
3. Abrir carpeta “Imágenes”
4. “1. INICIO” es la pantalla principal.
5. “ALARMAS” es la pantalla donde se encuentra todas las alarmas pendientes.
6. “CICLO SECUENCIAL” es la pantalla donde está la opción de operar en manual o automático.
7. “HISTORIAL” es la pantalla donde se almacenan todo el historial de alarmas con fecha y hora en que fueron generadas.
8. “MODO AUTOMATICO” es la pantalla donde está toda la operación automática de la secuencia cíclica de la celda de manufactura flexible.
9. “MODO MANUAL” es la pantalla donde se puede hacer toda la operación manual de la celda de manufactura flexible.
10. Damos clic, para desplegué el Runtime de la pantalla en el PC.

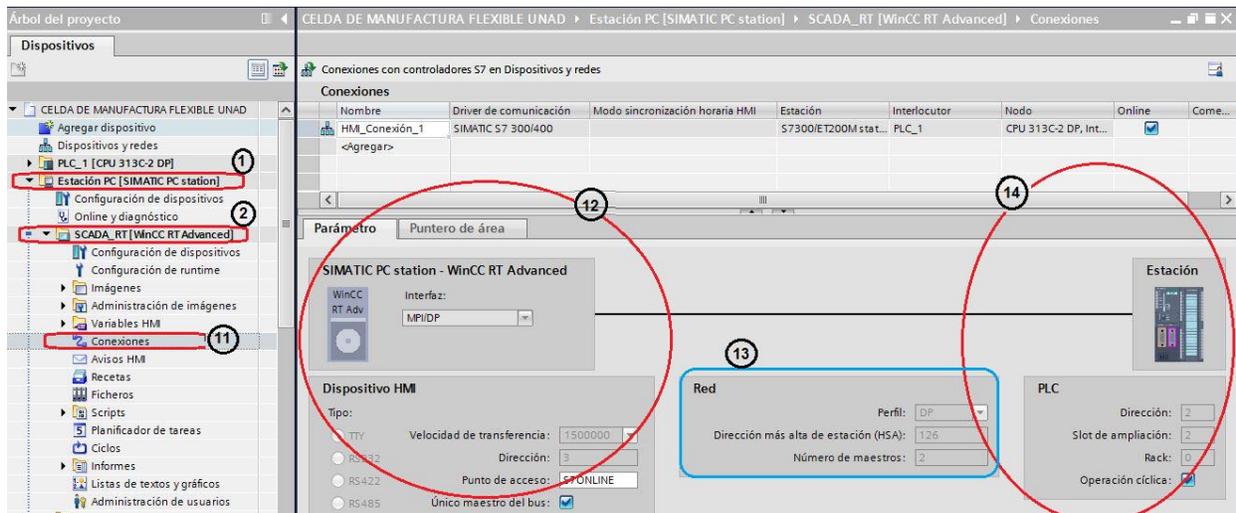


Figura 66. TIA Portal conexiones WinCC RT Advanced y PLC

11. Abrir “Conexiones”
12. Visualizar “Dispositivo HMI”
13. Visualizar “PLC”
14. Conexión de “Red” entre “HMI” y “PLC”

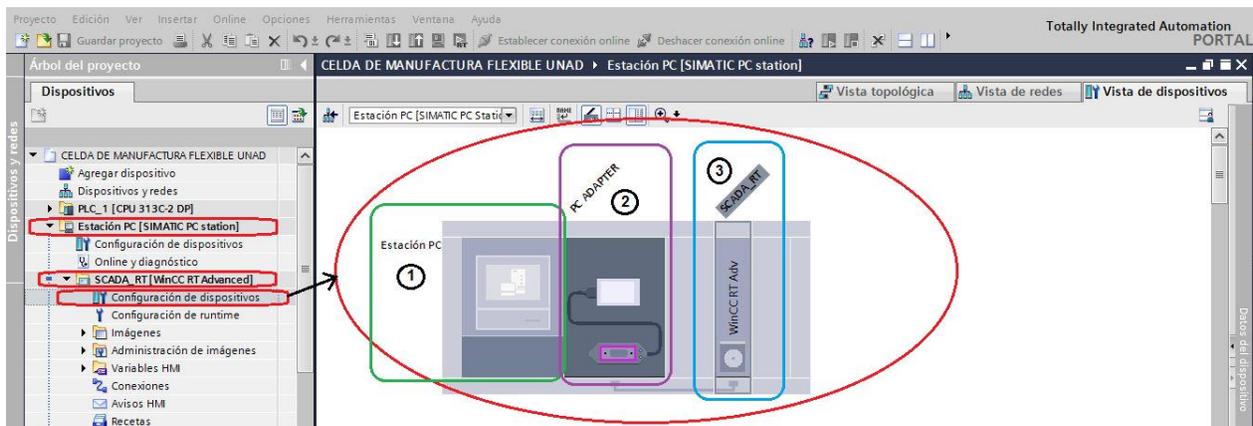


Figura 67. TIA Portal configuración hardware SCADA

Entrar en “Configuración de dispositivos”

1. Estación PC
2. PC Adapter USB A2
3. Sistema SCADA “WinCC Runtime Advance”

Pantalla de Inicio CELDA DE MANUFACTURA FLEXIBLE UNAD

Seleccionar “CICLO SECUENCIAL”

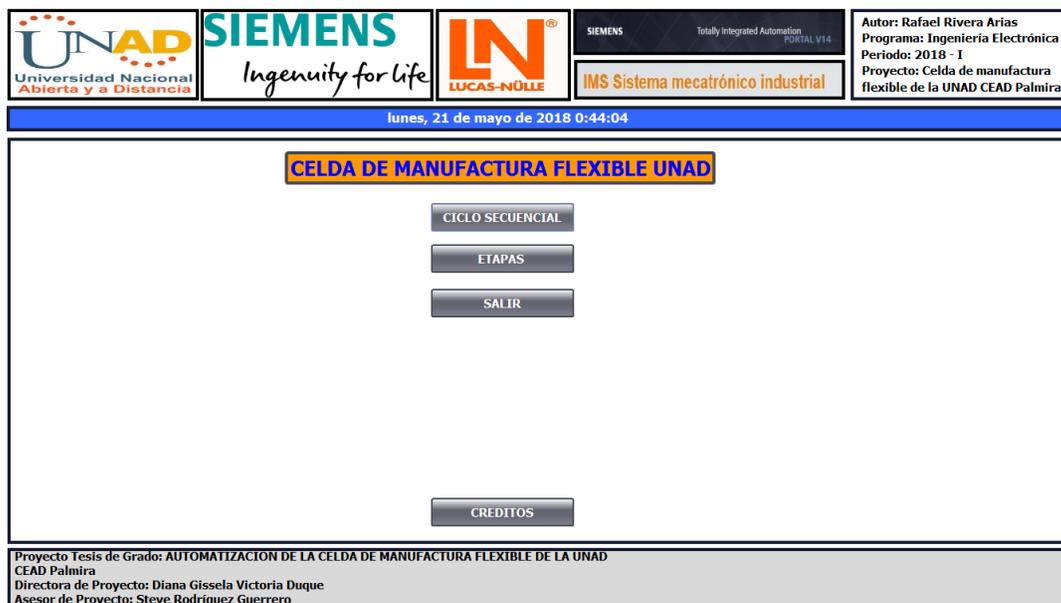


Figura 68. Pantalla de inicio

Pantalla de CICLO SECUENCIAL DE LA CELDA DE MANUFACTURA FLEXIBLE UNAD

Seleccionar “AUTOMATICO” o “MANUAL”



