



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Implementación de una comunicación Profibus DP entre el PLC S7-300 y una periferia descentralizada para el control de salidas digitales.**

Raza Millingalli, Klever Israel

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología en Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo en Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica

Ing. Proaño Cañizares, Zahira Alexandra

03 de Septiembre 2020



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN**  
**INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, **“Implementación de una comunicación Profibus DP entre el PLC S7-300 y una periferia descentralizada para el control de salidas digitales”** fue realizado por el señor **Raza Millingalli, Klever Israel** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

**Latacunga, 11 de Marzo del 2021**

Firma:



Firmado electrónicamente por:

**PROAÑO  
CAÑIZARES, ZAHIRA  
ALEXANDRA**

.....  
**Ing. Proaño Cañizares, Zahira Alexandra**

**C. C. 0502272131**

## REPORTE DE VERIFICACIÓN



### Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS \_RAZA\_formato\_urkund.docx (D97919186)  
 Submitted: 3/11/2021 3:01:00 AM  
 Submitted By: kiraza@espe.edu.ec  
 Significance: 7 %

#### Sources included in the report:

Reascos Escobar Kevin Alfonso.docx (D78633475)  
 PROYECTO DE TITULACION\_AMORES\_QUINGATUÑA.docx (D26086855)  
 ORTIZ CHICAIZA ANTHONY GONZALO.docx (D78800303)  
 tesis llagua.docx (D13344653)  
 RICHARD CHANO TESIS.docx (D47867173)  
 proyecto de titulacion\_Amores\_Quingatuña.docx (D25102690)  
 URKUM.docx (D54144087)  
 tesis-diego Favian.docx (D29559273)  
<https://repositorio.upct.es/xmlui/bitstream/handle/10317/7371/tfm-dar-dis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>  
[https://eciencia.urjc.es/bitstream/handle/10115/5026/PFC\\_Marta%20Robles.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://eciencia.urjc.es/bitstream/handle/10115/5026/PFC_Marta%20Robles.pdf?sequence=1&isAllowed=y)  
<https://silo.tips/download/instituto-politecnico-nacional-124>  
<https://docplayer.es/79861634-Universidad-del-azuy-facultad-de-ciencia-y-tecnologia.html>  
<https://docplayer.es/61311371-Carrera-de-ingenieria-electronica-e-instrumentacion-proyecto-de-grado-para-la-obtencion-del-titulo-en-ingenieria-electronica-e-instrumentacion.html>  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4470/6/UPS%20-%20ST000355.pdf>  
[http://www.infopl.net/files/documentacion/automatas/infopl\\_net\\_UAMI10300.PDF](http://www.infopl.net/files/documentacion/automatas/infopl_net_UAMI10300.PDF)  
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4213/1/T-ESPEL-0151.pdf>  
<http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/3276/1/Silva%20Alvear%2C%20Jos%C3%A9%20Carlos.pdf>  
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8799/1/T-ESPEL-ENI-0327.pdf>

#### Instances where selected sources appear:

37

Firma:



Firmado electrónicamente por:  
**ZAHIRA ALEXANDRA**  
**PROAÑO CAÑIZARES**

**Ing. Proaño Cañizares, Zahira Alexandra**

**DIRECTOR**



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN

#### INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

#### RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Raza Millingalli, Klever Israel**, con cédula de ciudadanía n°1804724050, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Implementación de una comunicación Profibus DP entre el PLC S7-300 y una periferia descentralizada para el control de salidas digitales**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Latacunga, 11 de Marzo del 2021**

Firma

.....  
**Raza Millingalli, Klever Israel**

C.C.: 1804724050



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN**

**INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Yo **Raza Millingalli, Klever Israel**, con cédula de ciudadanía n°1804724050, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Implementación de una comunicación Profibus DP entre el PLC S7-300 y una periferia descentralizada para el control de salidas digitales** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

**Latacunga, 11 de Marzo del 2021**

Firma

**Raza Millingalli, Klever Israel**

C.C.: 1804724050

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico a mi Dios que supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no claudicar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin desfallecer en el intento.

A mis padres, por su apoyo incondicional, consejos, reprimendas, amor, ayuda en los momentos difíciles y su sacrificio todos estos años, gracias a ellos he podido llegar tan lejos, con sus valores y principios morales, convertirme en quien soy actualmente. A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar. A toda mi familia quienes me apoyaron.

A mis amigos, quienes fueron un gran soporte emocional durante el tiempo que cruce la universidad, mis maestros quienes nunca renunciaron al enseñarme y depositaron toda su confianza en mí, para lograr cumplir esta meta tan anhelada.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado fuerza y valor para poder culminar esta etapa de mi vida.

Quiero dar mi gratitud a mi familia, hermanos, padre y en especial a mi madre quien sin duda alguna en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos; es una mujer que simplemente me hace llenar de orgullo y no va haber manera de devolverle lo mucho que me ha ofrecido. Esta tesis es un logro más que llevo a cabo y sin lugar a duda ha sido en gran parte gracias a usted.

Mi profundo agradecimiento a mis amigos y compañeros de clase quienes me ayudaron a superar diversos problemas y dificultades.

Finalmente quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis profesores quienes me inculcaron diferentes conocimientos, a mi tutora de tesis por su paciencia, orientación y disposición, a mi director de carrera por sus enseñanzas y consejos brindados a lo largo de toda la carrera universitaria.

<b>Tabla de contenidos</b>	
<b>Carátula.....</b>	<b>1</b>
<b>Certificación.....</b>	<b>2</b>
<b>Reporte de verificación.....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de autoría.....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de publicación.....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>6</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>7</b>
<b>Tabla de contenidos.....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>12</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>15</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>16</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>17</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>18</b>
<b>Tema:.....</b>	<b>18</b>
<b>Antecedentes:.....</b>	<b>18</b>
<b>Planteamiento del problema:.....</b>	<b>19</b>
<b>Justificación:.....</b>	<b>20</b>
<b>Objetivo general:.....</b>	<b>20</b>
<b>Objetivos específicos:.....</b>	<b>20</b>



	9
Alcance:.....	21
<b>Marco teórico.....</b>	<b>22</b>
<b>Sistemas de Control. ....</b>	<b>22</b>
<i>Clasificación de los Sistemas de Control.....</i>	<i>22</i>
<b>Sensores, Transductores y Transmisores. ....</b>	<b>23</b>
<i>Tipos de sensores.....</i>	<i>24</i>
<b>Autónoma programable.....</b>	<b>25</b>
<i>Estructura Externa de los Automatas Programables. ....</i>	<i>25</i>
<i>Estructura Interna de los Automatas Programables.....</i>	<i>26</i>
<i>Selección de Automatas Programables.....</i>	<i>28</i>
<b>Niveles de Automatización.....</b>	<b>29</b>
<i>Nivel de Campo .....</i>	<i>29</i>
<i>Nivel de Control.....</i>	<i>29</i>
<i>Nivel de Supervisión .....</i>	<i>30</i>
<i>MES (Sistema de Ejecución de Fabricación).....</i>	<i>30</i>
<i>ERP (Planificación de Recursos Empresariales) .....</i>	<i>30</i>
<b>Redes industriales .....</b>	<b>31</b>
<b>Bus de Campo (Fieldbus).....</b>	<b>32</b>
<i>Bus de Campo Propietario.....</i>	<i>34</i>
<i>Bus de Campo Abierto.....</i>	<i>34</i>
<b>Profibus.....</b>	<b>36</b>

	10
<i>Características Generales Profibus</i> .....	36
<i>Versiones de Profibus</i> .....	38
<i>Cable Profibus</i> .....	41
<i>Conector Profibus DP</i> .....	43
<i>Profibus, RS 485</i> .....	44
<b>Leguajes de programación</b> .....	45
<i>Lista de Instrucciones (IL)</i> .....	46
<i>Texto Estructurado (ST)</i> .....	47
<i>Diagrama de Contactos (LD)</i> .....	47
<i>Diagrama de Bloques Estructurados (FBD)</i> .....	47
<i>Diagrama de Funciones Secuenciales (SFC)</i> .....	47
<b>Software de programación</b> .....	48
<i>Zeliosoft</i> .....	48
<i>Isagraf</i> .....	49
<i>Selpro</i> .....	49
<i>M-Plc</i> .....	49
<i>Tia Portal</i> .....	49
<b>Desarrollo del Tema</b> .....	50
<b>Descripción del proceso</b> .....	50
<b>Selección de hardware</b> .....	51
<b>Selección de software</b> .....	53

Programación Tia Portal.....	53
<i>Creación del proyecto y configuración de la red Profibus DP.....</i>	<i>53</i>
<i>Programación del PLC S7-300.....</i>	<i>60</i>
Programación Factory I/O .....	88
<i>Creación del proyecto.....</i>	<i>88</i>
<i>Comunicación entre Tia Portal y Factory I/O .....</i>	<i>89</i>
Conexión de hardware del PLC S7-300 y el ET 200M .....	92
Conclusiones y recomendaciones .....	95
Conclusiones .....	95
Recomendaciones .....	95
Bibliografía .....	97
Anexos.....	98

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Sistema de control de lazo abierto.....	22
<b>Figura 2</b> Sistema de control de lazo cerrado.....	23
<b>Figura 3</b> Diagrama de bloques de obtención de una señal. ....	24
<b>Figura 4</b> Autómata programable en estructura compacta.....	25
<b>Figura 5</b> Autómata programable en estructura modular. ....	26
<b>Figura 6</b> Diagrama de los componentes internos del autómata programable.....	28
<b>Figura 8</b> Pirámide de comunicación.....	33
<b>Figura 9</b> Profibus FMS.....	38
<b>Figura 10</b> Profibus PA.....	39
<b>Figura 11</b> Profibus DP. ....	40
<b>Figura 12</b> Cable Profibus FC standard.....	43
<b>Figura 13</b> Conector Profibus DP. ....	44
<b>Figura 14</b> Terminación RS 485.....	45
<b>Figura 15</b> Lenguajes de programación.....	46
<b>Figura 16</b> Lenguaje de programación SFC. ....	48
<b>Figura 17</b> Proceso. ....	51
<b>Figura 18</b> Creación de proyecto en Tia Portal.....	54
<b>Figura 19</b> Pasos para agregar dispositivo.....	55
<b>Figura 20</b> Conexión de red Profibus DP.....	55
<b>Figura 21</b> Pasos para agregar la periferia descentralizada. ....	56
<b>Figura 22</b> Configuración del PLC S7-300.....	57
<b>Figura 23</b> Configuración del ET 200M.....	58
<b>Figura 24</b> Módulos analógicos y digitales. ....	59
<b>Figura 25</b> Variables del PLC. ....	60

	13
<b>Figura 26</b> Diagrama de flujo de lógica de programación. ....	63
<b>Figura 27</b> Programación. ....	64
<b>Figura 28</b> Control de la luz de inicio. ....	65
<b>Figura 29</b> Paro y paro de emergencia de todas las máquinas. ....	66
<b>Figura 30</b> Control manual de la banda de 2do nivel. ....	67
<b>Figura 31</b> Control automático de la banda de 2do nivel. ....	68
<b>Figura 32</b> Control automático de la banda de 1er nivel. ....	68
<b>Figura 33</b> Banda transportadora Factory I/O. ....	69
<b>Figura 34</b> Control manual del elevador. ....	70
<b>Figura 35</b> Control automático del elevador. ....	71
<b>Figura 36</b> Elevador Factory I/O. ....	72
<b>Figura 37</b> Banda del elevador. ....	74
<b>Figura 38</b> Control brazo neumático. ....	75
<b>Figura 39</b> Selección de tamaño. ....	76
<b>Figura 40</b> Control de la ventosa del brazo neumático. ....	76
<b>Figura 41</b> Brazo neumático Factory I/O. ....	77
<b>Figura 42</b> Banda de almacenamiento. ....	79
<b>Figura 43</b> Adaptador de banda de carga Factory I/O. ....	79
<b>Figura 44</b> Banda de despacho. ....	80
<b>Figura 45</b> Banda transportadora de rodillos Factory I/O. ....	81
<b>Figura 46</b> Contador de la grúa eléctrica. ....	82
<b>Figura 48</b> Activación de las palas de la grúa eléctrica. ....	85
<b>Figura 49</b> Programación de la canastilla en el eje vertical. ....	86
<b>Figura 50</b> Programación de la canastilla en el eje horizontal. ....	87
<b>Figura 51</b> Aplicación en software de simulación. ....	88

<b>Figura 52</b> <i>Diseño del talero de control.</i> .....	89
<b>Figura 53</b> <i>Configuración Tia Portal.</i> .....	90
<b>Figura 54</b> <i>Configuración del Driver del Factory I/O.</i> .....	90
<b>Figura 55</b> <i>Configuración del PLC.</i> .....	91
<b>Figura 56</b> <i>Asignación de sensores y actuadores al PLC.</i> .....	92
<b>Figura 57</b> <i>Conexión de hardware del PLC S7-300 y ET 200M.</i> .....	93
<b>Figura 58</b> <i>Conexión de módulos analógicos y digitales del ET 200M.</i> .....	93
<b>Figura 59</b> <i>Conexión de hardware del Factory I/O.</i> .....	94

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Arquitectura de las redes de campo industriales</i> .....	33
<b>Tabla 2</b> <i>Buses de campo y sus características</i> .....	35
<b>Tabla 3</b> <i>Características de los perfiles de Profibus</i> .....	40
<b>Tabla 4</b> <i>Parámetros de línea del cable Profibus</i> .....	41
<b>Tabla 5</b> <i>Características técnicas del autómatas programable S7-300</i> .....	52
<b>Tabla 6</b> <i>Características de los módulos periféricos</i> .....	52
<b>Tabla 7</b> <i>Lista de variables</i> .....	60
<b>Tabla 8</b> <i>Representación de valores analógicos</i> .....	61
<b>Tabla 9</b> <i>Conexión y funcionamiento de la banda transportadora</i> .....	69
<b>Tabla 10</b> <i>Señales de los niveles de operación del elevador</i> .....	70
<b>Tabla 11</b> <i>Conexión y funcionamiento del elevador</i> .....	71
<b>Tabla 12</b> <i>Conexión y funcionamiento del brazo neumático</i> .....	78
<b>Tabla 13</b> <i>Conexión y funcionamiento del adaptador de banda de carga</i> .....	80
<b>Tabla 14</b> <i>Conexión y funcionamiento de la banda transportadora de rodillos</i> .....	80
<b>Tabla 15</b> <i>Conexión y funcionamiento de la grúa eléctrica</i> .....	82
<b>Tabla 16</b> <i>Niveles de almacenamiento del eje Z</i> .....	85
<b>Tabla 17</b> <i>Columnas de almacenamiento del eje X</i> .....	86

## Resumen

La presente monografía detalla, la implementación de una red de comunicación Profibus DP, en configuración maestro-esclavo, donde se utilizará un autómata programable modelo S7-300 marca SIEMENS como maestro y una periferia descentralizada modelo ET 200M como esclavo, con la finalidad de controlar salidas digitales. El proceso a controlar fue realizado en el software de simulación Factory I/O, donde en los niveles 2 y 3, cajas de diferente tamaño son transportadas por bandas hasta la orilla de un elevador, el cual, de acuerdo a su orden de llegada, determinada por sensores infrarrojos, desciende la caja hasta el primer nivel donde inmediatamente la caja es trasladada a un brazo neumático que se mueve en los tres ejes (X, Y, Z), para separarla según su tamaño. La caja grande: será trasladada por una banda de rodillos hasta el lugar de despacho. Y la caja pequeña: será transportada por una banda de rodillos hasta una grúa eléctrica que se desplaza en los ejes (X, Z), la cual mediante dos palas recoge y almacena en orden ascendente en dos estanterías situadas a la derecha y a la izquierda de ella. El proceso es controlado por botones de inicio paro y paro de emergencia, además, cuenta con potenciómetros para regular la velocidad de las bandas transportadoras aledañas al elevador y un contador para seleccionar la posición de almacenado de la caja en las estanterías.

Palabras clave:

- **PROFIBUS DP**
- **AUTÓMATA PROGRAMABLE**
- **RED DE COMUNICACIÓN**
- **FACTORY I/O**



**Abstract**

This monograph details an implementation of a Profibus DP communication network in master-slave configuration, where a programmable controller model S7-300 SIEMENS will be used as master and a decentralized periphery model ET 200M as slave, in order to control digital outputs. The process to be controlled was performed in the Factory I/O simulation software, where in levels 2 and 3, boxes of different sizes are conveyed by belts to the edge of an elevator, which according to their order of arrival, determined by infrared sensors, lowers the box to the first level where the box is immediately transferred to a pneumatic arm that moves in the three axes (X, Y, Z), to separate it according to its size. The big box: it will be moved by a roller conveyor to the place of dispatch. The small box: it will be transported by a roller conveyor to an electric crane that moves on the axes (X, Z), which by means of two shovels collects and stores in ascending order on two shelves located to the right and to the left of it. The process is controlled by start, stop and emergency stop buttons, also, it has potentiometers to regulate the speed of the conveyor belts adjacent to the elevator and a counter to select the storage position of the box on the shelves.