Figura 69. Pantalla de ciclo secuencial

Pantalla MODO AUTUMATICO

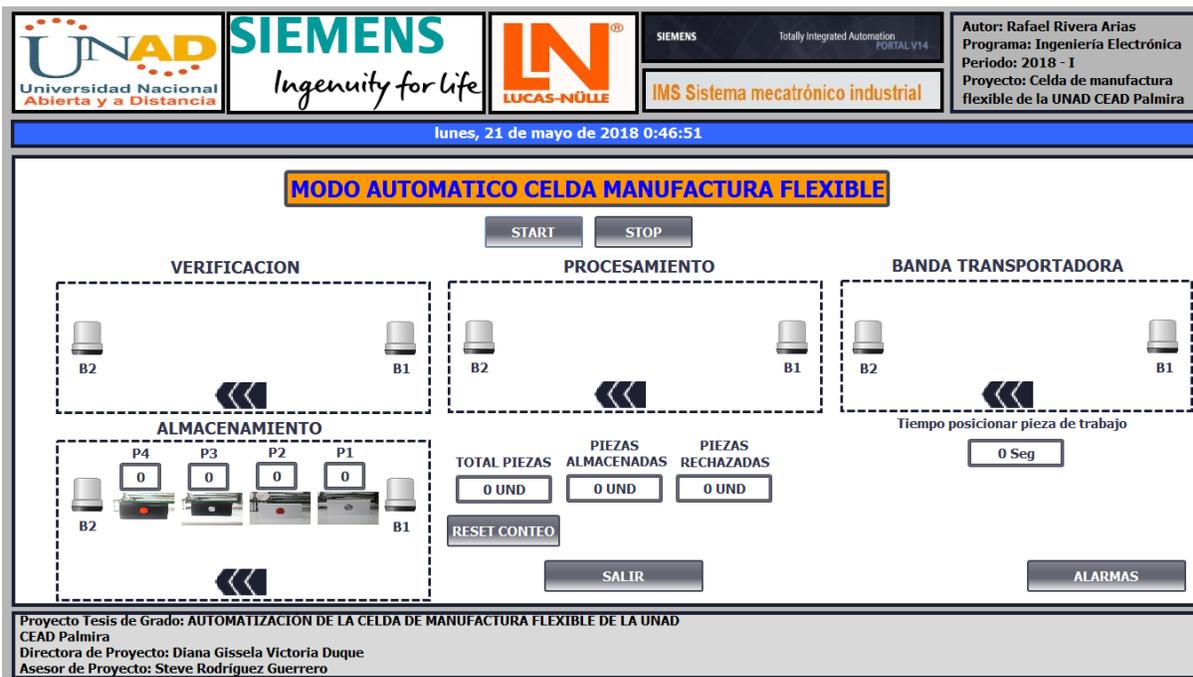


Figura 69. Pantalla modo automático

Pantalla MODO MANUAL

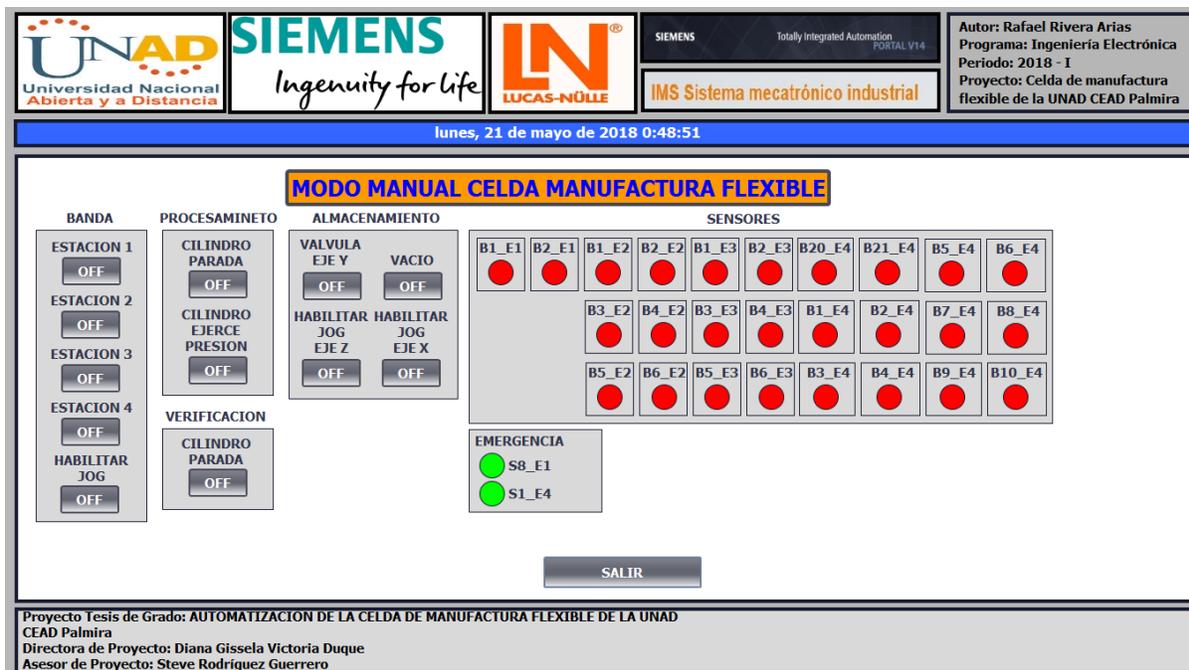


Figura 70. Pantalla modo manual

Práctica 6: Funcionamiento del sistema.

Presionar “**CICLO SECUENCIAL**” activa la primera condición de arranque en modo automático de la celda de manufactura flexible.

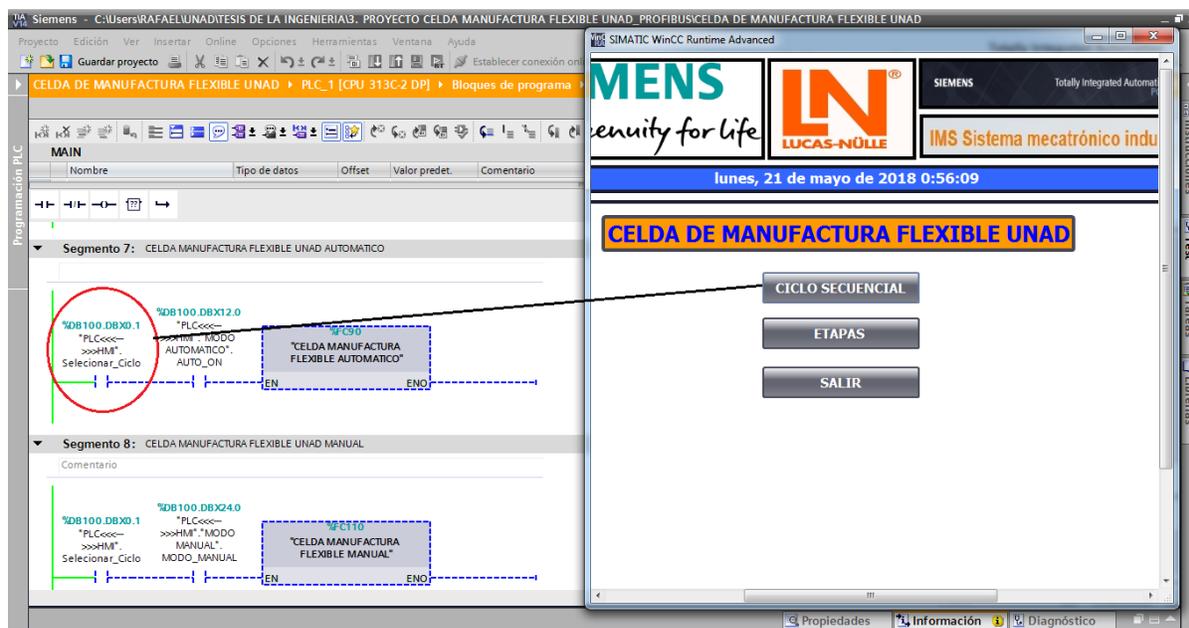


Figura 71. Primera condición de arranque

Presionar “**AUTOMATICO**” activa la segunda condición de arranque en modo automático de la celda de manufactura flexible.

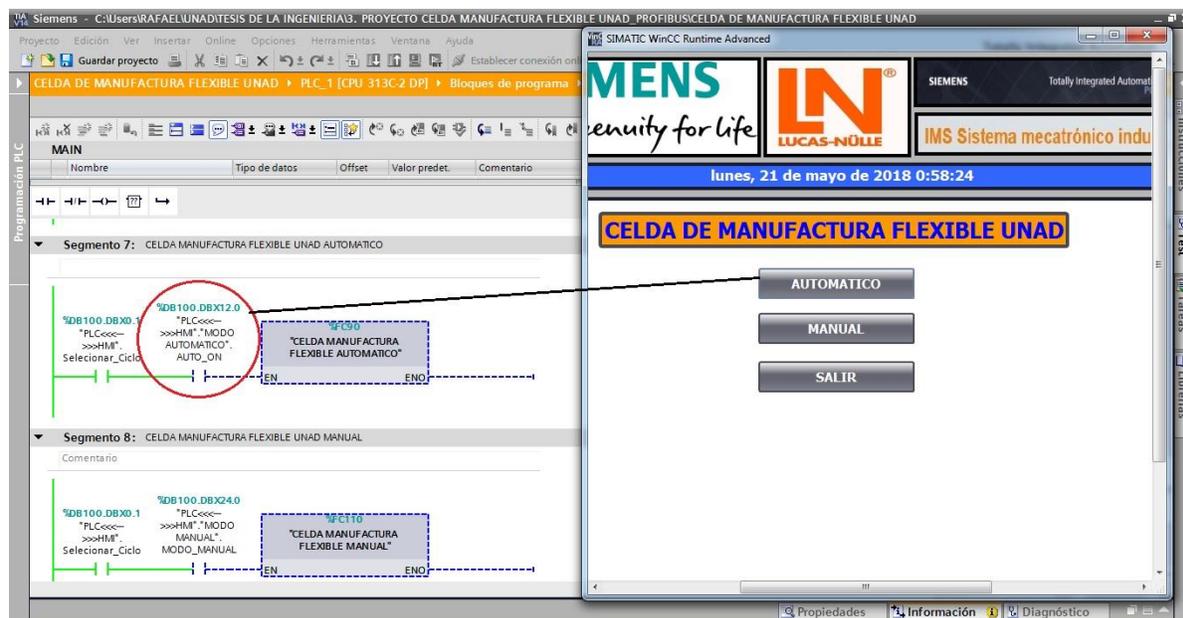


Figura 72. Segunda condición de arranque

FB100, segmento 3: Selecciona el modo automático de la botonera y activa la tercera condición de arranque en modo automático de la celda de manufactura flexible, con lo cual quedara listo para el arranque del ciclo secuencial de la celda de manufactura flexible.