Keywords:

- **PROFIBUS DP**
- **PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER**
- **COMMUNICATION NETWORK**
- **FACTORY I/O**

## CAPÍTULO I

### 1. Introducción

#### **Tema:**

“Implementación de una comunicación Profibus DP entre el PLC S7-300 y una periferia descentralizada para el control de salidas digitales.”

#### **1.1 Antecedentes:**

En la actualidad debido a los avances de la tecnología los buses de campo se usan de forma prioritaria como un sistema de comunicación por eso las comunicaciones industriales son parte fundamental en las industrias, es importante que los centros de educación superior cuenten con equipos y herramientas modernas en sus laboratorios, que faciliten el proceso de enseñanza aprendizaje, preparándolos para el ámbito laboral.

Luis German Salazar Farias en su revista electrónica de interés académico denominada “Estrategias para la Automatización Industrial” menciona que miles de pruebas realizadas satisfactoriamente han demostrado de manera impresionante que el uso de la tecnología de los buses de campo puede ahorrar hasta un 40% en costes por cableado, mantenimiento, etc.

Un estándar de comunicaciones para bus de datos más utilizados es PROFIBUS DP como argumenta Eduardo Flores Moran en su trabajo de investigación denominado “Periferia descentralizada dentro de un proyecto de automatización con equipos y software SIMATIC S7” menciona que la serie SIMATIC de Siemens incorpora al bus de campo PROFIBUS DP en la utilización de procesos con periferia descentralizada. PROFIBUS DP se convierte en un aliado importante al momento de comunicar los PLC de la serie SIMATIC S7-300 con los módulos remotos ET 200 y con otros remotos.

Georgel Gabor, Cosmin Pintilie, Catalin Dumitrescu, Nituca Costica y Adrian Traian Plesca en su trabajo de titulación denominado “Aplicación del protocolo industrial PROFIBUS-DP” hace mención que PROFIBUS DP se basa en estándares internacionales reconocidos utilizando el OSI (Sistema abierto Interconexión) y en la red Profibus utiliza la segunda capa de la referencia OSI modelo. Este protocolo regula la seguridad de los datos y los datos.

### **1.2 Planteamiento del problema:**

Los enormes avances de las industrias modernas han aumentado el uso de autómatas programables en temas de automatización industrial puesto que actualmente las industrias emplean desde elementos muy básicos hasta dispositivos de control autónomos programables industriales de gran escala, pero no todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, debido a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente.

Profibus DP que es un estándar de comunicaciones para bus de campo se utiliza para simplificar enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales usados en procesos de producción, satisfaciendo los requerimientos técnicos y las exigencias económicas al convertir los aparatos individuales en sistemas conjuntos

Por tal motivo la comunicación Profibus DP entre el PLC S7-300 y una periferia descentralizada de salidas digitales para prácticas de redes industriales tiene gran acogida en las industrias y puesto que la Unidad de Gestión en Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE se caracteriza por brindar servicios de carácter académico a los estudiantes de la carrera Tecnología en Electrónica mención Instrumentación y Aviónica, preparándolos para el campo laboral debe contar con

laboratorios y dispositivos industriales actualizados para el desarrollo de prácticas, ajustando el proceso de enseñanza y aprendizaje de acuerdo a los avances tecnológicos.

Uno de los temas de formación son las redes industriales en las áreas de Automatización y Control de procesos por lo que se propone el tema “Implementación de comunicación Profibus DP entre el PLC S7-300 y la periferia descentralizada para el control de salidas digitales” el cual incluirá una guía técnica que detalla los aspectos más relevantes.

### **1.3 Justificación:**

Con la implementación de este trabajo se beneficiarán los estudiantes de las áreas técnicas puesto que podrán adquirir conocimiento científico como práctico para poder desenvolverse de mejor manera en el ámbito laboral puesto que contarán con nuevos equipos industriales.

Además, los equipos a utilizar en el trabajo de titulación se pueden adquirir en el mercado local, por lo ya mencionado es importante la implementación de una comunicación Profibus DP entre el PLC S7-300 y una periferia descentralizada para el control de salidas digitales.

### **1.4 Objetivos**

#### ***1.4.1 Objetivo general:***

Implementar una comunicación Profibus DP entre el PLC S7-300 y una periferia descentralizada para el control de salidas digitales del módulo de sistema neumático.

#### ***1.4.2 Objetivos específicos:***

- Establecer información acerca de las características de una comunicación Profibus DP.

- Analizar la situación actual del control de salidas digitales con un PLC S7-300
- Desarrollar una comunicación Profibus DP entre el PLC S7-300 y una periferia descentralizada.

### **1.5 Alcance:**

En el presente proyecto se implementa una comunicación industrial entre el PLC S7-300 y una periferia descentralizada mediante el software TIA PORTAL V.15 para el control de salidas digitales a partir de la interconexión de equipos ya existentes del módulo de sistema neumático del laboratorio de instrumentación virtual.

Se realizará pruebas de control para verificar el correcto funcionamiento del sistema

## CAPÍTULO II

### 2. Marco Teórico

#### 2.1 Sistemas de Control.

Los sistemas de control automático son una interconexión de elementos o componentes físicos que forman una configuración denominada sistema de tal manera que el arreglo resultante pueda comandar dirigir o regular dinámicamente así mismos o a otros sistemas (Kuo, 2007).

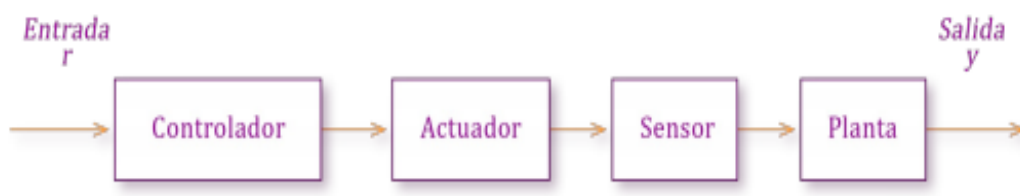
##### 2.1.1 Clasificación de los Sistemas de Control

##### 2.1.1.1 Sistemas de Control de Lazo Abierto.

Es aquel sistema en el cual la salida no se mide ni se realimenta para compararla con la señal de entrada, por tal modo la acción de control es independiente de la salida para ello generalmente se utiliza un regulador o actuador con el propósito de obtener la respuesta anhelada, en la figura 1 se muestra el diagrama del sistema de control de lazo abierto (Gaviño, 2010).

#### Figura 1

*Sistema de control de lazo abierto.*



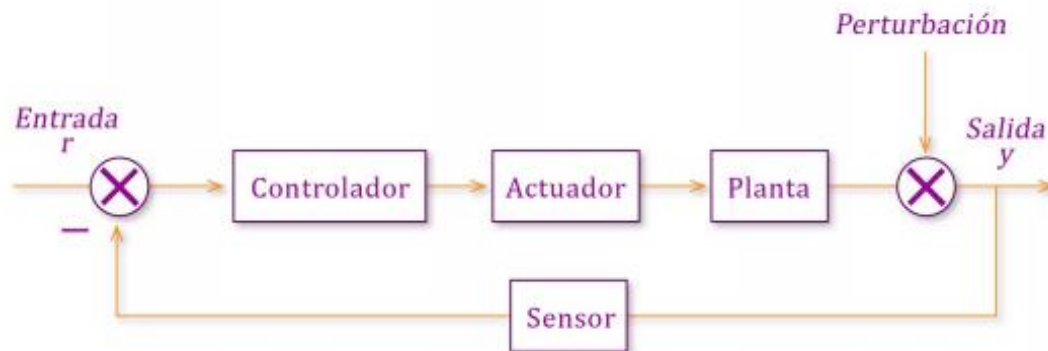
*Nota:* La salida no tiene efecto sobre la acción de control. Tomado de (Rubén Morales, 2013).

### 2.1.1.2 Sistemas de Control de Lazo Cerrado.

El sistema de control de lazo cerrado es aquel en el cual la acción de control siempre dependerá de la señal de salida, denominados así sistemas de control realimentados donde a la diferencia de la señal de entrada y salida llamada señal de error es la que actúa sobre el sistema para llevar a la salida a un valor deseado reduciendo dicho error del sistema (Gaviño, 2010).

**Figura 2**

*Sistema de control de lazo cerrado.*



*Nota:* La salida es medida o realimentada para su comparación. Tomado de (Rubén Morales, 2013).

### 2.2 Sensores, Transductores y Transmisores.

Los sensores son dispositivos eléctricos y/o mecánicos que captan magnitudes físicas como variaciones de luz, temperatura, presión, sonido, etc.; u otras alteraciones de su entorno. De igual forma existe otro dispositivo llamado transductor que cambian una magnitud física en otra magnitud normalmente eléctrica, para mejor medición de variables en un determinado fenómeno (Areny, 2013).

Los transmisores son la interfaz entre el proceso y el sistema de control puesto que su trabajo consiste principalmente en convertir la señal proveniente del sensor en una señal

estándar normalizada de 4 a 20 miliamperios de corriente directa, usada proporcionalmente para representar señales de salida (Villajulca, Instrumentación y Control.net, 2009).

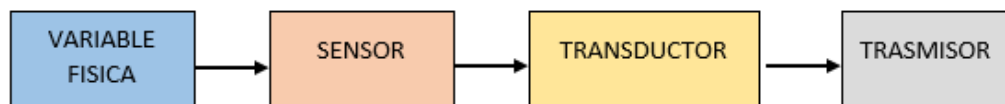
### **2.2.1 Tipos de sensores.**

Existe gran variedad de clasificación de sensores, pero revisando desde el punto de vista de la ingeniería electrónica, es más adecuada la clasificación de acuerdo al parámetro variable a medir.

- Velocidad
- Temperatura
- Presión
- Posición, distancia, desplazamiento
- Caudal, flujo
- Nivel
- Fuerza
- Humedad

### **Figura 3**

*Diagrama de bloques de obtención de una señal.*



*Nota:* La figura muestra el proceso para obtener una señal. Tomado de (Villajulca, Instrumentación y Control.net, 2009).



### **2.3 Autónoma programable.**

El controlador lógico programable o autónoma programable es un dispositivo digital electrónico con memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas con el fin de conectar máquinas y procesos. Además, por sus especiales características de diseño tienen un campo de aplicación muy amplio como en maniobras de máquinas, instalaciones de seguridad, señalización y control entre otras (Moreno, 2012).

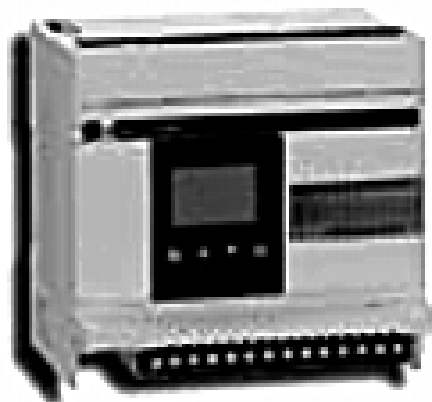
#### ***2.3.1 Estructura Externa de los Autómatas Programables.***

##### **2.3.1.1 Estructura Compacta.**

Son compactos cuando, tienen todos sus componentes como CPU, fuente de alimentación, memoria, entradas/salidas, entre otros, en la misma caja o chasis. Estos componentes suelen ser muy económicos y pequeños pero su desventaja es que solo pueden ampliarse con muy pocos módulos, la figura 4 muestra la estructura compacta de un autómata programable (Martínez, Programación de PLC's, 2002).

#### **Figura 4**

*Autómata programable en estructura compacta.*



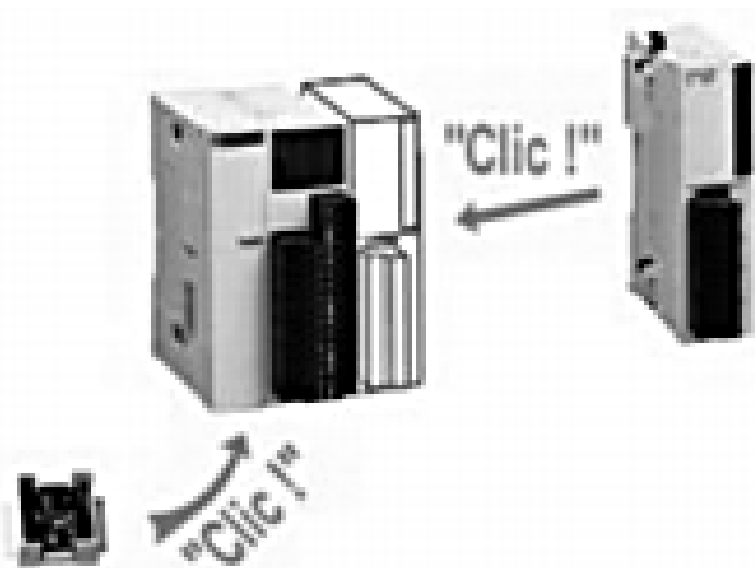
*Nota:* Su potencia de proceso es muy limitada. Tomado de (Moreno, 2012).

### 2.3.1.2 Estructura Modular.

Son modulares cuando se pueden armar o componer sobre un bastidor o base de montaje, sobre el cual se instalan la CPU, los módulos de entradas/salidas y los módulos de comunicaciones si estos fuesen necesarios, entre otros (Martínez, Programación de PLC's, 2002).

#### Figura 5

*Autómata programable en estructura modular.*



*Nota:* Esta estructura se presenta en autómatas de gama alta. Tomado de (Moreno, 2012).

### 2.3.2 Estructura Interna de los Autómatas Programables.

#### 2.3.2.1 Fuente de alimentación.

Brindan las tensiones necesarias para el funcionamiento de los diferentes circuitos del sistema. La alimentación a la CPU puede ser de 24 voltios de corriente continua o de 110/220 voltio de corriente alterna.

### 2.3.2.2 Sección de Entradas y Salidas

Son líneas de entrada y salida respectivamente que pueden ser de dos tipos digitales o analógicas, a esta sección de entrada se les conecta los sensores o líneas de transmisión y en la sección de salida se conectan los actuadores.

### 2.3.2.3 Interfaces

Facilitan la comunicación entre el autómatas y otros dispositivos mediante enlaces serie ya que en la automatización es indispensable el dialogo entre operador maquina junto con una comunicación entre la máquina y el autómatas (Basantes, 2013).

### 2.3.2.4 Microprocesador

Forma parte de la unidad central de proceso (CPU) y se encarga de procesar el programa del usuario, dispone de diversas zonas de memoria, registros e instrucciones de programa.

### 2.3.2.5 Unida Central de Proceso

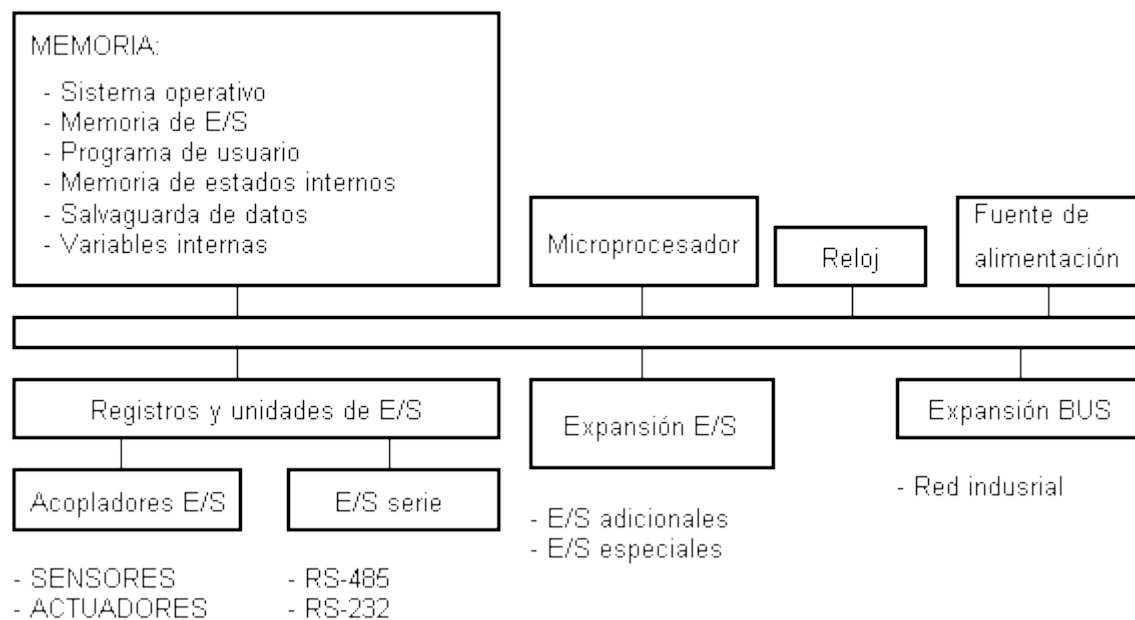
La CPU unidad central de proceso se considera como el corazón del autómatas, que está encargada de ejecutar el programa del usuario mediante el software del sistema, además se dispone de un área de memoria la cual posee varias secciones encargadas de distintas funciones como son:

- **Memoria de programa del usuario:** en el cual se ingresa el programa que el autómatas va a ejecutar cíclicamente.
- **Memoria de la tabla de datos:** se subdivide en zonas de acuerdo al tipo de datos como marcas de memoria, temporizadores, contadores etc.
- **Memoria del sistema:** en esta memoria se encuentra el programa en código máquina que monitorea el sistema y es ejecutado directamente por el microprocesador que posea el autómatas.

- **Memoria de almacenamiento:** es una memoria externa que se usa para almacenar el programa del usuario suele ser de tipo EPROM que es una memoria de solo lectura reprogramable con borrado por ultravioleta o de tipo EEPROM que al igual es una memoria de solo lectura alterable por medios eléctricos (Martínez, Programación de PLC's, 2002).

**Figura 6**

*Diagrama de los componentes internos del autómatas programable.*



*Nota:* La figura muestra la estructura interna de un autómatas programable. Tomado de (Martínez, Programación de PLC's, 2002).

### **2.3.3 Selección de Autómatas Programables.**

En la actualidad existe un amplio mercado de autómatas programables de diferentes marcas donde elegir y dentro de cada marca una gran cantidad de modelos de diferentes rangos de potencia por tal razón hay que tener en cuenta los siguientes requisitos de

acuerdo a la norma internacional IEC 61131 (Parte 2: “Especificaciones y ensayos de los equipos”).

#### Requisitos eléctricos

- Alimentación de corriente alterna (c.a.) y continua (c.c.).
- E/S digitales.
- E/S analógicas.
- Interfaces de comunicación.
- Procesador(es) principal(es) y memoria(s) del sistema AP.
- Estaciones de entrada/salida remota (RIOS).
- Periféricos: PADT, TE, MMI.
- Inmunidad al ruido y ruido emitido.
- Propiedades dieléctricas (International Standard, 2007).

## **2.4 Niveles de Automatización**

### ***2.4.1 Nivel de Campo***

Se encuentra formado por todos los elementos que están directamente relacionados con el proceso como sensores y actuadores, estos dispositivos son controlados por un nivel más alto y están repartidos por el proceso, para eliminar el trabajo físico.

### ***2.4.2 Nivel de Control***

Nivel que agrupa a todos los equipos como autómatas programables (PLC), sistemas de procesos distribuidos (DCS), unidades de transmisión remota (RTU), Drivers, entre otros, los cuales recogen señales de los sensores y envían las ordenes necesarias a los actuadores correspondientes (Centro de Ciberseguridad Industrial , 2017).

### **2.4.3 Nivel de Supervisión**

SCADA acrónimo de supervisión control y adquisición de datos representa gráficamente los niveles anteriores mediante el uso de paneles o pantallas conocidas como HMI, este nivel se encarga de elaborar una interfaz intuitiva entre las máquinas el proceso y el operario para facilitar la interacción y supervisión en tiempo real o histórico.

### **2.4.4 MES (Sistema de Ejecución de Fabricación)**

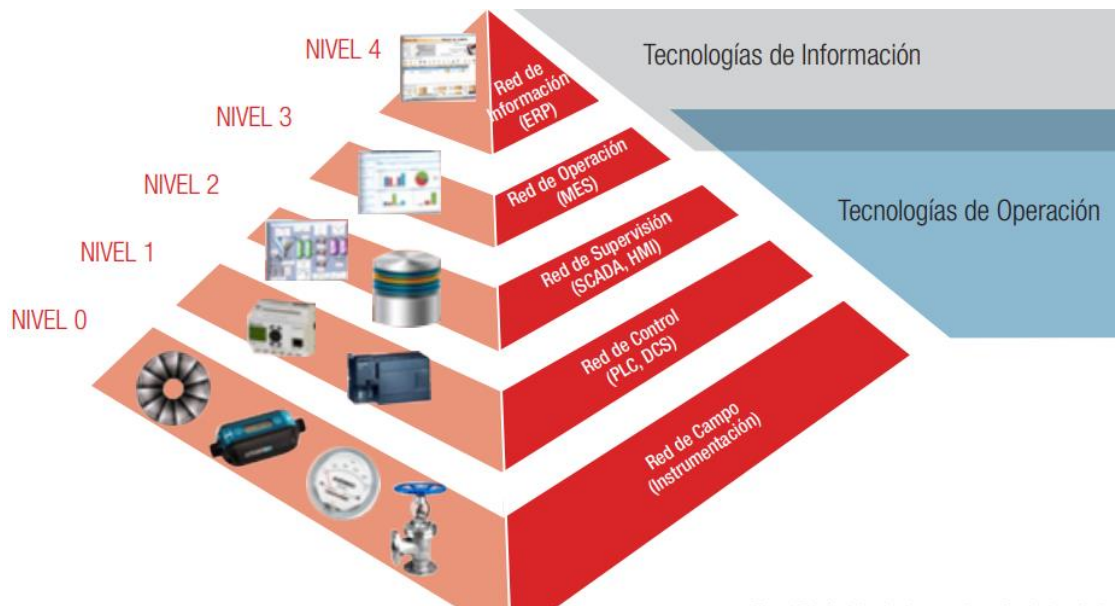
Este nivel gestiona el entorno industrial de acuerdo a un producto, está enfocado principalmente en aspectos como gestión de calidad, resultados y rendimientos obtenidos en torno a base de datos con la finalidad de planificar y controlar el desempeño de la planta, usado para ello MES que es un sistema de ejecución de fabricación la cual gestiona todos los procesos de producción de una manera mucho más eficiente (Cesar Augusto Salazar Serna, 2011).

### **2.4.5 ERP (Planificación de Recursos Empresariales)**

Este nivel desarrolla todas las actividades relacionadas con el negocio necesarias en una organización industrial, comunicando distintas plantas y manteniendo relaciones con proveedores y clientes, tomado como fuente principal de información los niveles de supervisión y planificación de la pirámide, para ello se emplean sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP), quien maneja la producción, logística, inventario, envíos, factura y contabilidad de la empresa de manera modular, la figura 7 muestra la pirámide de automatización (Cesar Augusto Salazar Serna, 2011).

**Figura 7**

*Pirámide de Automatización.*



*Nota:* La figura representa la integración de tecnologías en la industria. Tomado de (Centro de Ciberseguridad Industrial , 2017).

## 2.5 Redes industriales

Las redes de comunicación industrial en consistencia son la columna vertebral de toda arquitectura de un sistema de automatización, ya que proveen un poderoso medio de intercambio de datos, controlabilidad de datos y flexibilidad para obtener que todos los implicados en un sistema industrial logren comunicarse dentro de una misma plataforma (Bishop, 2005).

Por tanto, las redes de comunicación industrial son redes conformadas por equipos de control como:

- PC´s industriales.
- Controladores.
- Sistemas de Control Distribuido.

- Transductores y Actuadores.
- Módulos Inteligentes.
- Interfaces de Operador (Universidad del CAUCA, 2015).

## **2.6 Bus de Campo (Fieldbus)**

Antes de definir lo que es fieldbus primero, es necesario entender el concepto de campo. El “campo” es el área de producción o fabricación; es decir el área donde se encuentran las máquinas y transmisores, al igual que sus sensores (presión, nivel, temperatura, entre otros) y actuadores (relés, válvulas, lámparas, solenoides etc.).

Al escuchar hablar de “bus de campo” (fieldbus) es relacionarlo con una red de características propias, que nos brinda la capacidad de conectar dispositivos de campo ubicados en plantas industriales con la finalidad de que conversen entre ellos (Cuasapud, 2016).

El objetivo de un bus de campo es reemplazar las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del tradicional bucle de corriente de 4-20 mA, donde la información que reciben y/o envían los dispositivos de campo es digital, lo que resulta mucho más preciso que si se recurre a métodos analógicos. Típicamente son redes digitales, bidireccionales, multipunto montadas sobre un bus serie de esta forma cada nodo de la red puede informar en caso de fallo de un dispositivo asociado, y en general de cualquier anomalía asociada al dispositivo (Universidad de Oriente , 2016).



**Tabla 1**

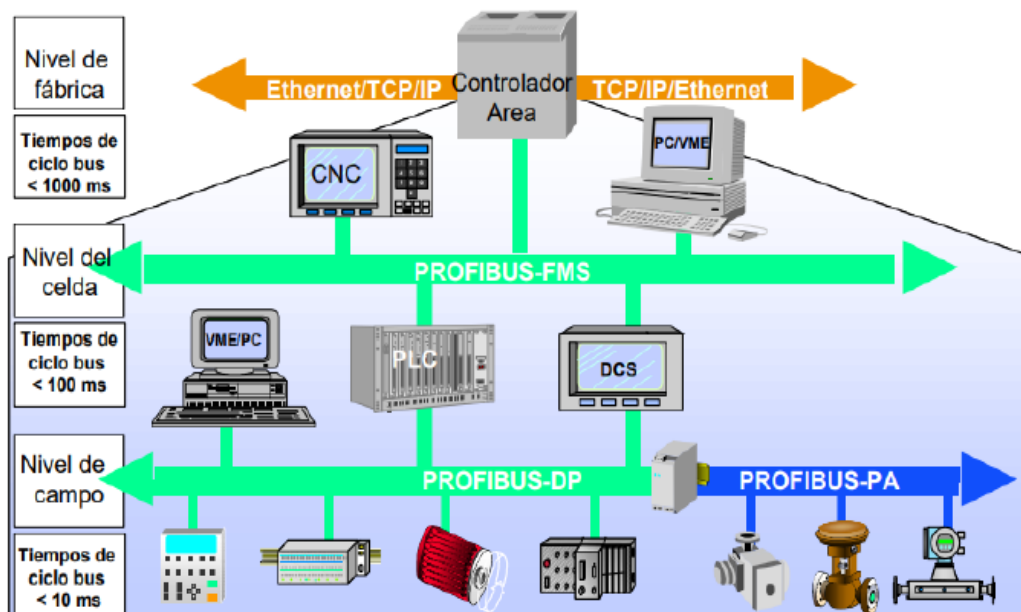
*Arquitectura de las redes de campo industriales.*

NIVELES	Equipos	REDES
<b>Nivel de Gestión</b>	Estaciones de trabajo, aplicaciones en red, supervisión del producto	Redes tipo LAN y WAN bajo protocolos Ethernet y TCP, IP
<b>Nivel de Control</b>	PLC's y PC's	Redes tipo LAN bajo protocolos Ethernet I/O, Ethernet Industrial.
<b>Nivel de Campo y Proceso</b>	PLC's, PC's, Bloques e/s, controladores, Transmisores	Fieldbus, Profibus, etc
<b>Nivel de E/S</b>	Actuadores, Sensores	Seriplex, Hart, Canbus, etc

*Nota:* La tabla muestra las redes utilizadas entre los diferentes niveles. Tomado de (Corrales, 2007).

**Figura 8**

*Pirámide de comunicación.*



*Nota:* La figura muestra los buses de campo que comunican los diferentes equipos entre niveles. Tomado de (Hdez, 2016).

### **2.6.1 Bus de Campo Propietario**

Se caracterizan por su restricción de componentes a los productos de un solo fabricante, por lo tanto, no existe compatibilidad con productos de diferentes fabricantes dando su principal ventaja al hecho que tienen bajo requerimiento de configuración y puesta a punto ya que están estandarizados, como es el caso de Modbus que es de marca registrada de Gould Inc, Interbus perteneciente a la empresa Phoenix Contact GmbH, Lonworks registrado por la empresa Echelon situada en California, entre otros (Villajulca, Los Buses de Campo, 2010).

### **2.6.2 Bus de Campo Abierto**

Los buses de campo abierto facilitan la comunicación entre dispositivos de diferentes fabricantes sin necesidad de adaptaciones adicionales. Los usuarios podrán realizar productos basados en estos campos abiertos a un costo razonable y sin mucho esfuerzo ya que hay una completa disponibilidad de herramientas y componentes hardware y software, como son ASI, DeviceNet, CAN, Profibus, entre otros (Cesar Augusto Salazar Serna, 2011).

Un bus de campo debe permitir por lo menos tres cosas:

- Interconectividad: los equipos de diferentes fabricantes pueden ser conectados en forma segura al bus.
- Interoperabilidad: es la habilidad para la conexión de diversos elementos de diferentes fabricantes.
- Intercambio: los equipos de un fabricante pueden ser reemplazados con una funcionalidad equivalente por equipos de otros fabricantes.

La interconectividad es el común denominador. Si la interoperabilidad no puede ser lograda, la misma operación del bus de campo es limitada y tal bus de campo se convierte en una opción poco útil. La última meta es la capacidad de intercambio. Esto solo puede ser posible si las especificaciones son completas y se cuenta con un apropiado sistema de pruebas y validación de los equipos. Si se selecciona correctamente un bus de campo para una determinada aplicación se puede ofrecer al usuario muchas ventajas tangibles e intangibles (Villajulca, Los Buses de Campo, 2010).

**Tabla 2:**

*Buses de campo y sus características*

Tipo	BUS DE CAMPO PROPIETARIO			BUS DE CAMPO ABIERTO		
<b>Ventaja</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Su exigencia de configuración es baja.</li> <li>Los componentes están estandarizados.</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduce la complejidad del sistema de control en términos de hardware.</li> <li>Se comunican entre dispositivos de diferentes fabricantes sin necesidad de adaptaciones adicionales.</li> </ul>		
<b>Desventaja</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tienen dependencia de productos y precios a un fabricante.</li> <li>Al deteriorarse no puede ser reemplazados con dispositivos de diferentes fabricantes.</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Al existir gran variedad de buses, para su elección, hay que tomar en cuenta mucha serie de factores tales como tamaño y tipo de la instalación.</li> </ul>		
<b>Bus</b>	Modbus	Lonworks	Interbus	CAN	ASI	Profibus
<b>Aplicación</b>	Control proc. continuos/ discretos	Propósito general	Automatización plantas	Automóviles	Automatización plantas	Control proc. continuos/ discretos, Automatización edificios
<b>Acceso al medio</b>	Maestro/ esclavo	Contienda con prioridad (CSMA-CA)	Maestro/ esclavo	Contienda con prioridad (CSMA-CR)	Maestro/ esclavo	Maestro/ esclavo y paso de testigo
<b>Medio físico</b>	PT(RS 485) fibra óptica	PT, coaxial, fibra óptica	Par trenzado, fibra óptica	PT, coaxial, fibra óptica	PT sugerido	PT(RS 485) fibra óptica
<b>Velocidad</b>	1Mbps	2.5Mbps	500 kbps	1Mbps	167 kbps	12Mbps (Profibus DP)

Tipo	BUS DE CAMPO PROPIETARIO			BUS DE CAMPO ABIERTO		
¿VCC en el bus?	NO	SI	SI	NO	SI	NO
Max N° nodos	64 (32 sin repetidores)	2 <sup>48</sup>	256 nodos	40	32	32 por segmento (sin repetidores)

*Nota:* La tabla muestra las características principales de diferentes buses de campo.

Tomado de (Mauricio Jose Gandara Jadid, 2005)

### 2.6.2.1 Profibus

En el año 1987 firmas alemanas iniciaron un proyecto de desarrollo de arquitectura de comunicaciones industriales donde permitiera la intercomunicación con equipos de diferentes fabricantes, es así que se crea Profibus llegado a ser el líder de los sistemas basados en buses de campo abierto, donde el estándar europeo EN 50 170 garantiza no pertenece a ningún fabricante en particular, además que cumple con todos los requerimientos en un rango muy amplio de aplicaciones satisfaciendo las necesidades de control y automatización de procesos donde puede utilizarse para trabajos de transmisión de datos en los que la sincronización es decisiva y para la comunicación compleja de gran alcance, la gama de Profibus se compone por tres versiones compatibles (FMS/PA/DP) (Universidad Politécnica de Cartagena , 2011).

#### A. Características Generales Profibus

Profibus es la red para los niveles de célula y campo se utiliza para transmitir cantidades de datos desde pequeñas hasta medias y físicamente es una red eléctrica que puede ser:

- Cable a dos hilos apantallado.
- Red de fibra óptica

- Red de transmisión inalámbrica mediante infrarrojos.

Podemos conectar a la red un máximo de 127 estaciones y de esta no puede haber más de 32 estaciones activas. La velocidad de la red va desde 9,6 Kbit/s a 12 Mbit/s.