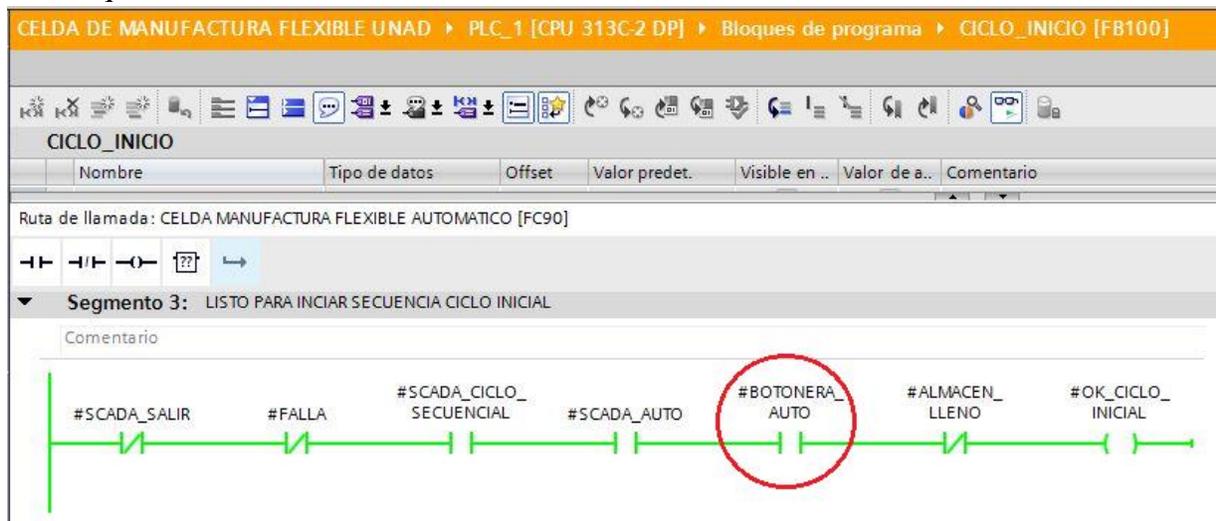


Figura 73. Ciclo inicio FB100 segmento 3

FB100, segmento 4: Una vez se den todas las condiciones de arranque, se debe posicionar la placa portadora de piezas en la estación inicial. Y cuando aparezca el sensor B1 de la posición inicial de la Etapa 1 (Banda transportadora) activo, se debe ingresar un tiempo mayor a cero en el que pueda posicionar la pieza de trabajo.

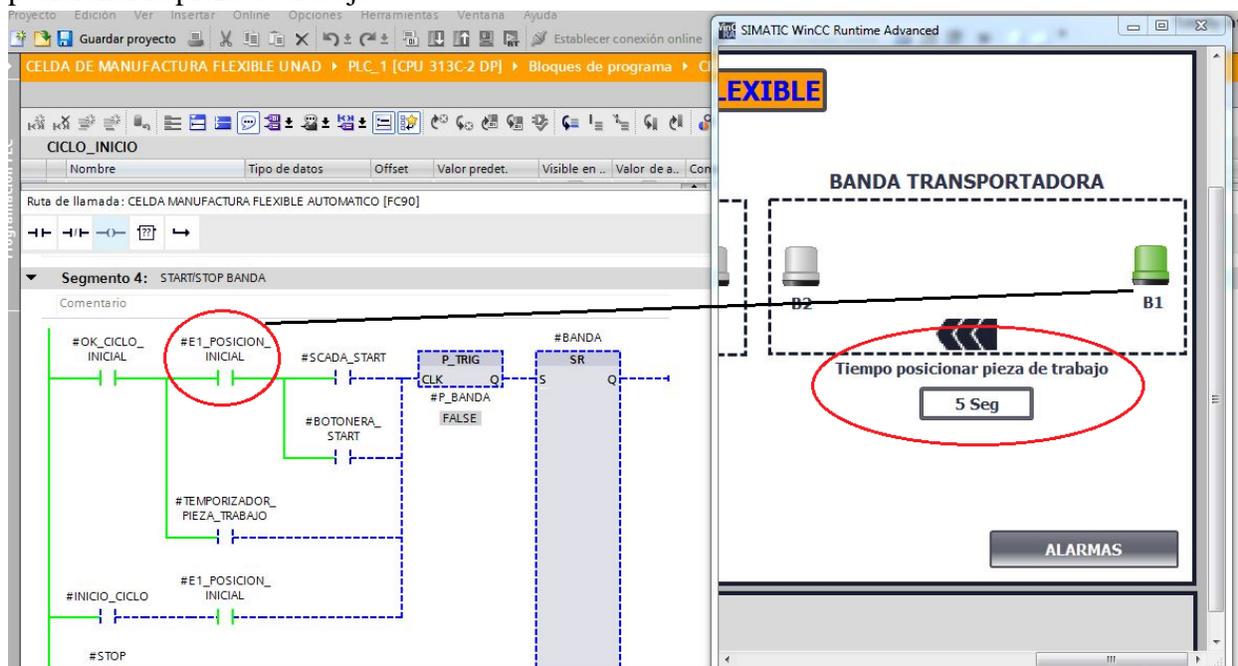


Figura 74. Ciclo inicio FB100 segmento 4 permisivo

FB100, segmento 4: Después que se encuentre cómo se ilustra la imagen anterior, se puede pulsar START desde la pantalla o desde la Botonera, lo cual dará marcha a la banda transportadora. Cuando aparezca el sensor B2 de la posición final de la Etapa 1 (Banda transportadora) activo, la placa portadora de piezas se detendrá según el tiempo parametrizado como; “tiempo posicionar pieza de trabajo”, en este espacio debo de posicionar manualmente, en la placa portadora de piezas la pieza de trabajo, ya que una vez transcurra el tiempo parametrizado la banda arrancara de nuevo.

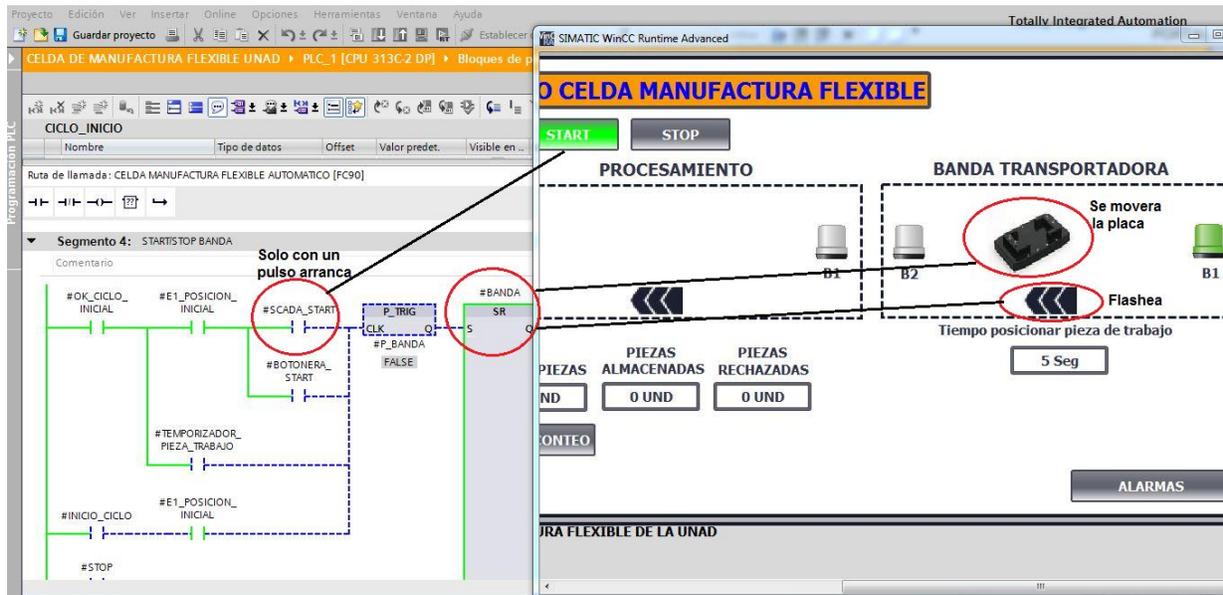


Figura 75. Ciclo inicio FB100 segmento 4 arranque banda

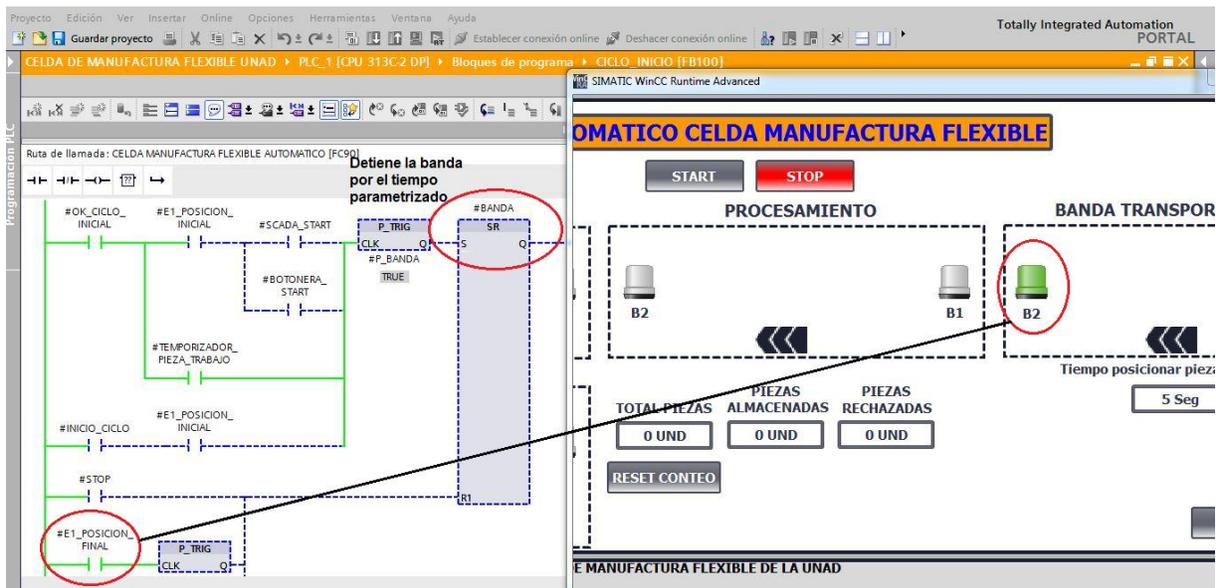


Figura 76. Ciclo inicio FB100 segmento 4 detener banda

FB100, segmento 5: Cuando se cumpla el tiempo parametrizado se activará una variable para iniciar el ciclo de procesamiento.

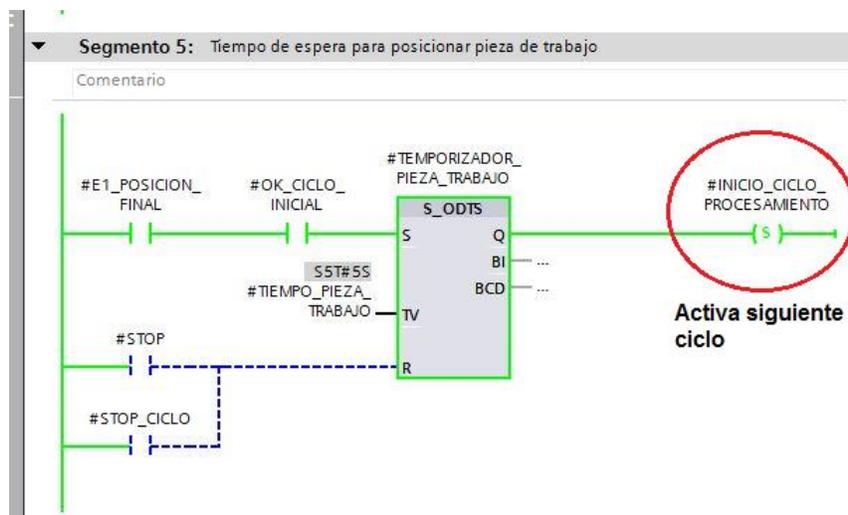


Figura 77. Ciclo inicio FB100 segmento 5

FB200, segmento 7: Ahora estamos en el ciclo de procesamiento. Cuando el sensor B1 de la posición inicial de la Etapa 2 (Procesamiento) se active, al mismo tiempo se activará dos temporizadores uno para el tiempo de parada de la pieza y otro para ejercer la presión del perno sobre la pieza de trabajo (inserción de perno en pieza de trabajo).

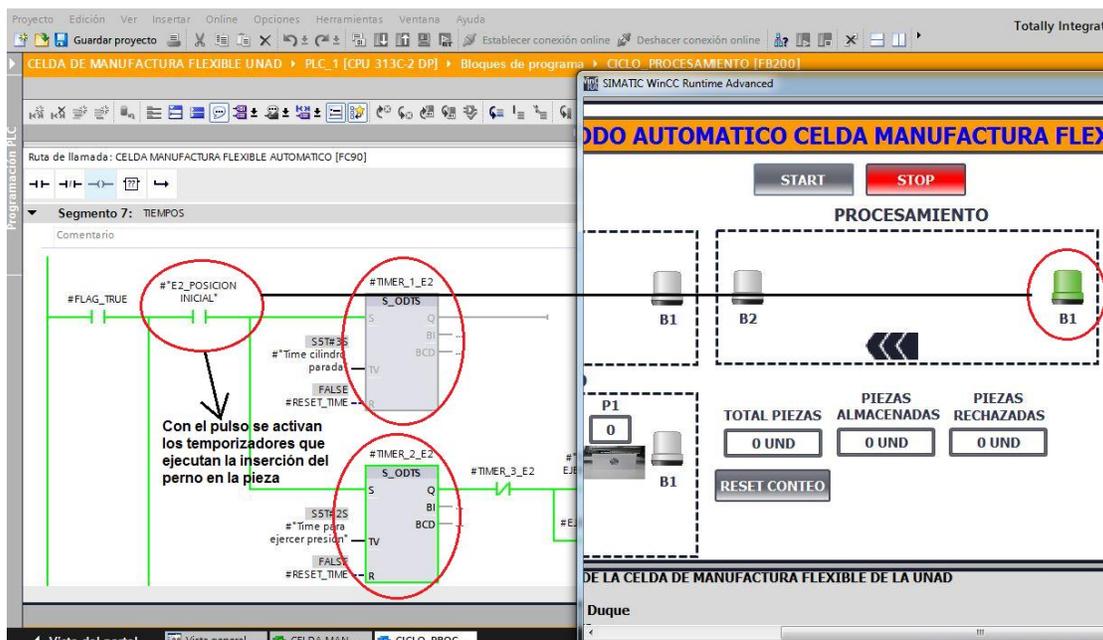


Figura 78. Ciclo procesamiento FB200 segmento 7

FB200, segmento 9: Una vez termina este tiempo la pieza continua su proceso, arranca nuevamente la banda y cuando el sensor B2 de la posición final de la Etapa 2 (Procesamiento) se active, también activará una variable para iniciar el ciclo de verificación.

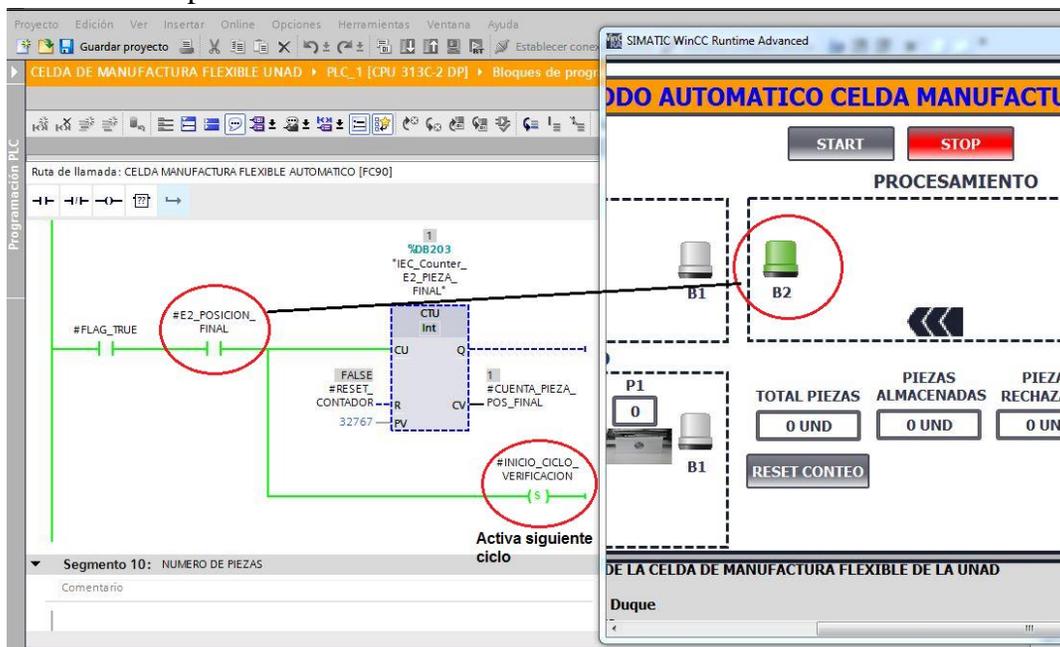


Figura 79. Ciclo procesamiento FB200 segmento 9

FB300, segmento 6: Ahora estamos en el ciclo de verificación. Cuando el sensor B1 de la posición inicial de la Etapa 3 (Verificación) se active, al mismo tiempo se activará dos temporizadores uno para el tiempo de parada de la pieza y otro para el tiempo de parada de la banda.