Profibus emplea un método mixto para ordenar la comunicación entre estaciones. El método que utiliza para comunicarse entre una estación maestra y otra es del tipo token bus, mientras que la comunicación entre una estación maestra y una esclava es del tipo maestro-esclavo (Siemens, 2008).

- **Método token bus**

El método token bus asegura por medio de un token (testigo) la asignación de los derechos de acceso del bus dentro de un intervalo de tiempo definido. El token es un telegrama especial que transfiere los derechos de transmisión de una estación maestra a la siguiente. El tiempo que transcurre desde que una estación da el testigo a la siguiente hasta que lo vuelve a recuperar se denomina “tiempo de rotación”. Se puede configurar el tiempo máximo de rotación para pasar el token entre todas las estaciones maestras (Centro Integrado Politécnico ETI, 2010).

- **Método maestro-esclavo**

El método maestro-esclavo permite que la estación maestra que posee los derechos para transmitir pueda comunicarse con sus estaciones esclavas. Cada estación maestra tiene el control para transmitir y solicitar datos a sus estaciones esclavas. Por un tiempo definido, después de que una estación maestra recibe el token, esta tiene permitido ejercer su función sobre el bus, esto es, puede comunicarse con todas las estaciones esclavas en una relación maestro-esclavo y al mismo tiempo en una relación maestro-maestro con todas las estaciones maestras (Centro Integrado Politécnico ETI, 2010).

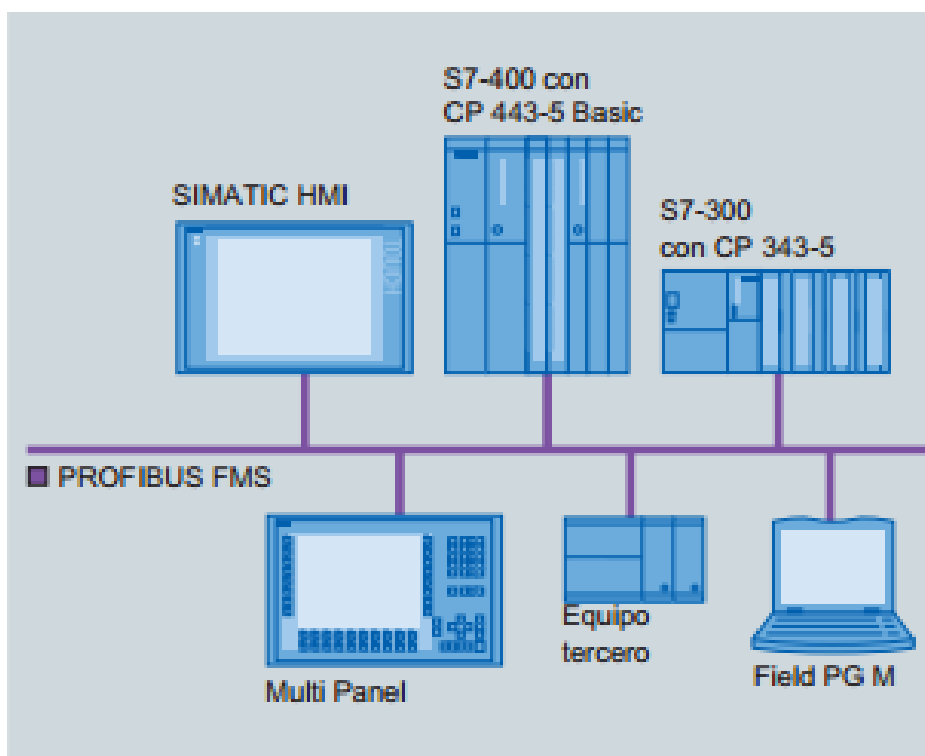
## B. Versiones de Profibus

- **Profibus FMS (Especificación de Mensaje de Bus de Campo)**

Profibus FMS es el perfil de comunicación capaz de manejar todas las tareas intensivas de transferencia de datos muy comunes en las comunicaciones industriales, por lo que se le considera la solución universal para la transferencia de información en el nivel superior y de campo del modelo jerárquico de automatización. Realiza intercambio a cíclico de datos con tiempos no críticos par a par (peer to peer), entre estaciones inteligentes (Escuela Técnica Superior de Ingeniería, 2004).

### Figura 9

*Profibus FMS.*



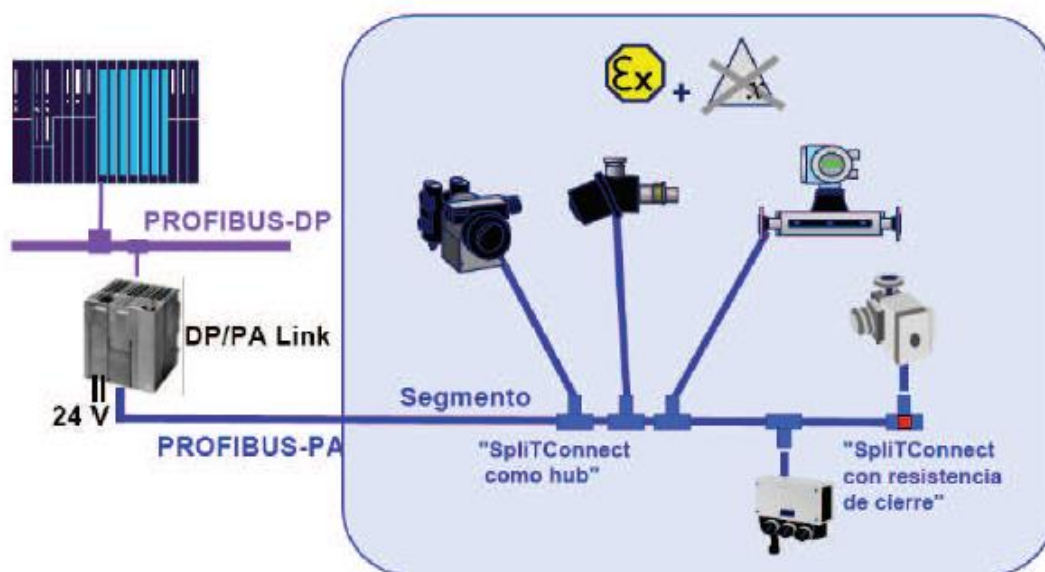
*Nota:* La figura representa una comunicación Profibus FMS. Tomado de (Suarez, 2016).

- **Profibus PA (Automatización de Procesos)**

Bus de campo conforme al estándar IEC 61158-2 que suministra la alimentación y transmite las comunicaciones digitalmente entre los sistemas host, como un DCS o PLC, y los instrumentos de campo donde la información de estado y los comandos de control se transmiten digitalmente entre hasta 31 participantes conectados al mismo cable. Permite la conexión de sensores y accionadores en una línea de bus común, incluso con una tecnología apta para ambientes peligrosos y con riesgo de explosión, se puede observar en la figura 10 una comunicación Profibus PA.

**Figura 10**

*Profibus PA.*



*Nota:* La figura representa una comunicación Profibus PA. Tomado de (Suarez, 2016).

- **PROFIBUS DP (PERIFERIA DESCENTRALIZADA)**

Fue desarrollado específicamente para la comunicación entre los sistemas de automatización y los equipos descentralizados operado a grades velocidades. Es empleado en sistemas de control donde se enfatiza el acceso a dispositivos distribuidos

de E/S y sustituye a los sistemas convencionales de 4 a 20 mA, Hart o en transmisiones de 24 voltios. Utiliza la interfaz estándar de la capa física de comunicación RS-485 o fibra óptica. Además, requiere menos de dos milisegundos para transmitir 1 Kbyte de E/S y es muy usado en controles con tiempo crítico. A un maestro DP es posible conectar un máximo de 125 estaciones esclavas PROFIBUS DP (dependiendo el CPU utilizado) (Capcha, 2011).

**Figura 11**

*Profibus DP.*



*Nota:* La figura representa una comunicación Profibus DP. Tomado de (Suarez, 2016).

**Tabla 3**

*Características de los perfiles de Profibus*

	PROFIBUS – FMS	PROFIBUS - DP	PROFIBUS – PA
<b>Principal Aplicación</b>	Automatización para propósitos generales	Automatización de factorías	Automatización de procesos
<b>Aplicación</b>	Nivel de célula	Nivel de campo	Nivel de campo
<b>Ventaja principal</b>	Universal	Rápido	Orientado a aplicación



	PROFIBUS – FMS	PROFIBUS - DP	PROFIBUS – PA
<b>Ventajas adicionales</b>	Gran variedad de aplicadores Comunicación multimaestro.	Plug and Play Eficiente y efectivo con respecto al costo	Suministro de energía a través del bus
<b>Tiempo de respuesta</b>	<60ms	1 – 5ms	<60ms
<b>Longitud dispositivo</b>	<=150kms	<=150kms	Máximo 1.9 kms
<b>Velocidad</b>	9,6kbps – 12Mbps	9,6kbps – 12Mbps	31,25 kbps
<b>Capa</b>	Nivel de celda	Nivel de campo	Nivel de campo

*Nota:* La tabla resume las características principales a tomar en cuenta al seleccionar un perfil de Profibus. Tomado de (Rafael Leonardo Corzo Torres, 2011).

### C. Cable Profibus

Los cables Profibus son utilizados para el cableado de la automatización en sistemas industriales de bus de campo con tipo de conexión rápida y están elaborados especialmente para aplicaciones de procesos. La gama de Profibus difiere de los cables de control fabricados a 4-20 m en que tiene capacidad para soportar hasta 32 dispositivos por segmento y, por tanto, hasta un total de 126 dispositivos en función de la corriente del sistema. Cuando se utiliza más de 32 estaciones deben emplearse repetidores (amplificadores de línea) para conectar los segmentos de bus individuales.

**Tabla 4**

*Parámetros de línea del cable Profibus.*

<b>Color de identificación</b>	<b>Rojo y Verde</b>	
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	-40° C a +60° C	
<b>Tensión</b>	Trabajo: 100V	
<b>Impedancia</b>	150 Ω/Km	
<b>Capacidad efectiva 1KHz</b>	28.5nF/Km	
<b>Velocidad de propagación</b>	78%	
<b>Atenuación nominal</b>	MHz	dB/100m
	4	22,0
	9,6	2,5
	16	42,0

*Nota:* La tabla muestra características de funcionamiento del cable Profibus. Tomado de (Gabriel Eduardo Jimenez de Oro, 2010)

**Construcción:**

- Conductor: Alambre de cobre desnudo solido – 22 / 1AWG
- Aislamiento: Polietileno De Piel De Espuma
- Separador: PET (cinta de poliéster)
- Vaina Interior: PVC (cloruro de polivinilo)
- Proteger: Al / PET (cita de aluminio / poliéster)
- Trenza: TCWB (trenza de alambres de cobre estañado) 60% de cobertura
- Vaina: PVC (cloruro de polivinilo)
- Identificación del núcleo: Verde rojo
- Color de la vaina: Violeta (Eland Cables, 2020).

**Características físicas:**

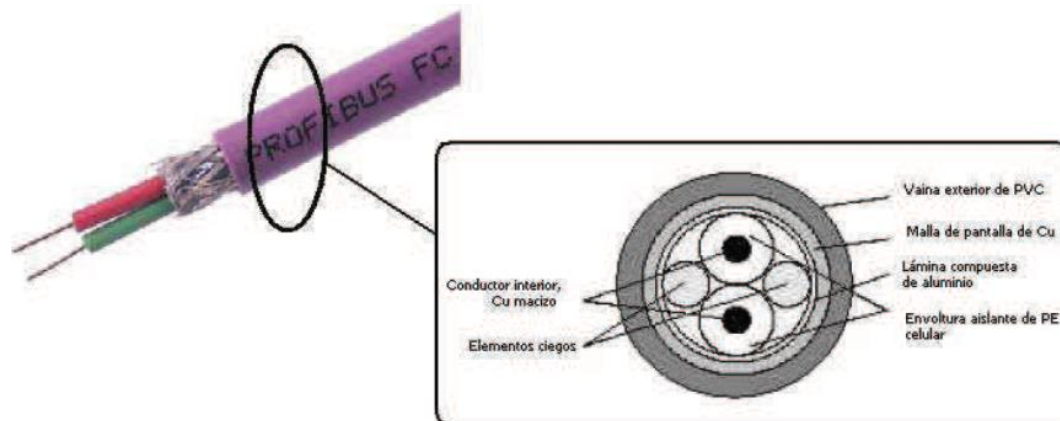
- Voltaje de funcionamiento máximo: 300V
- Radio mínimo de curvatura: Fijo 12 x diámetro total
- Clasificación de temperatura:

Fijo: -40°C a +70°C

Flexión: -10°C a +50°C

**Figura 12**

*Cable Profibus FC standard.*



*Nota:* La figura muestra la estructura interna de un cable Profibus. Tomado de ( Siemens AG, 2010)

#### **D. Conector Profibus DP**

El conector puede ser de dos tipos: simple o doble. El propio conector dispone de un interruptor para seleccionar este modo final del bus, en donde conectara la resistencia terminadora del bus. Internamente dispone de una regleta con cuatro bornes dos para el cable de entrada, marcados con A1/B1 y otros dos para el cable de salida marcados con A2/B2. Donde a los bornes de entrada se conecta el segmento profibus que procede del anterior dispositivo del bus. Por los bornes de salida se conecta el segmento profibus designado a la conexión del próximo dispositivo del bus. Si tras el dispositivo actual no hay más conexiones, estos conectores disponen de una resistencia de terminación de bus para evitar interferencias en el mismo, dicha resistencia es activada mediante un selector en la parte superior del conector seccionando el bus saliente, este conector es de tipo 9-pin D-Sub macho, se observa en la figura 13 el tipo de conector adecuado para Profibus DP (Vicente Guerrero, 2009).

**Figura 13**

*Conector Profibus DP.*



*Nota:* La figura representa el conector que se utiliza en la comunicación Profibus DP.  
Tomado de (Gabriel Eduardo Jimenez de Oro, 2010)

### ***E. Profibus, RS 485***

Es un estándar de comunicaciones en bus de la capa física del modelo OSI, es ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias y a través de canales ruidosos. Tiene la mayor parte de su aplicación en las plantas industriales de producción automatizadas para el manejo de información digital y analógica entre los distintos equipos de la planta.

- Transmisión síncrona NRZ según RS 485
- Velocidad desde 9 Kbit/s hasta 12 Mbit/s seleccionable en escalones
- Cable de par trenzado y apantallado (9,6 km) o FO (aprox. 150km)
- 32 estaciones por segmento, Max. 127 estaciones permitidas

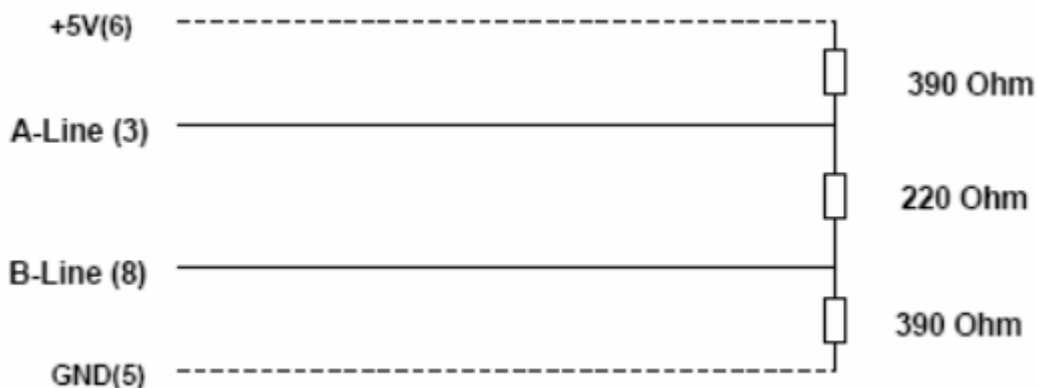
- Distancia aplicable mediante repetidores hasta 10 km
- Conectores Sub-D de 9 pines

### Terminación RS 485

- Cada segmento debe “terminar” en ambos extremos
- La terminación debe estar alineada todo el tiempo
- Se alimenta desde el dispositivo que la posee (Universidad Politécnica Salesiana, 2008).

**Figura 14**

*Terminación RS 485.*



*Nota:* La figura muestra los ohmios en la terminación del estándar RS48. Tomado de (Francisco, 2020).