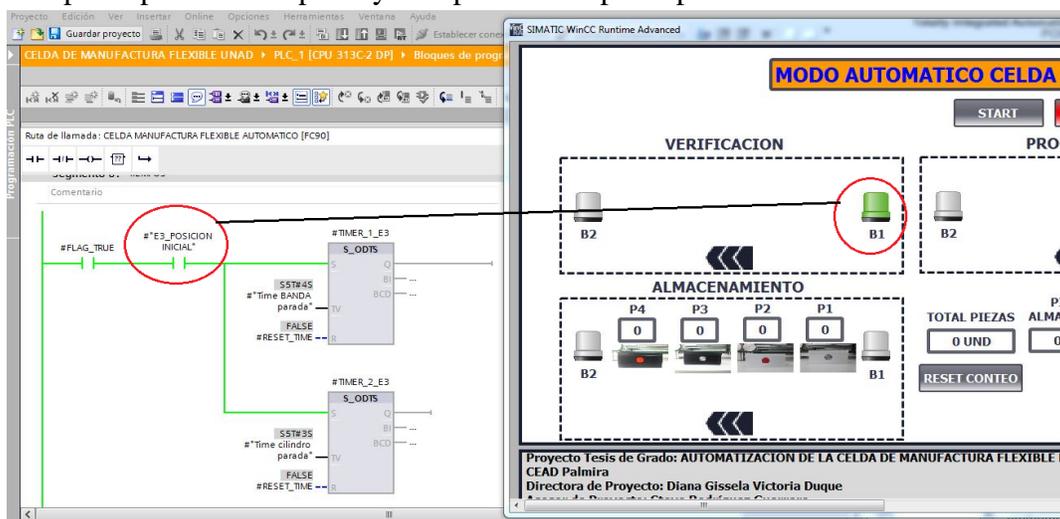


Figura 80. Ciclo verificación FB300 segmento 6

FB300, segmento 7: Cuando se detecte presencia en la pieza de trabajo, esto activará un temporizador aproximadamente por un segundo, el cual dará tiempo a la verificación de la pieza. Y además preseleccionara en que piso almacenara la pieza detectada en el siguiente ciclo.

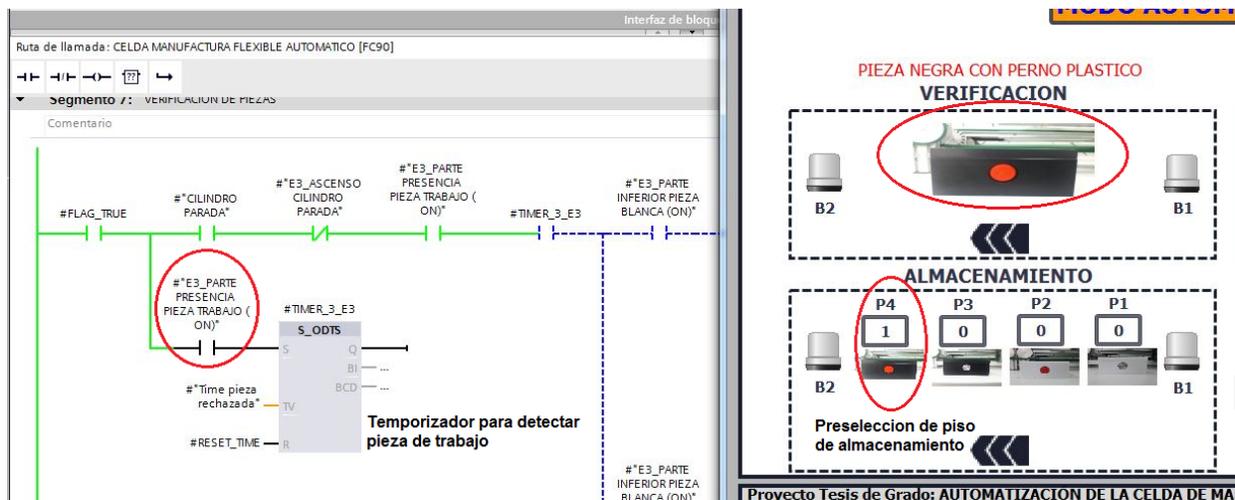


Figura 81. Ciclo verificación FB300 segmento 7

FB300, segmento 12: Cuando el sensor B2 de la posición final de la Etapa 3 (Verificación) se active, este activará una variable para iniciar el ciclo de almacenamiento.

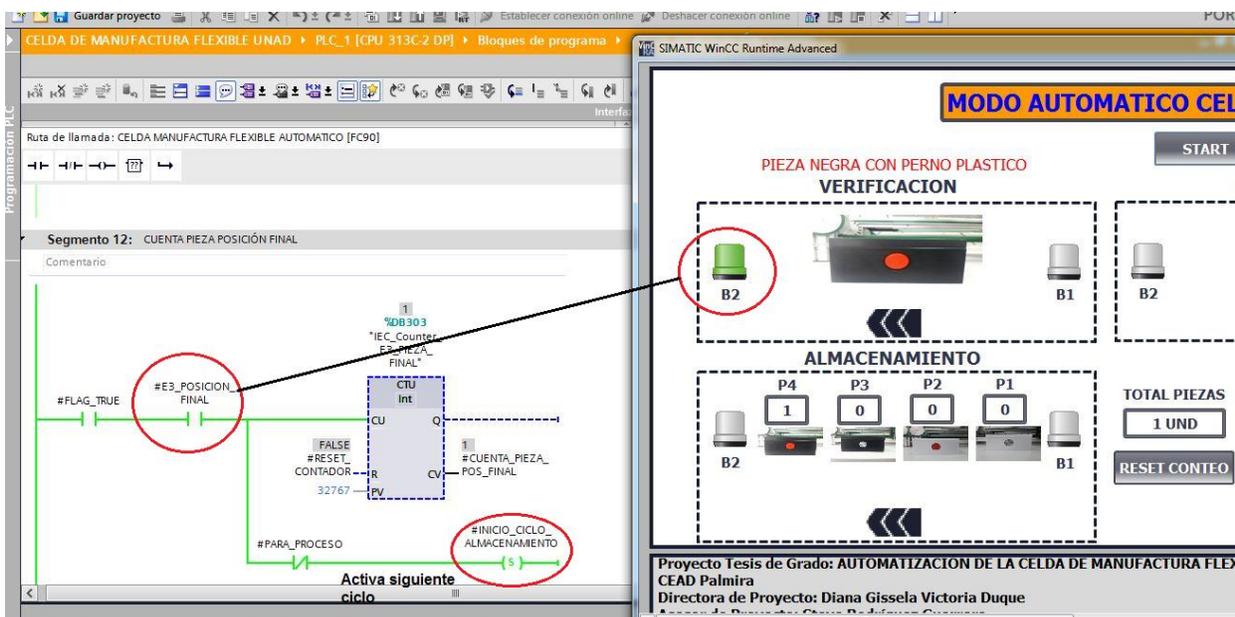


Figura 82. Ciclo verificación FB300 segmento 12

FB400, segmento 5: Ahora estamos en el ciclo de almacenamiento. Cuando el sensor B2 de la posición final de la Etapa 4 (Almacenamiento) se active, se detendrá la banda y activará la baja del brazo (Eje Z).