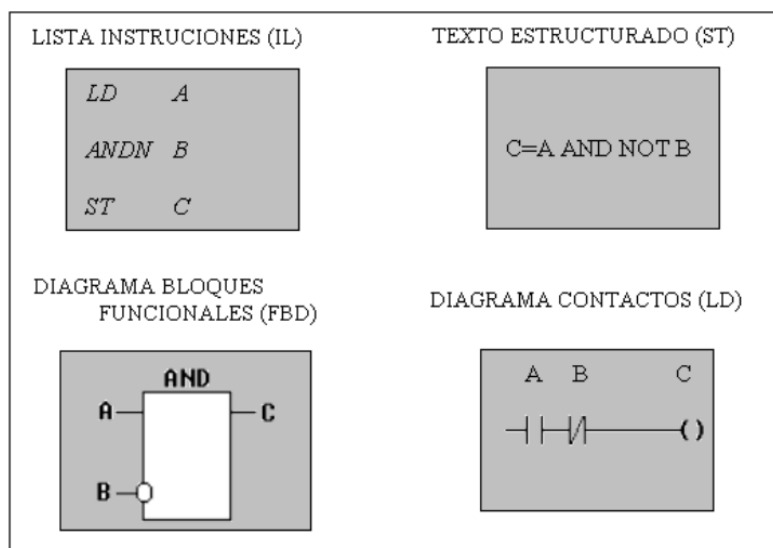
## 2.7 Leguajes de programación

Según la norma IEC 61131-3 son cinco lenguajes de programación reconocidos a nivel mundial, una vez aprendidos se podrá utilizar en una amplia variedad de sistemas regidos a esta norma. Los lenguajes se dividen en dos tipos litera y gráfico (Ivan, 2009).

- Literales:
  - Lista de instrucciones (IL).
  - Texto Estructurado (ST).
- Gráficos:
  - Diagrama de Contactos (LD).
  - Diagrama de Bloques estructurados (FBD).
  - Diagrama de Funciones Secuenciales (SFC).

**Figura 15**

*Lenguajes de programación.*



*Nota:* La figura muestra la representación gráfica de los diferentes lenguajes de programación. Tomado de (Universidad de Oviedo, 2015).

### **2.7.1 Lista de Instrucciones (IL).**

Está basado en el lenguaje ensamblador de los microcontroladores, es muy poco utilizado ya que es muy antiguo, este lenguaje proporciona el mayor rango de optimización de su funcionamiento, pero su única desventaja es su alto grado de dificultad.

### **2.7.2 Texto Estructurado (ST).**

Es un lenguaje muy complejo parecido a los lenguajes de programación de las computadoras de alto nivel tales como lenguaje C o C++, además dispone de estructuras para bucles (REPEAT-UNTIL; WHILE-DO), ejecución condicional (IF-THEN-ELSE; CASE), funciones (SQRT, SIN, etc.) (Universidad de Oviedo, 2015).

### **2.7.3 Diagrama de Contactos (LD).**

El diagrama de contactos o ladder diagram (LD) es un lenguaje gráfico derivado del lenguaje de relés, una de sus principales ventajas es que los símbolos básicos están normalizados según la norma internacional IEC y son empleados por todos los fabricantes. Este lenguaje está basado en los esquemas clásicos de automatización con relés y contactores pareciéndose mucho a la lógica cableada por eso resulta más sencillo elaborar cuadros de automatismo, pero es poco adecuado para la elaboración de automatizaciones complejas con un alto nivel de contenido matemático, de procesos y acumulación de datos o necesidades avanzadas de comunicaciones y control distribuido (Skog, 2012).

### **2.7.4 Diagrama de Bloques Estructurados (FBD).**

La principal ventaja de este lenguaje es que nos permite contener complejos algoritmos de control en módulos reutilizables que muestra a los usuarios una interface bien específica, es utilizada para poder proveer al programador de una serie de componentes de automatización que resultarían muy complejos de generar a los programadores (Sanchez, 2019).

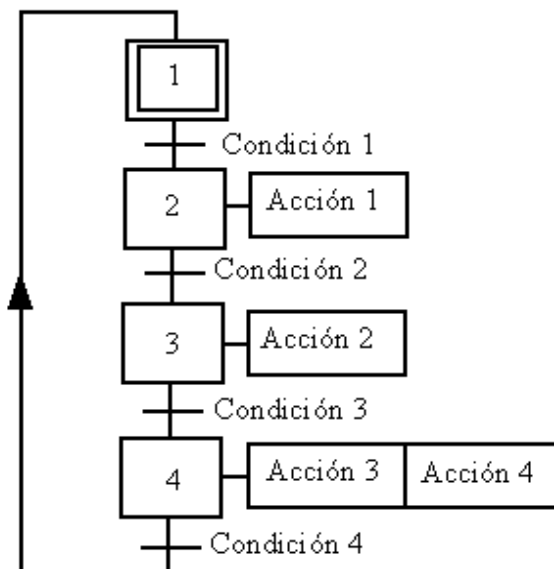
### **2.7.5 Diagrama de Funciones Secuenciales (SFC).**

Este lenguaje es de tipo gráfico el cual está muy bien estructurado donde el estado que adquiere el sistema ante el cambio de una entrada depende de los estados anteriores

y cuyos elementos básicos son las acciones, las etapas y las transacciones. Su estructura se compone de una serie de etapas simbolizadas por cajas rectangulares que se encuentran conectadas entre sí por líneas verticales que representan las transacciones condicionadas a una respuesta verdadero o falso, la figura 16 muestra la estructura de programación del lenguaje SFC (UNED, 2011).

**Figura 16**

*Lenguaje de programación SFC.*



*Nota:* La figura muestra la representación gráfica del lenguaje de programación SFC.

Tomado de (Ramírez, 2010).

## 2.8 Software de programación

### 2.8.1 Zeliosoft

Software de programación para los autómatas Zelio de Schneider Electric, nos permite simular el funcionamiento de los programas sin necesidad de disponer del autómata



programable, donde se puede realizar la programación en modo contactos (LD) o funciones lógicas (FBD) (Schneider Electric, 2018).

### **2.8.2 Isagraf**

Este software está basado en la norma internacionalmente reconocida IEC 61131-3, el cual está diseñado para soportar completamente los 5 lenguajes de programación, más el lenguaje de diagrama de flujo (FC). Una de sus ventajas es que la integración con el software HMI y MMI son más fáciles y eficaces cuando se usa el protocolo modbus.

### **2.8.3 Selpro**

Software de programación escalera (Ladder) basado en windows de fácil uso para programación de acuerdo a la norma IEC 61131-3, tiene una interfaz interior para configuración de HMI y su máximo número de escaleras son 5000 pasos dependiendo de la capacidad de memoria del producto (Selec, 2015).

### **2.8.4 M-Plc**

Herramienta de programación basada en Codesys para autómatas programables de la serie M1 de Bachmann, hace uso de las funciones de edición y depuración basándose en el programa de desarrollo probado en entornos de lenguaje de programación avanzados y es compatible con todos los idiomas definidos en la norma IEC 61131-3 (Bachmann, 2016).

### **2.8.5 Tia Portal**

Es un software de programación que ofrece la posibilidad de simular sin la necesidad de poseer físicamente el autómata programable, además de que se puede emplear cualquiera de los cinco lenguajes de programación establecidos por la norma IEC 61131-3 su principal ventaja es la interacción que presenta entre distintas aplicaciones de software industrial para procesos de producción en una misma interfaz.

## Capítulo III

### 3. Desarrollo del Tema

#### 3.1 Descripción del proceso

El proceso a controlar será la organización, selección y almacenamiento de cajas, de dos diferentes tamaños, en estanterías de 6 filas por 10 columnas. El proceso consta de un elevador, un brazo neumático, una grúa eléctrica y bandas transportadoras que manipulan y direccionan las diferentes cajas.

Para controlar el proceso se utiliza botones de inicio, paro y paro de emergencia. Además, se asignó potenciómetros que controlan la velocidad de las bandas transportadoras aledañas al elevador y la posición del mismo, también mediante la utilización de un selector y un contador se controla la posición de la grúa eléctrica para determinar el lugar de almacenamiento de las cajas en las estanterías.

El proceso funciona de la siguiente manera:

Los pisos 2 y 3 que son niveles de producción, emplean bandas transportadoras para acercar las cajas de diferentes tamaños hasta la orilla del elevador, el cual utiliza una banda de rodillos para ingresarlas a la cabina y descenderlas hasta el primer piso, tomando en cuenta el orden de llegada al borde del elevador, determinado por sensores infrarrojos. Inmediatamente la caja esté ubicada en el primer piso, será transportada por una banda hasta un brazo neumático capaz de moverse en los tres ejes (X, Y, Z), el cual las separará de acuerdo a su tamaño y las encaminará en dos diferentes direcciones mediante la utilización de una ventosa que se emplea para sujetar y poder movilizar la caja hasta los puntos designados:

Caja grade: será trasladada por una banda de rodillos hasta el lugar de despacho.

Caja pequeña: será transportada por la banda de rodillos hasta una grúa eléctrica capaz de moverse en los ejes (X, Z) la cual, mediante dos palas recoge y almacena, en orden ascendente, en dos estanterías situadas a la derecha y a la izquierda de la misma, en la figura 17 se puede observar el proceso a controlar.

### Figura 17

*Proceso.*



*Nota:* La figura hace referencia al proceso industrial con sus respectivas estaciones de trabajo. Tomado de Factory I/O.

### 3.2 Selección de hardware

Se necesita que la red de comunicación entre el maestro y el esclavo sea Profibus DP por tal motivo se seleccionó el autómata programable S7-300 y la periferia descentralizada ET 200M, ya que cuentan con una interfase multipunto adecuada para dicha conexión y soporta hasta 12 módulos periféricos, lo cual la hace perfecta puesto que se necesitan 19 entradas digitales, 14 salidas digitales, 10 entradas analógicas y 13

salidas analógicas, por tanto los módulos seleccionados son 6ES7: 321-1BH02-0AA0, 322-1BH01-0AA0, 331-7KF02-0AB0 y 332-5HF00-0AB0.

**Tabla 5**

*Características técnicas del autómata programable S7-300.*

Atributo	Valor
Grado de protección	IP 20 según IEC 529
Temperatura ambiente	
• con instalación horizontal	0 a 60°C
• con instalación vertical	0 a 40°C
Tipo de puerto de comunicación	RS422, RS485
Tipo de entrada	Analógica, digital
Número de entradas	4 (Analógica), 24 (Digital)
Categoría de tensión	24V DC
Tipo de salida	Analógica, digital
Número de salidas	2 (Analógica), 16 (Digital)
Corriente de salida	500mA
Memoria	8 (Load)MB, 192 (Integrated) KB
Tipo de red	USB
Interfaz de programación	SIMATIC PG/PC

*Nota:* La tabla muestra las características principales de funcionamiento del autómata programable S7-300. Tomado de (Siemens ST, 2003)

**Tabla 6**

*Características de los módulos periféricos.*

Módulos 6ES7	321-1BH02 -0AA0	322-1BH01 -0AA0	331-7KF02 -0AB0	332-5HF00 -0AB0
Cantidad de entradas	16	-	8	
Cantidad de salidas	-	16		8
Tensión nominal de carga L+/L1	24V DC	24V DC	24V DC	24V DC
Aislamiento galvánico (al bus posterior)	Optoacoplador	Optoacoplador	Si	Si
• En grupos de	16	8		
Longitud de cables				
• Sin apantallar				
• Apantallados	600m 1000m	600m 1000m	200m (50m con 80mv)	200m
Disipación, tip.	3,5W	4,9W	1,3W	6W

Módulos 6ES7	321-1BH02 -0AA0	322-1BH01 -0AA0	331-7KF02 -0AB0	332-5HF00 -0AB0
Aislamiento ensayado con	500V DC	500V DC	600V DC	500V DC
Dimensiones (A x A x P) en mm	40 x 125 x 120	40 x 125 x 120	40 x 125 x 120	40 x 125 x 120
Conector frontal requerido	20 polos	20 polos	20 polos	40 polos
Peso aproximado	200g	190g	250g	272g

*Nota:* La tabla muestra las características técnicas de los módulos periféricos utilizados en la comunicación Profibus DP. Tomado de (Siemens ST, 2003).

### 3.3 Selección de software

Se necesita que el proceso de automatización sea en tiempo real, por tal motivo se seleccionó el software de simulación Factory I/O ya que brinda diversos módulos para construir sistemas industriales, además que es compatible perfectamente con el software de programación Tia Portal que se utiliza para realizar el control del proceso de automatización.

### 3.4 Programación Tia Portal

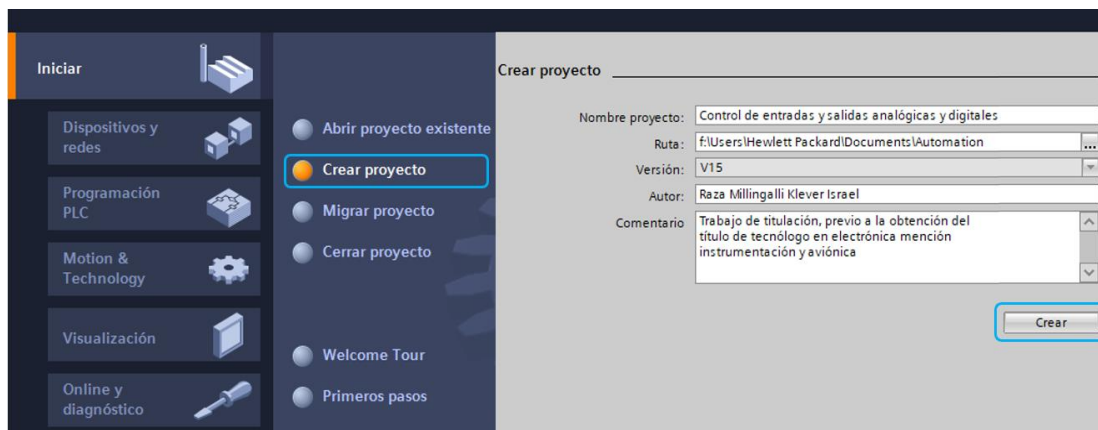
#### 3.4.1 Creación del proyecto y configuración de la red Profibus DP

- Paso 1, abrir el software de programación denominado Tia Portal.

Dar clic derecho en el ícono y seleccionar la opción “Ejecutar como administrador” para que habilite las licencias de los dispositivos, después escoger la opción “Crear proyecto”, llenar los datos informativos y dar clic en crear. En la figura 18, se muestra la forma de llenar el cuadro de diálogo.

**Figura 18**

*Creación de proyecto en Tia Portal.*



*Nota:* La figura hace referencia a la creación del proyecto en la página principal del software de programación. Tomado de TIA PORTAL V.15.

- Paso 2, seleccionar el equipo a utilizar, observar la figura 20 que indica todos los elementos que están involucrados en la comunicación de red Profibus DP.

En este caso se emplea el PLC S7-300, para ello dirigirse a “Dispositivos y Redes” y dar clic en “Agregar dispositivo”, el cual despliega una ventana con todos los equipos disponibles que se puede utilizar, abrir el menú de “Controladores” y seleccionar el equipo necesario en este caso el “SIMATIC S7-300” con su “CPU 315-2 PN/DP”, seleccionar el número de serie proporcionado por el PLC inscrito a su lado derecho “6ES7 315-2EH14-0AB0” y dar clic en agregar como se observa en la figura 19.

**Figura 19**

*Pasos para agregar dispositivo.*

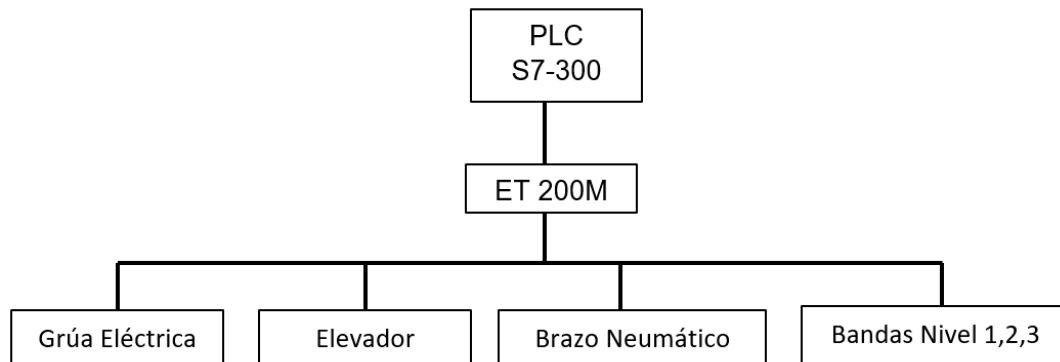


*Nota:* La figura hace referencia a la selección del dispositivo de control PLC S7\_300.

Tomado de TIA PORTAL V.15.