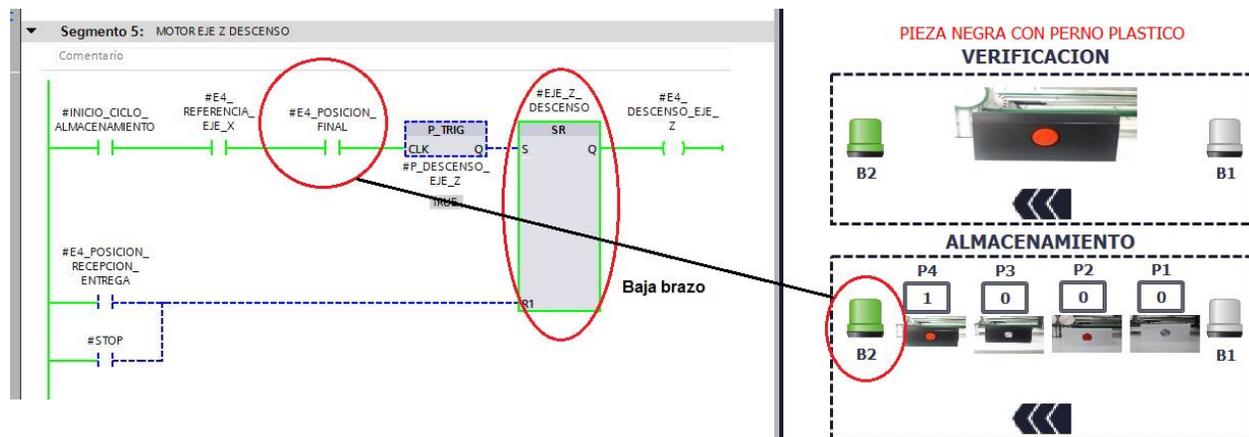


Figura 83. Ciclo almacenamiento FB400 segmento 5

FB400, segmento 6: Cuando el brazo detecte posición de recepción y entrega, el brazo se detendrá y activará el vacío, con el fin de capturar la pieza.

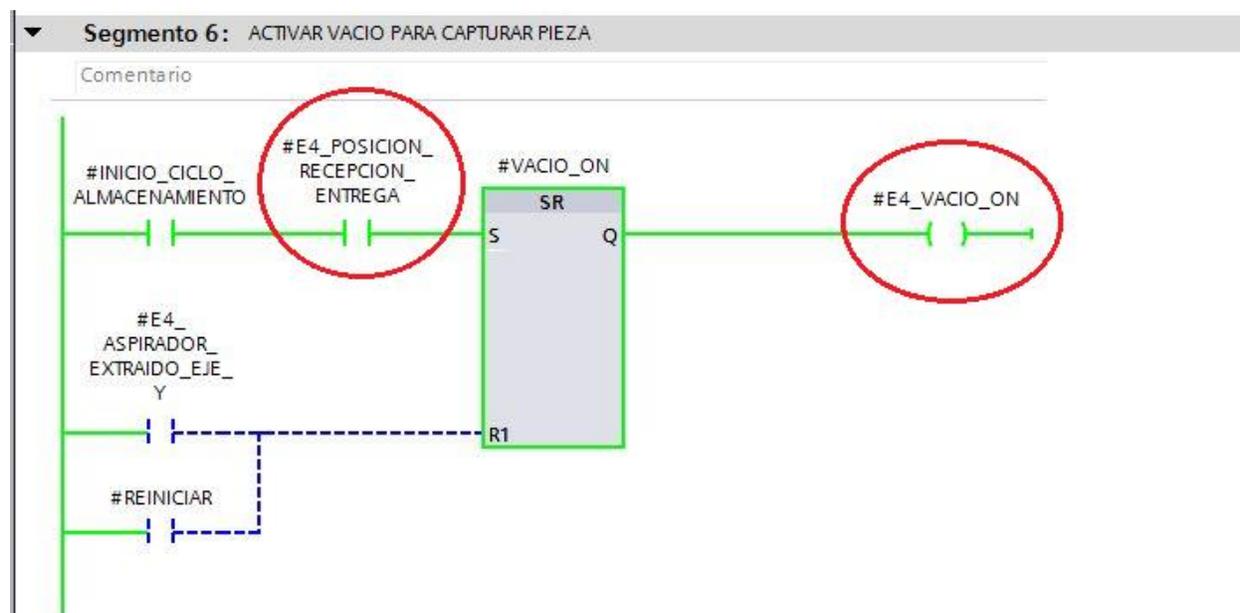


Figura 83. Ciclo almacenamiento FB400 segmento 6

FB400, segmento 7: Cuando el brazo capture la pieza, se activará la señal de control de vacío e iniciará el ascenso del brazo a posicionar en el piso ya preseleccionado en la etapa de verificación.

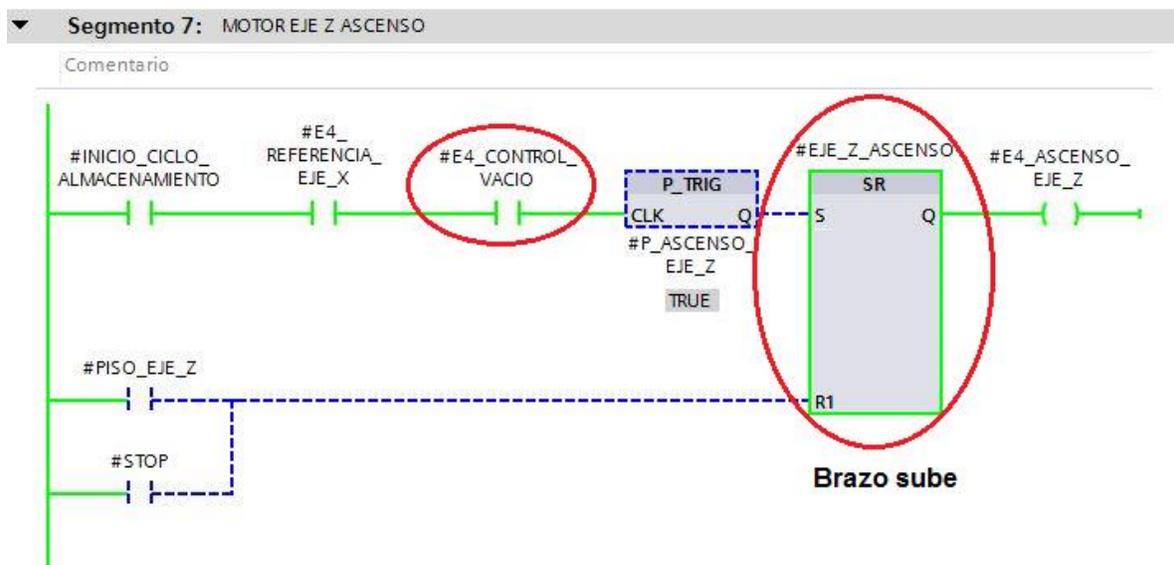


Figura 84. Ciclo almacenamiento FB400 segmento 7

FB400, segmento 13: Cuando el brazo llegue al piso ya preseleccionado en la etapa de verificación, el brazo se detendrá y se activará el retorno en el Eje X, desplazando la pieza hacia atrás.

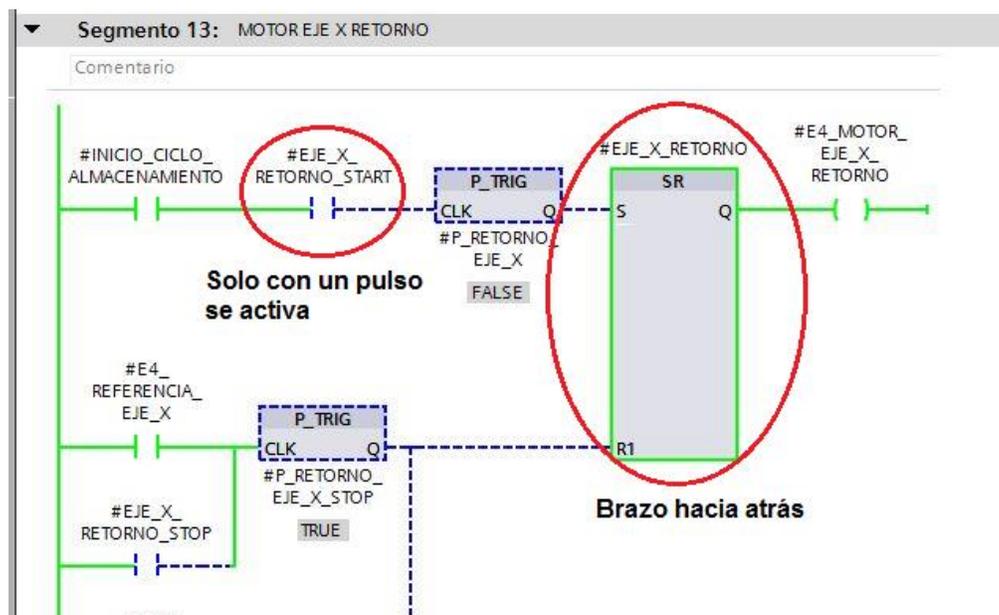


Figura 85. Ciclo almacenamiento FB400 segmento 13

FB400, segmento 15: Una vez el brazo se posicione adecuadamente se detendrá y se activará la válvula del Eje Y, posicionando la pieza de trabajo en el estante del Almacén.

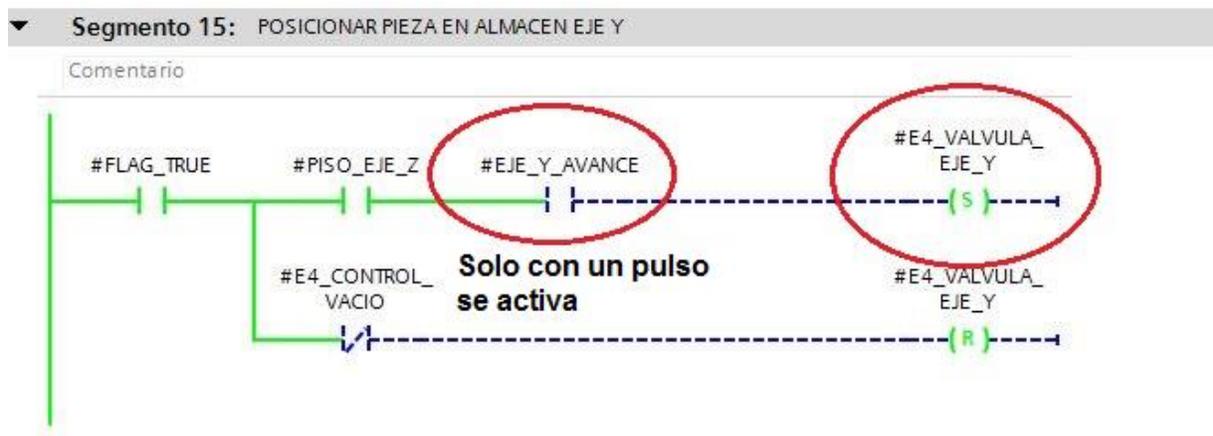


Figura 86. Ciclo almacenamiento FB400 segmento 15

FB400, segmento 16: Cuando este posicionando la pieza de trabajo en el estante del Almacén, se activa la señal de Eje Y extraído, correspondiente al cilindro que posiciona la pieza de trabajo, esta señal desactiva el vacío, encargado de liberar la pieza.

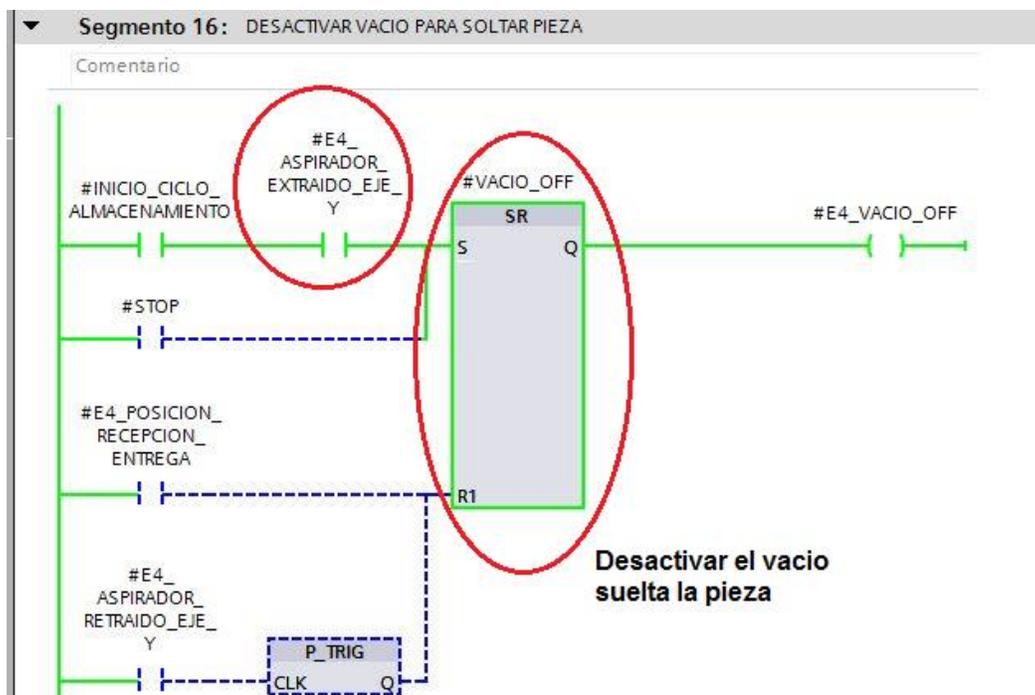


Figura 87. Ciclo almacenamiento FB400 segmento 16

FB400, segmento 17: Cuando se detecte la señal de aspirador retraído en el Eje Y, desplazara la placa portadora de la pieza hacia el ciclo inicial.

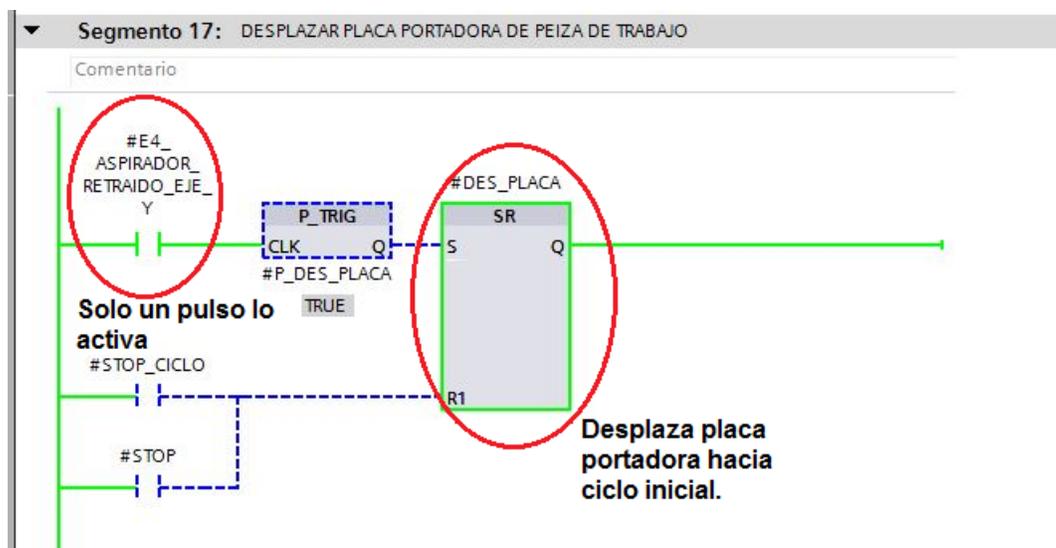


Figura 88. Ciclo almacenamiento FB400 segmento 17

FB400, segmento 18: Cuando se detecte la señal de aspirador retraído en el Eje Y, el Eje X no esté en la posición de referencia y el vacío este desactivado; es decir este la pieza liberada, el brazo en el Eje X se desplazará hacia adelante hasta llegar al punto de referencia y en el punto de referencia se detendrá.

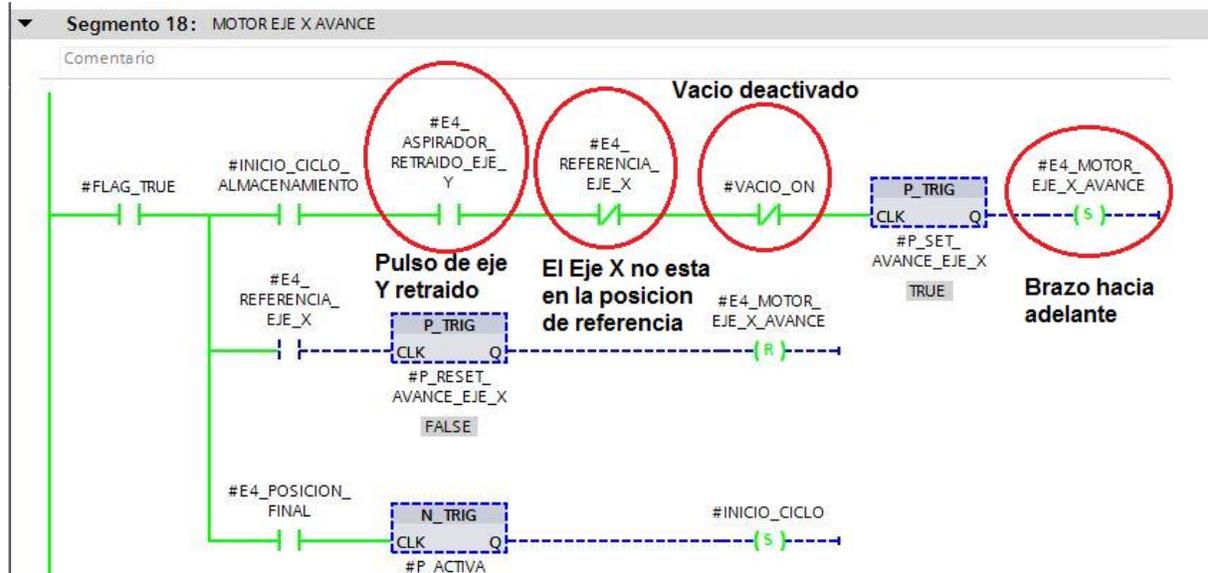


Figura 88. Ciclo almacenamiento FB400 segmento 18

Cuando termina toda esta secuencia cíclica inicia nuevamente el proceso. Las condiciones por la cuales el proceso se detendría, es con un paro de Emergencia presionado desde la botonera o desde la estación de almacenamiento, pulsando un STOP desde la pantalla o desde la botonera, o en último caso cuando todos los estantes del almacén se encuentren llenos.