**Figura 20**

*Conexión de red Profibus DP.*



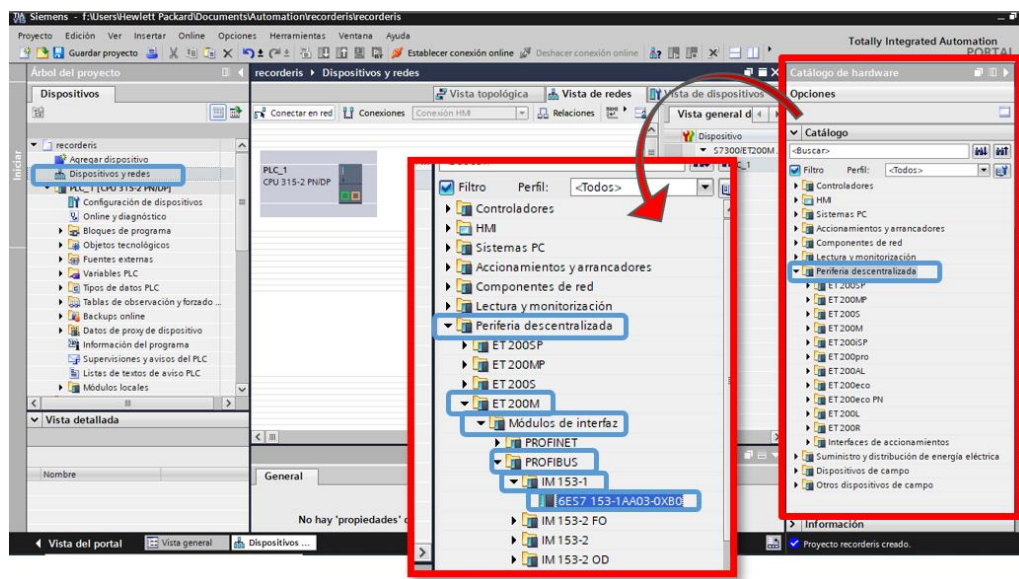
*Nota:* la figura muestra el orden jerárquico de control y comunicación con los equipos.

- Paso 3, añadir la periferia descentralizada.

Dar doble clic en “Dispositivos y redes”, el cual abre un catálogo de hardware al lado derecho de la pantalla, ingresar en “Periferia descentralizada” y seleccionar el dispositivo de periferia modular a utilizar en este caso es el “ET 200M”, después se escoge el ítem “PROFIBUS” donde se muestra varios módulos de interfaz disponibles en este caso, seleccionar el módulo “IM 153-1” con su número de serie “6ES7 153-1AA03-0XB0” como se puede observar en la figura 21.

**Figura 21**

*Pasos para agregar la periferia descentralizada.*



*Nota:* La figura hace referencia a la selección de la periferia descentralizada. Tomado de TIA PORTAL V.15.

- Paso 4, configurar la red de comunicación Profibus DP.

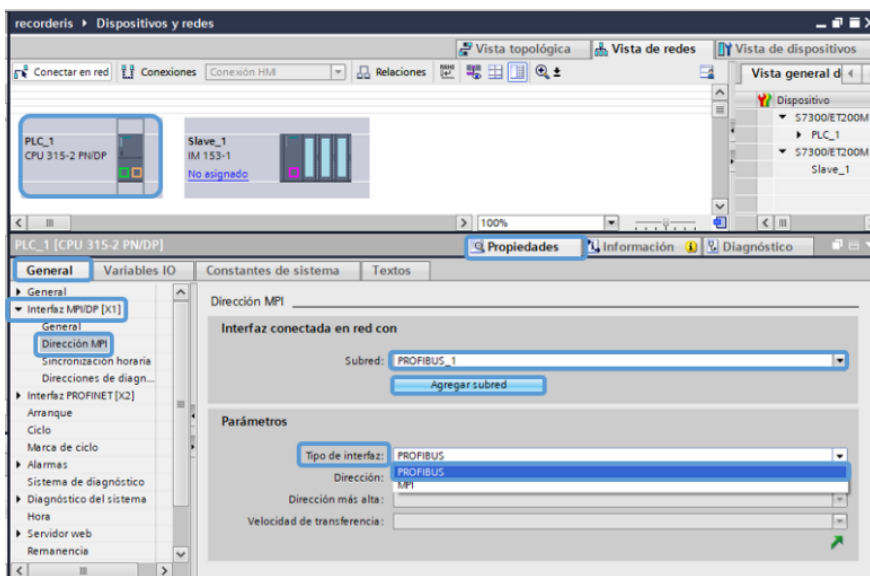
Dar clic izquierdo en el icono del PLC, dirigirse a la parte inferior de la pantalla y seleccionar el recuadro de “Propiedades”, se abrirá una ventana con un submenú de características del PLC, dar clic en el recuadro de “General” y abrir la sección de “Interfaz MPI/DP[X1]”, ubicarse en la parte de “Dirección MPI” para cambiar el tipo de interfaz de



MPI a PROFIBUS y finalmente agregar una subred dando clic en el recuadro de “Agregar subred”, esta se crea automáticamente con el nombre de “PROFIBUS\_1” como se observa en la figura 22.

### Figura 22

*Configuración del PLC S7-300.*



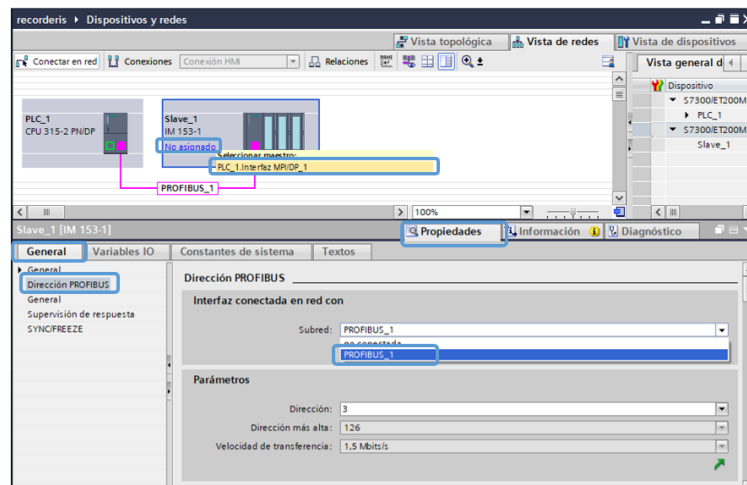
*Nota:* La figura hace referencia a la configuración del PLC S7-300 para asignar la red Profibus DP tomada de TIA PORTAL V.15.

- Paso 5, configurar la periferia descentralizada.

Dar clic izquierdo en el icono del ET 200M y al igual que el PLC dirigirse a “Propiedades” y ubicarse en “Dirección PROFIBUS” del submenú “General” para conectarse a la subred buscando el nombre con la que fue creada, finalmente dar clic en “No asignado” del ícono de la periferia, para seleccionar el PLC con el que se desea comunicar como se puede observar en la figura 23.

**Figura 23**

*Configuración del ET 200M.*



*Nota:* La figura hace referencia a la configuración de la periferia descentralizada para la asignación de la red Profibus DP. Tomado de TIA PORTAL V.15.

- Paso 6, agregar módulos analógicos y digitales al ET 200M.

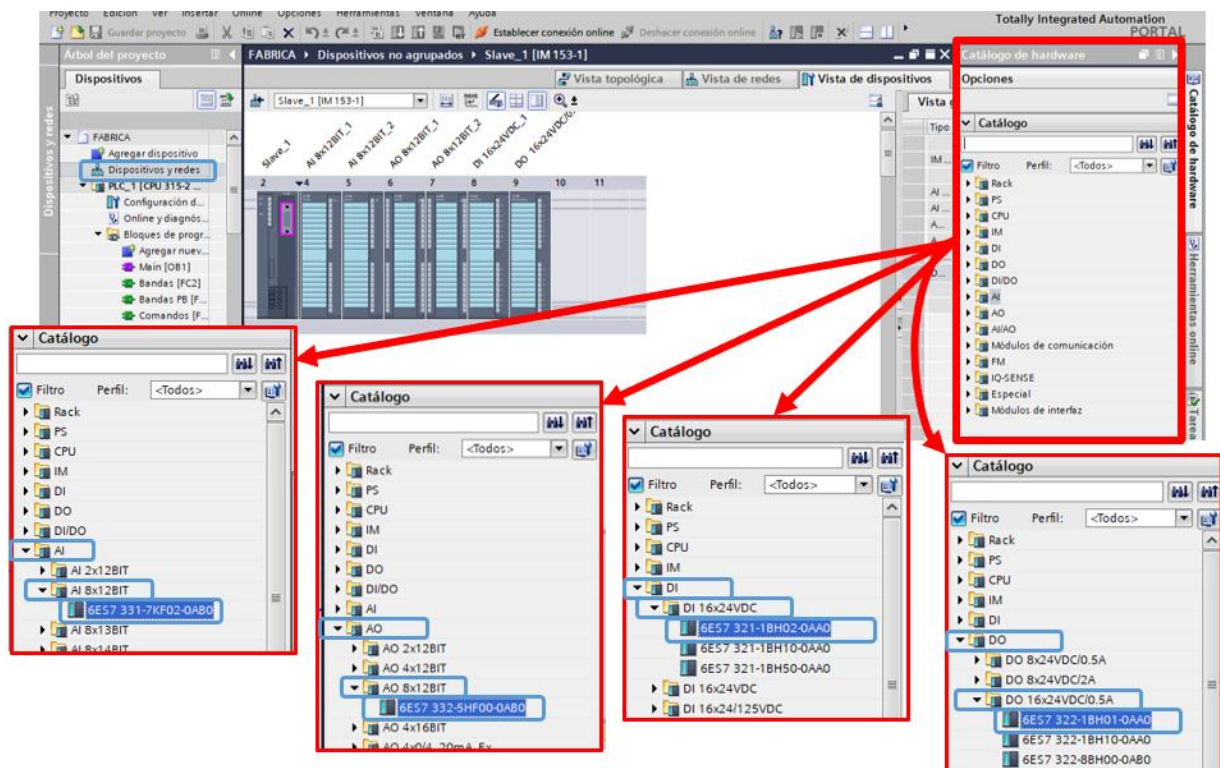
Para ello ubicarse en la sección de “Dispositivos y redes” y dar doble clic en el ícono del ET 200M. Se desplegará una lista de componentes en el lado derecho de la pantalla en la sección de “Catálogo de hardware”, seleccionar la pestaña de entradas analógicas representada con “AI”. Se utiliza dos módulos de 8 entradas a 12 bits, para lo cual se selecciona la pestaña “AI 8x12BIT” y se agrega dando doble clic en su número de serie “6ES7 331-7KF02-0AB0”. Después dar clic en la sección de salidas analógicas representada con “AO”, de igual manera seleccionar uno acorde a las necesidades en este caso, se emplea dos módulos de 8 salidas a 12 bits, donde se selecciona la pestaña “AO 8x12BIT” y se agrega dando doble clic en su número de serie “6ES7 332-5HF00-0AB0”. Posteriormente se agrega módulos digitales dando clic en la pestaña de entradas digitales representadas con “DI”. El módulo de 16 entradas a 24 voltios de corriente continua, se agrega dando clic en “DI 16x24VDC”; luego dar doble clic en su número de

serie “6ES7 321-1BH02-0AA0” y finalmente dirigirse a la sección de salidas digitales representada con “DO”, seleccionar el módulo de 16 salidas a 24 voltios de corriente continua con 0.5 amperios “DO 16x24VDC/0.5A” y agregar dando doble clic en su número de serie “6ES7 322-1BH01-0AA0” como se puede observar en la figura 24.

Una vez agregado los módulos se contará con 16 entradas y 16 salidas analógicas de tipo “Int” que van desde la dirección %IW256 hasta %IW286 para las entradas y desde %QW256 hasta %QW286 para las salidas. También se tendrá 16 entradas y 16 salidas digitales de tipo “Bool” que van desde la dirección %I0.0 hasta %I1.7 para las entradas y desde %Q0.0 hasta %Q1.7 para las salidas.

**Figura 24**

*Módulos analógicos y digitales.*



*Nota:* La figura hace referencia a la asignación de módulos periféricos al ET 200M.

Tomado de TIA PORTAL V.15.

### 3.4.2 Programación del PLC S7-300

- Paso 1, declarar todas las entradas y salidas a utilizar en la programación tanto digitales como analógicas, guiarse de la tabla 7 que muestra todas las variables que se utilizan en la programación.

Abrir la carpeta del autómatas programable que se encuentra en la sección de “Dispositivos” en la parte superior izquierda con el nombre de “PLC\_1 [CPU 315-2 PN/DP]”, seleccionar la pestaña “Variables PLC” y dar doble clic en “mostrar todas las variables”, aparecerá una ventana donde se puede crear, modificar y eliminar las variables que se utilizará en la programación del PLC y finalmente llenar los datos necesarios como son nombre, tipo de datos y la dirección, la figura 25 muestra los pasos para declarar variables.

**Figura 25**

*Variables del PLC.*

Nombre	Tabla de variables e..	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Visibl...	Comentario
1	Inicio	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Luz Inicio	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Off	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Luz Off	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	P Ascensor	Tabla de variables e..	Int	%IW256		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Elevator 1 Set Point (V)	Tabla de variables e..	Int	%QW256		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Automatico	Tabla de variables e..	Bool	%I0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Luz Auto	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Manual	Tabla de variables e..	Bool	%I0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	Luz Manual	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	Paro Em	Tabla de variables e..	Bool	%I0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	Luz PE	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	P Banda LB	Tabla de variables e..	Word	%IW258		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	BandaL1	Tabla de variables e..	Word	%QW258		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	BandaL2	Tabla de variables e..	Word	%QW260		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	BandaLB	Tabla de variables e..	Word	%QW262		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	Sensor L1	Tabla de variables e..	Bool	%I0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	Sensor L2	Tabla de variables e..	Bool	%I0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	Elevator 1 Position (V)	Tabla de variables e..	Word	%IW260		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	Elevator 1 (Right Limit)	Tabla de variables e..	Bool	%I0.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	Marca 0	Tabla de variables e..	Bool	%M0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	Marca 1	Tabla de variables e..	Bool	%M0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	Marca 2	Tabla de variables e..	Bool	%M0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

*Nota:* La figura hace referencia a la declaración de variables utilizadas en el PLC. Tomado de TIA PORTAL V.15.

**Tabla 7***Lista de variables*

<b>Nombre</b>	<b>Tipo de Dato</b>	<b>Dirección</b>
Botón In Inicio	Bool	%I0.0
Luz Out Inicio	Bool	%Q0.0
Botón In Paro	Bool	%I0.1
Luz Out Paro	Bool	%Q0.1
Potenciómetro Out Elevador	Int	%IW256
Elevador Out Z	Int	%QW256
Botón In Automático	Bool	%I0.2
Luz Out Automático	Bool	%Q0.2
Botón In Manual	Bool	%I0.3
Luz Out Manual	Bool	%Q0.3
Botón In Paro Emergencia	Bool	%I0.4
Luz Out Paro Emergencia	Bool	%Q0.4
Potenciómetro In Banda 1er Nivel	Word	%IW258
Banda Out 2do Nivel	Word	%QW258
Banda Out 3er Nivel	Word	%QW260
Banda Out 1er Nivel	Word	%QW262
Sensor In 2do Nivel	Bool	%I0.5
Sensor In 3er Nivel	Bool	%I0.6
Elevador In Z	Word	%IW260
Elevador In Sensor	Bool	%I0.7
Elevador Out Banda (-)	Bool	%Q0.5
Elevador Out Banda (+)	Bool	%Q0.6
Sensor In 1er Nivel	Bool	%I1.0
Brazo Neumático In Sensor	Bool	%I1.1
Potenciómetro In Banda 2do Nivel	Word	%IW262
Potenciómetro In Banda 3er Nivel	Word	%IW264
Brazo Neumático In X	Word	%IW266
Brazo Neumático In Y	Word	%IW268
Brazo Neumático In Z	Word	%IW270
Brazo Neumático Out X	Word	%QW264
Brazo Neumático Out Y	Word	%QW266
Brazo Neumático Out Z	Word	%QW268
Grúa Eléctrica In Sensor	Bool	%I1.2
Brazo Neumático In Box Detected	Bool	%I1.3
Brazo Neumático Out ventosa	Bool	%Q1.0
Banda Out Almacén	Int	%QW270
Banda Out Despacho	Int	%QW272
Banda Out Adaptador	Int	%QW274
Emitter Out Base Almacén	Bool	%Q0.7
Emitter Out Base Despacho	Bool	%Q1.1
Grúa Eléctrica Out Z	Int	%QW276
Grúa Eléctrica Out X	Int	%QW278

Nombre	Tipo de Dato	Dirección
Grúa Eléctrica In Limite Derecha	Bool	%I1.6
Grúa Eléctrica Out Palas (+)	Bool	%Q1.3
Grúa Eléctrica In Z	Int	%IW272
Grúa Eléctrica In X	Int	%IW274
Grúa Eléctrica In Limite Medio	Bool	%I1.5
Botón In Contador (+)	Bool	%I1.7
Luz Out Almacenar Derecha	Bool	%Q1.5
Luz Out Almacenar Izquierda	Bool	%Q1.4
Digital Display Out Contador	Int	%QW280
Botón In Contador (-)	Bool	%I2.0
Grúa Eléctrica Out Palas (-)	Bool	%Q1.2
Grúa Eléctrica In Limite Izquierda	Bool	%I1.4
Selector In Almacenar Izquierda	Bool	%I2.1

*Nota:* La tabla muestra las variables utilizadas en la programación del PLC S7-300.