En la siguiente imagen observamos, el botón para reiniciar el contador una vez el estante del almacén está lleno y ya se halla desocupado. La pantalla nos indica el total de piezas contadas en un proceso completo, el total de piezas almacenadas y el total de piezas rechazadas, las cuales no fueron almacenadas. También monitorea cuantas piezas hay almacenadas en cada piso. Se pueden almacenar hasta un máximo de 4 piezas, si se presenta una 5 pieza hacia el piso ya lleno, el sistema además de que informará visualmente que se encuentra lleno, la contará como pieza rechazada y por lo tanto no será almacenada.

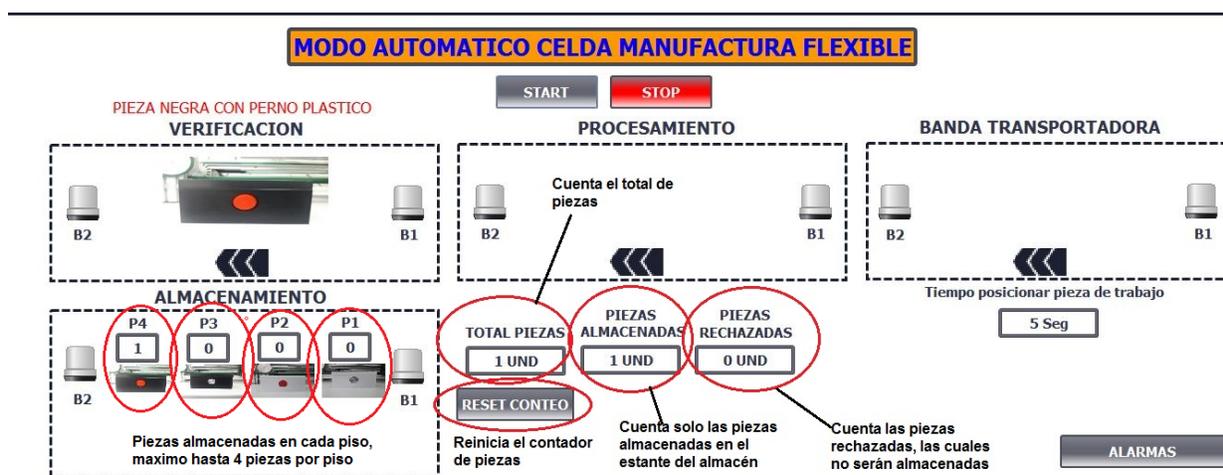


Figura 89. Sistema SCADA ciclo automático de la celda de manufactura flexible

FC90, segmento 10: Una vez estén lleno todos los estantes del almacén el ciclo se detendrá en la posición inicial del ciclo inicial. Para restablecer el sistema debe de pulsar RESET CONTEO desde la pantalla y después pulsar STOP desde la pantalla o desde la botonera.

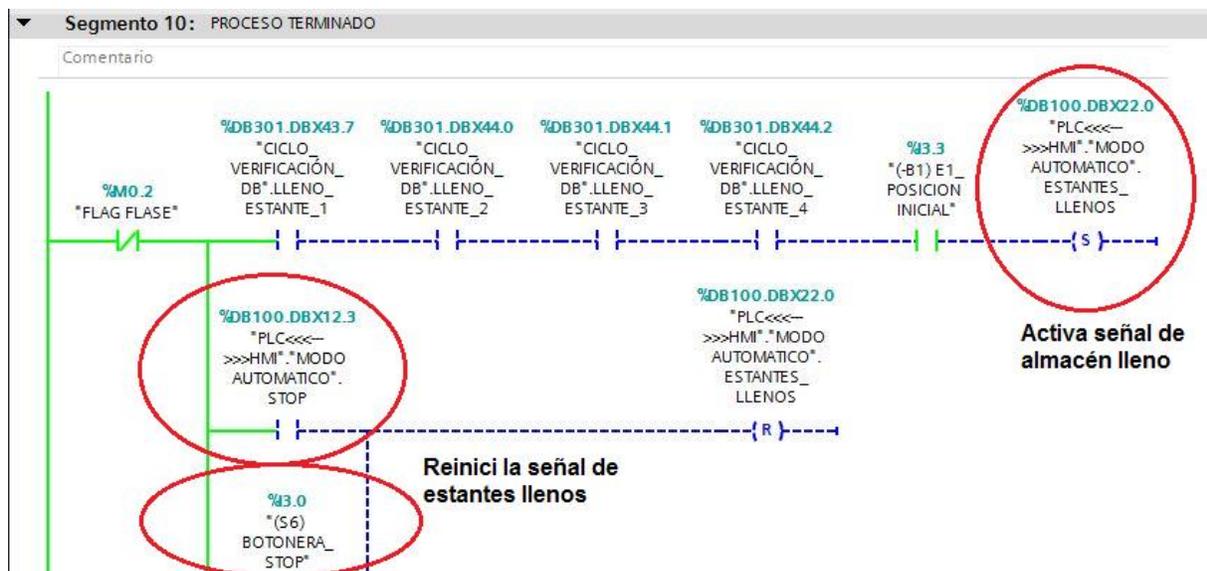


Figura 90. Modo automático FC90 segmento 10

N.º	Hora	Fecha	Estado	Texto	Acusar grupo
23	12:05:55	24/05/2018	E	ESTANTES LLENOS DESOCUPE EL ALMACEN Y PULSE RESET CONTEO PARA CONTINUAR	0
22	12:05:35	24/05/2018	E	ESTANTE PISO 4 LLENO	0
19	11:53:10	24/05/2018	E	ESTANTE PISO 1 LLENO	0
21	11:33:17	24/05/2018	E	ESTANTE PISO 3 LLENO	0
20	11:30:53	24/05/2018	E	ESTANTE PISO 2 LLENO	0

MODO AUTOMATICO CELDA MANUFACTURA FLEXIBLE

PIEZA NEGRA CON PERNO PLASTICO

VERIFICACION

PROCESAMIENTO

BANDA TRANSPORTADORA

Tiempo posicionar pieza de trabajo

2 Seg

ALMACENAMIENTO

ESTANTE LLENO ESTANTE LLENO ESTANTE LLENO ESTANTE LLENO

TOTAL PIEZAS: 24 UND

PIEZAS ALMACENADAS: 16 UND

PIEZAS RECHAZADAS: 9 UND

RESET CONTEO

START STOP

SALIR

ALARMAS

Figura 91. Sistema SCADA estantes llenos

Esta es la pantalla donde se evidencian las Alarmas presentes. Una vez se restablezca la falla deben ser reseteadas desde la pantalla con el botón de RESET o desde la botonera, para poder restablecer el sistema, de lo contrario no podrá iniciar el proceso.

ALARMAS						
N.º	Hora	Fecha	Estado	Texto	Acusar grupo	PLC
1	23:52:19	23/05/2018	E	PARO DE EMERGENCIA DE LA BOTONERA	0	HMI_Co...
2	23:52:14	23/05/2018	E	PARO DE EMERGENCIA DE LA ESTACION DE ALMACENAMIENTO	0	HMI_Co...
18	21:23:58	23/05/2018	E	ALMACEN VACIO NO HAY PERNOS EN LA ESTACION DE PROCESAMIENTO	0	HMI_Co...

Figura 92. Pantalla de Alarmas

Esta es la pantalla del Historial de Alarmas, donde quedaran registradas todas las alarmas que se han presentado en el transcurso del proceso, quedaran almacenadas en el registro del búfer con fecha y hora.

HISTORIAL DE ALARMAS						
N.º	Hora	Fecha	Estado	Texto	Acusar grupo	PLC
1	23:52:19	23/05/2018	E	PARO DE EMERGENCIA DE LA BOTONERA	0	HMI_Co...
2	23:52:14	23/05/2018	E	PARO DE EMERGENCIA DE LA ESTACION DE ALMACENAMIENTO	0	HMI_Co...
18	21:23:58	23/05/2018	E	ALMACEN VACIO NO HAY PERNOS EN LA ESTACION DE PROCESAMIENTO	0	HMI_Co...
1	20:47:26	23/05/2018	(E)S	PARO DE EMERGENCIA DE LA BOTONERA	0	HMI_Co...
1	20:47:22	23/05/2018	E	PARO DE EMERGENCIA DE LA BOTONERA	0	HMI_Co...

Figura 93. Pantalla de Histórico de Alarmas

Enlace de Video funcionamiento de sistema SCADA

https://youtu.be/Gb4pgP1ni_s