**Tabla 8**

*Representación de valores analógicos*

Sistema		Rango de medición de tensión				
dec.	hex.	±10 V	±5 V	±2,5 V	±1 V	
32767	7FFF	11,851 V	5,926 V	2,963 V	1,185 V	<b>Rebase por exceso</b>
32512	7F00					
32511	7EFF	11,759 V	5,879 V	2,940 V	1,176 V	<b>Rango de rebase por exceso</b>
27649	6C01					
27648	6C00	10 V	5 V	2,5 V	1 V	<b>Rango nominal</b>
20736	5100	7,5 V	3,75 V	1,875 V	0,75 V	
1	1	361,7 µV	180,8 µV	90,4 µV	36,17 µV	
0	0	0 V	0 V	0 V	0 V	
-1	FFFF					
-20736	AF00	-7,5 V	-3,75 V	-1,875 V	-0,75 V	
-27648	9400	-10 V	-5 V	-2,5 V	-1 V	
-27649	93FF					<b>Rango de rebase por defecto</b>
-32512	8100	-11,759 V	-5,879 V	-2,940 V	-1,176 V	
32513	80FF					<b>Rebase por defecto</b>
-32768	8000	-11,851 V	-5,926 V	-2,963 V	-1,185 V	

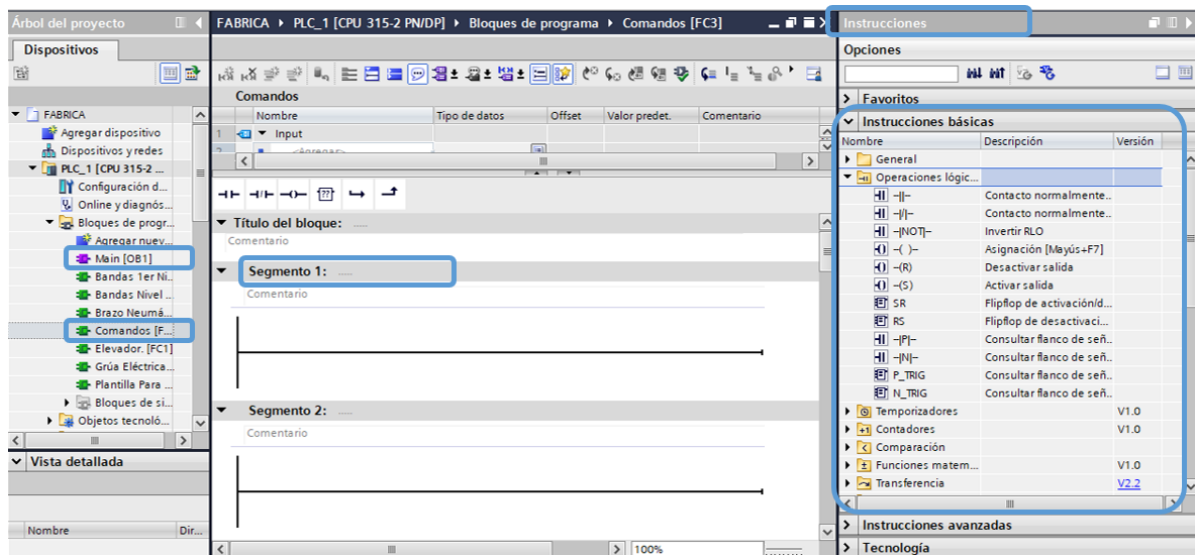


- Paso 2, programar los comandos principales de control del proceso como son inicio, paro, paro de emergencia, manual y automático.

Ubicarse en “Main [OB1]”. Se abrirá una ventana que contiene “Segmentos” con una línea vertical que representa una fuente de energía y una línea horizontal donde se puede agregar “Instrucciones” que están en el lado derecho de la pantalla para realizar la operación deseada. En la figura 27, se observa las instrucciones básicas.

**Figura 27**

*Programación.*

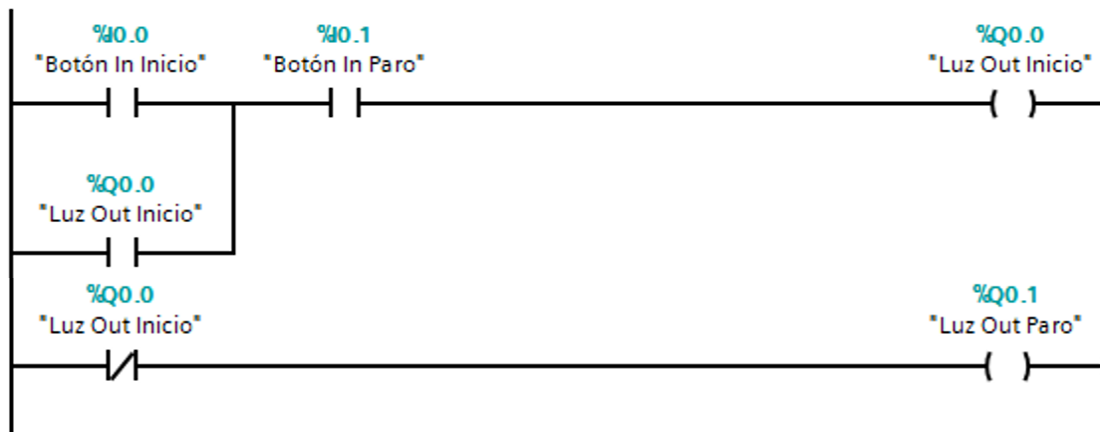


*Nota:* La figura hace referencia a los segmentos e instrucciones básicas utilizados para programar el Main (OB1). Tomado de TIA PORTAL V.15.



**Figura 28**

Control de la luz de inicio.



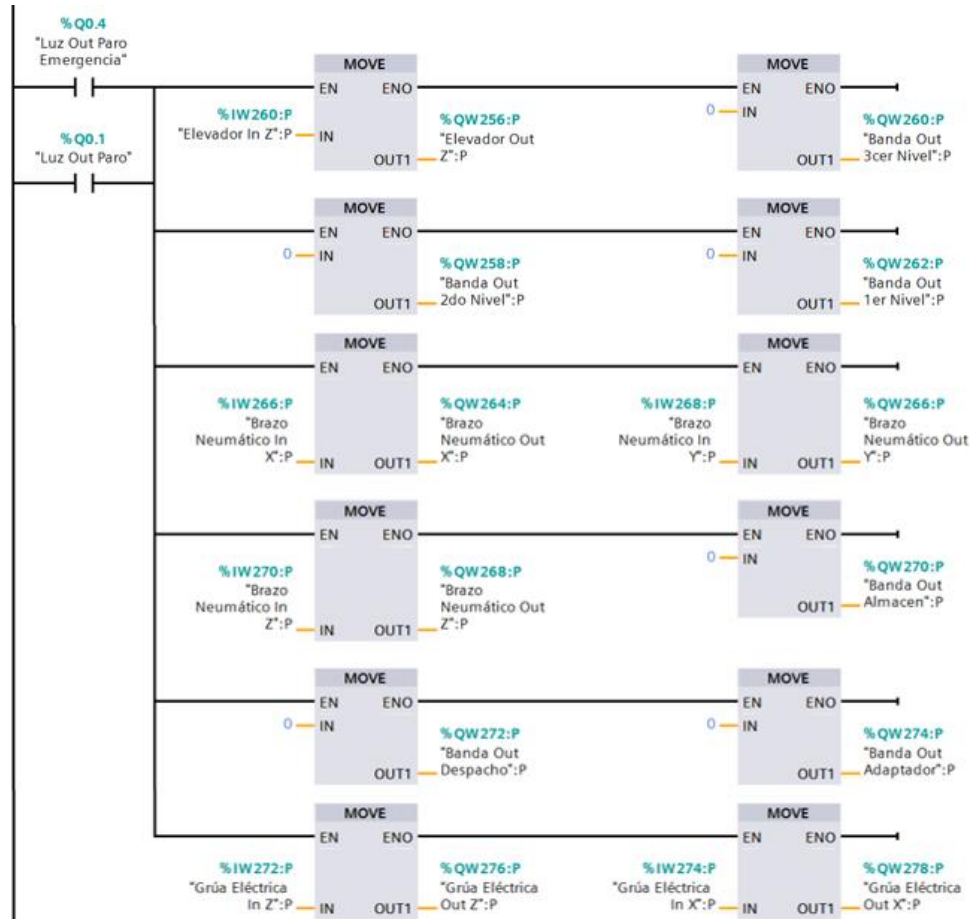
*Nota:* Este segmento evita que las luces “Luz Out inicio” y “Luz Out paro” funcionen al mismo tiempo y se realiza la misma configuración con el botón de manual y automático.

Tomado de TIA PORTAL V.15.

Para lograr que todas las máquinas empleadas se detengan al presionar el botón de paro y paro de emergencia, poner dos contactos normalmente abiertos en paralelo de los mismos y seguido de eso utilizar la instrucción de transferencia denominado “Move” que permite mover una señal de entrada a una salida, mediante la cual se ordena que se detengan en la posición que se encuentran, observar la figura 29. Para esto, se toma como ejemplo el elevador donde una vez insertado la instrucción de transferencia “Move” en el parámetro “IN”, se ingresa la dirección que indica la posición del elevador que en este caso es “%IW260” seguido de “:P” indicando que es una de las entradas de la periferia y en el parámetro “OUT1” poner la dirección de salida al actuador del elevador “%QW256:P”.

Figura 29

Paro y paro de emergencia de todas las máquinas.



Nota: La figura hace referencia a la instrucción de transferencia "Move" utilizada para la programación del paro y paro de emergencia del proceso. Tomado de TIA PORTAL V.15.

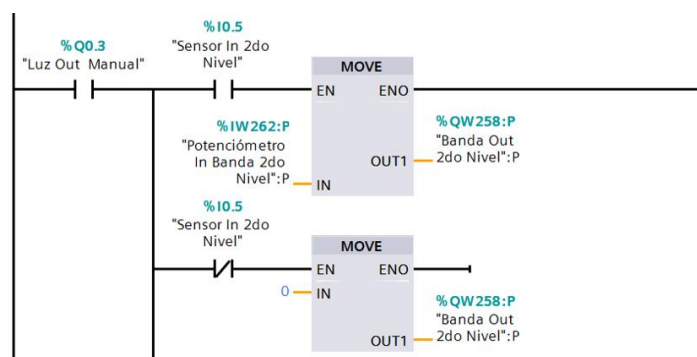
- Paso 3, programar el control de las bandas de los diferentes niveles aledañas al elevador.

Para el control manual de la banda del 2do nivel, primeramente, utilizar un contacto normalmente abierto de la luz de manual seguido de un contacto normalmente abierto de su sensor correspondiente, en este caso el "sensor 2do nivel", a continuación, la instrucción de transferencia "Move" en el parámetro "IN" se asocia a la dirección de entrada de su potenciómetro "%IW262:P" y al parámetro "OUT1", la dirección de la banda

“%QW258:P” para controlar la velocidad de la banda. Colocar un contacto normalmente cerrado del “sensor 2do nivel” en paralelo del contacto normalmente abierto del mismo, seguido de la instrucción “Move” en donde al parámetro “IN” se ingresa el número cero y al parámetro “OUT1” la dirección de la banda “%QW258:P” controlando la activación y desactivación de la misma. Repetir la configuración del control manual de la banda de 2do nivel que se observa en la figura 30 para la banda del 1er y 3er nivel

### Figura 30

*Control manual de la banda de 2do nivel.*

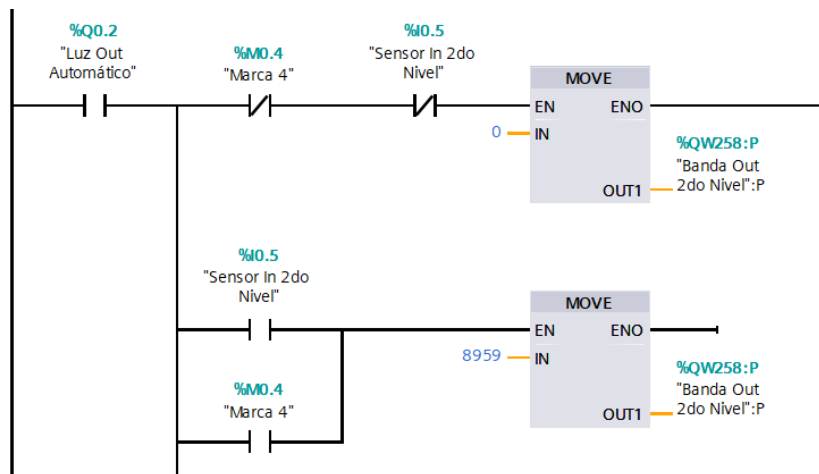


*Nota:* Con la instrucción “Move” se enlaza directamente entradas analógicas con salidas analógicas. Tomado de TIA PORTAL V.15.

Para el control automático de la banda del 2do nivel colocar un contacto normalmente abierto de la luz automático, seguido de un contacto normalmente cerrado de la marca 4 “%M0.4” que será activado por el elevador al llegar a la posición deseada y al final un “Move”, que envía una señal de velocidad constante a la banda. Poner un contacto normalmente abierto del “sensor 2do nivel” que sirve como condición de activación de la banda y al colocar en paralelo un contacto normalmente cerrado de la marca 4, seguido de un contacto normalmente cerrado del “sensor 2do nivel” y un “Move” que envía una señal de cero a la banda, se añade una condición para la desactivación de la banda. Repetir esta configuración para la banda del 3er nivel como se muestra en la figura 31.

**Figura 31**

*Control automático de la banda de 2do nivel.*

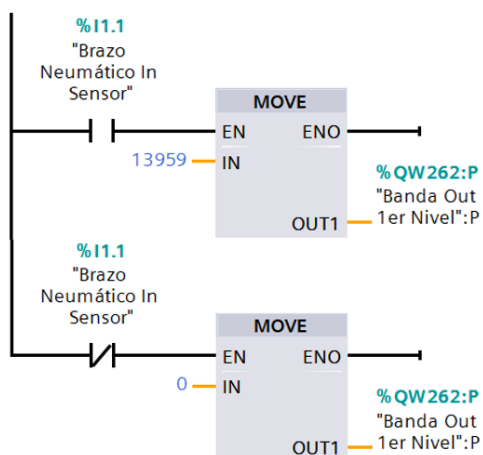


*Nota:* La figura hace referencia a la programación para el comando automático de las bandas del 2do y 3er nivel. Tomado de TIA PORTAL V.15.

Para el control automático de la banda del 1er nivel, seguir los mismos pasos con la instrucción “Move”, pero al contrario de las otras bandas esta es controlada únicamente por el contacto normalmente abierto y cerrado de su sensor “sensor brazo neumático”, como se muestra en la figura 32.

**Figura 32**

*Control automático de la banda de 1er nivel.*

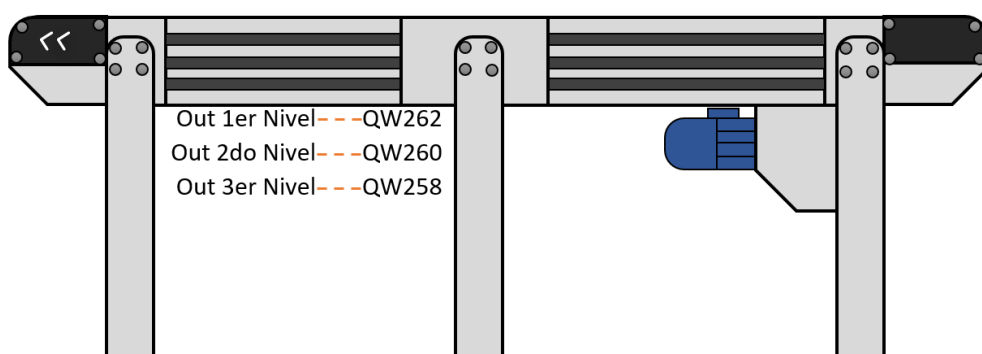


*Nota:* La figura hace referencia a la programación del comando automático y se utiliza únicamente para la banda del 1er nivel. Tomado de TIA PORTAL V.15.

La figura 33, muestra una representación gráfica de una banda transportadora existente en el software Factory I/O utilizado en los niveles 1, 2 y 3 con un voltaje de operación que va de 0 a 10 voltios, su funcionamiento esta detallado en la tabla 9.

### Figura 33

*Banda transportadora Factory I/O.*



*Nota:* La figura hace referencia a la banda transportadora existente en el software Factory I/O la cual se emplea en el 1er, 2do y 3er nivel del proceso.

**Tabla 9**

*Conexión y funcionamiento de la banda transportadora*

Entrada /Salida PLC	Entrada /Salida Banda	Función	Operación
<b>QW262</b>	Out 1er Nivel	Permite controlar la velocidad de la banda del 1er nivel	Tiene un rango de velocidad entre 0 = lento y 27648 = rápido
<b>QW260</b>	Out 2do Nivel	Permite controlar la velocidad de la banda del 2do nivel	Tiene un rango de velocidad entre 0 = lento y 27648 = rápido
<b>QW258</b>	Out 3er Nivel	Permite controlar la velocidad de la banda del 3er nivel	Tiene un rango de velocidad entre 0 = lento y 27648 = rápido

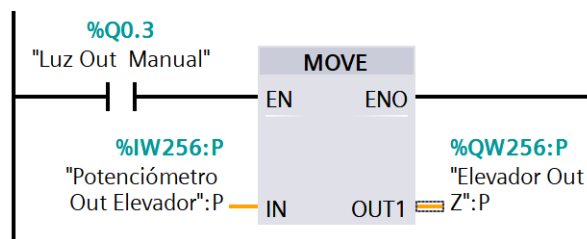
*Nota:* La tabla hace referencia al funcionamiento y operación de las bandas transportadoras del software Factory I/O.

- Paso 4, crear el segmento de instrucción para el control manual del elevador.

Colocar un contacto normalmente abierto de la luz manual, seguido de la instrucción “Move” en donde al parámetro “IN” se ingresa la dirección del potenciómetro, en este caso “%IW256:P” y al parámetro “OUT1” la dirección del elevador “%QW256:P” como se observa en la figura 34.

### Figura 34

*Control manual del elevador.*



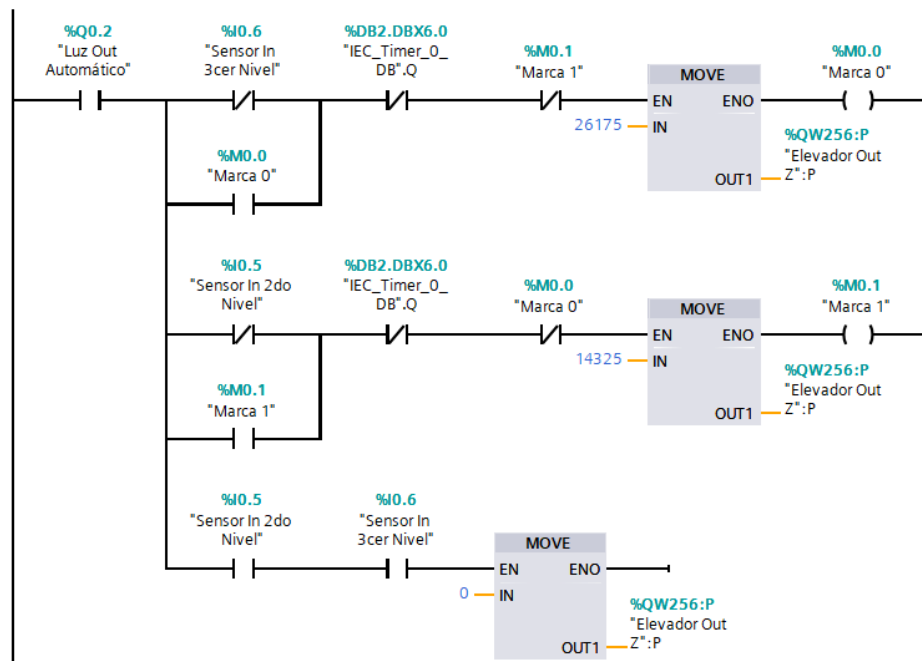
*Nota:* la figura hace referencia a la programación para el comando manual del elevador. Tomado de TIA PORTAL V.15.

Para el control automático del elevador, primeramente, establecer los niveles de operación y comenzar con el más bajo. Se utiliza dos contactos normalmente abiertos de los sensores del 2do y 3er nivel seguido de la instrucción “Move”, que envía una señal de “1382” al elevador posicionándolo a la altura de la banda del primer nivel. Para el siguiente nivel de operación se utiliza un contacto normalmente cerrado del “sensor 2do nivel” que sirve de condición para su encendido, se añade un contacto normalmente cerrado de un “Timer” que ayuda a resetear la condición y evitar que el elevador se quede trabado en un solo nivel. Poner un contacto normalmente cerrado de la marca 0 “%M0.0” empleada en la programación del siguiente nivel para impedir que se activen los dos niveles al mismo tiempo, agregar la instrucción “Move” que envía una señal de “14325” al elevador

e insertar una bobina para memorizar la instrucción, repetir los mismos pasos para programar el siguiente nivel, pero con la señal de “26175” a la instrucción “Move” como se observa en la figura 35.

**Figura 35**

*Control automático del elevador.*



*Nota:* La figura hace referencia a la programación para el comando automático del elevador. Tomado de TIA PORTAL V.15.

**Tabla 10**

*Señales de los niveles de operación del elevador*

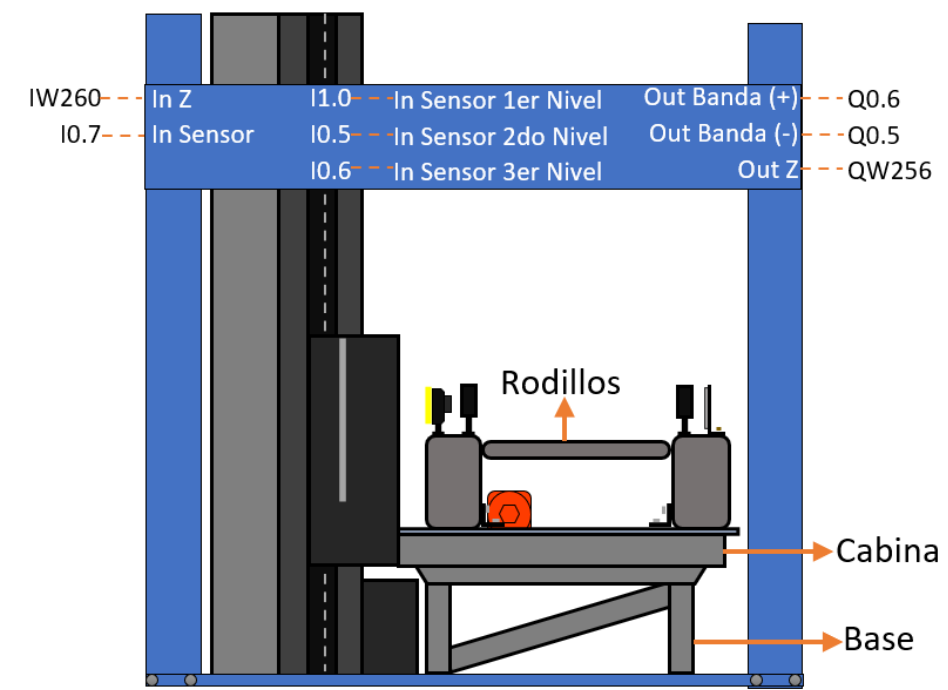
Niveles de operación	Señal
1er	1382
2do	14325
3cer	26175

*Nota:* La tabla muestra la señal de operación que el elevador tiene en los tres niveles

La representación gráfica del elevador existente en el software Factory I/O se puede observar en la figura 36, tiene un funcionamiento de 0 a 10 voltios además que cuenta con dos sensores infrarrojos y una banda de rodillos ubicados en la cabina, su modo de operación se encuentra detallada en la tala 11.

**Figura 36**

*Elevador Factory I/O.*



*Nota:* La figura representa las partes del elevador utilizado en el proceso, con sus diferentes entradas y salidas tanto analógicas como digitales.

**Tabla 11**

*Conexión y funcionamiento del elevador*

Entrada /Salida PLC	Entrada /Salida Elevador	Función	Operación
IW260	In Z	Permite saber la posición del elevador en el eje de las Z	Tiene un rango de posición entre 0 y 27648



<b>Entrada /Salida PLC</b>	<b>Entrada /Salida Elevador</b>	<b>Función</b>	<b>Operación</b>
<b>I0.7</b>	In Sensor	Permite detectar la presencia de una caja	0L Desactiva los rodillos y mueve la cabina del elevador hasta el 1er nivel 1L Permite que se activen los rodillos
<b>I1.0</b>	In Sensor 1er Nivel	Permite detectar la presencia de una caja	0L Desactiva los rodillos 1L Permite que se activen los rodillos
<b>I0.5</b>	In Sensor 2do Nivel	Permite detectar la presencia de una caja	0L Desactiva la banda del 2do nivel y mueve la cabina del elevador hasta su posición 1L Activa la banda del 2do nivel
<b>I0.6</b>	In Sensor 3er Nivel	Permite detectar la presencia de una caja	0L Desactiva la banda del 3cer nivel y mueve la cabina del elevador hasta su posición 1L Activa la banda del 3cer nivel
<b>Q0.6</b>	Out Banda (+)	Permite girar los rodillos en sentido horario	0L Los rodillos permanecen estáticos 1L Gira los rodillos en sentido horario
<b>Q0.5</b>	Out Banda (-)	Permite girar los rodillos en sentido anti horario	0L Los rodillos permanecen estáticos 1L Gira los rodillos en sentido anti horario
<b>QW256</b>	Out Z	Permite movilizar el elevador en el eje de las Z	Tiene un rango para movilizarse entre 0 = bajo y 27648 = alto

*Nota:* La tabla hace referencia al funcionamiento y operación del elevador existente en el software Factory I/O.

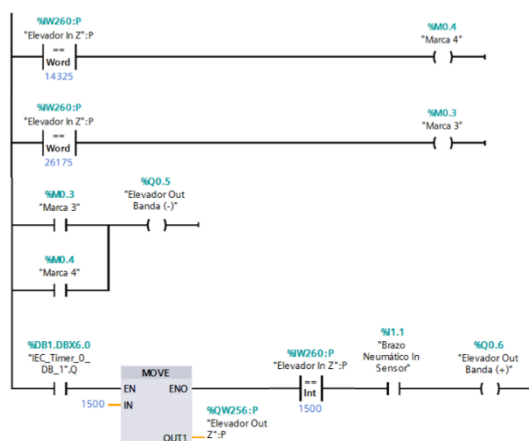
Una vez que el elevador este programado con sus diferentes niveles, realizar una comparación para confirmar que esté en la posición que se desea, para ello utilizar la instrucción de comparación “igual”, en donde se ingresa las dos señales que se desea comparar, la primer señal es la posición del elevador “%IW260:P” y la segunda es la posición a la que debe llegar como se observa en la figura 37, en este caso comparar los dos niveles de operación anteriormente ingresados y por último, agregar una bobina para la marca 3 “%M0.3” que se utiliza para activar la banda del elevador en sentido anti horario con una bobina de salida digital “%Q0.5”.

Cuando se active la banda en sentido anti horario usar un “Timer” para que se mantenga un tiempo determinado y después regrese a un nivel bajo, para ello se inserta

la instrucción “Move” seguido del timer, que envía una señal de “1500” al elevador. Agregar una instrucción de comparación para asegurar que el elevador llegó a la posición deseada, seguido de un contacto normalmente abierto del “sensor brazo neumático” para desactivar la banda del elevador y finalmente, una bobina para la salida digital “%Q0.6” que activa la banda en sentido horario.

### Figura 37

*Banda del elevador.*



*Nota:* La figura hace referencia a la programación de la banda del elevador. Tomado de TIA PORTAL V.15.

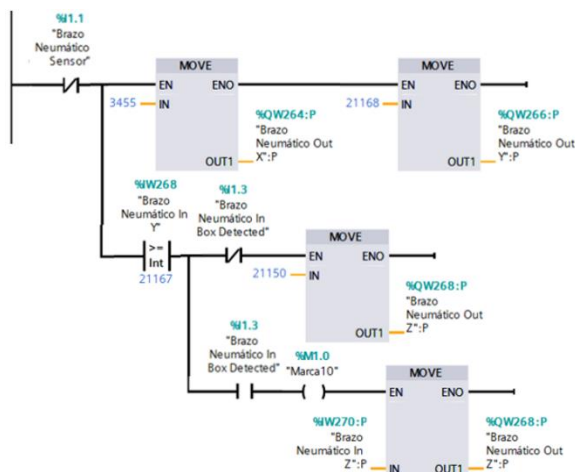
- Paso 5, controlar el brazo neumático.

Insertar un contacto normalmente cerrado del sensor “Brazo neumático sensor” que indica cuando exista la presencia de una caja. Añadir dos instrucciones de transferencia para ordenar al brazo neumático, que se dirija hasta la localidad de la caja, para ello se utiliza la instrucción “Move”, que envía la señal de “3455” a la dirección “%QW264:P” moviendo el brazo en el eje de las (X) y la señal “21168” a la dirección “%QW266:P” moviendo el brazo en el eje de las (Y). Luego se inserta una instrucción de comparación en paralelo para saber si el brazo está en la posición deseada y ordenar que el vástago se extienda mediante la utilización de un “Move”, que envía la señal de “21150” a la

dirección “%QW268:P” hasta que el sensor “In Box Detected” se active, indicando que el brazo se encuentra justo encima de la caja, a continuación, se agrega una marca 10 “%M1.0” que nos ayuda a encender y apagar su ventosa, observar la figura 38.

### Figura 38

*Control brazo neumático.*

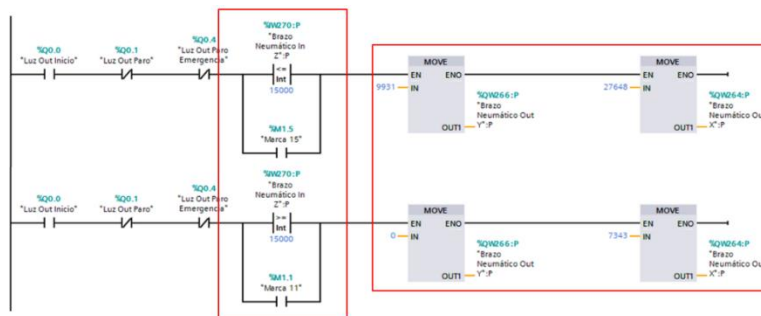


*Nota:* La figura representa la programación para el control del brazo neumático. Tomado de TIA PORTAL V.15.

Una vez que el brazo se encuentre sobre de la caja y se haya activado el sensor “In Box Detected” preguntar la altura de la caja, para ello insertar las instrucciones “mayor y menor que” para comparar la señal de entrada del “brazo neumático In z” de dirección “%IW270:P” y el valor del tamaño de las cajas, para luego ordenar al brazo que se dirija a las diferentes posiciones de las bandas mediante la utilización de la instrucción “Move” como se observa en la figura 39.

**Figura 39**

Selección de tamaño.

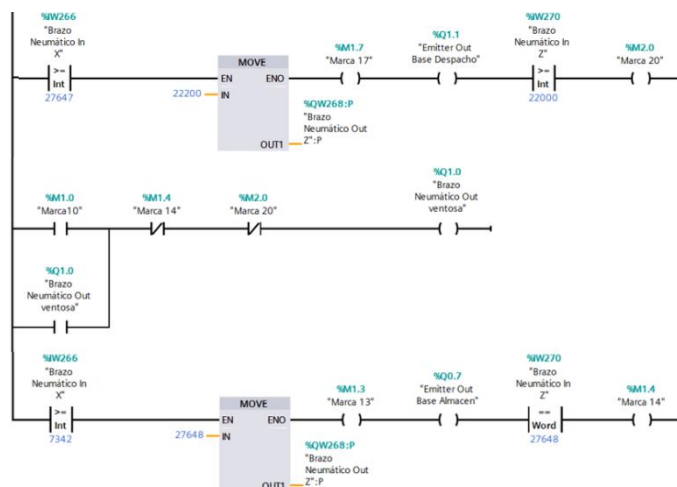


Nota: La figura hace referencia a la programación del brazo neumático para la selección del tamaño de las cajas. Tomado de TIA PORTAL V.15.

Utilizar instrucciones de comparación para saber si el brazo neumático está en la posición correcta antes de desactivar la ventosa y soltar la caja, para ello se inserta la instrucción “mayor o igual”, donde compara la señal de entrada de “Brazo Neumático In X” y las dos señales de posición pre establecidas que son “27647” y “7342”, después se ordena que se extienda el vástago mediante la instrucción “Move”, que envía una señal de “27648” a la dirección “%QW268:P” y se energiza la marca 20 “%M2.0” y la marca 14 “%M1.4” respectivamente, desactivando la ventosa.

**Figura 40**

Control de la ventosa del brazo neumático.

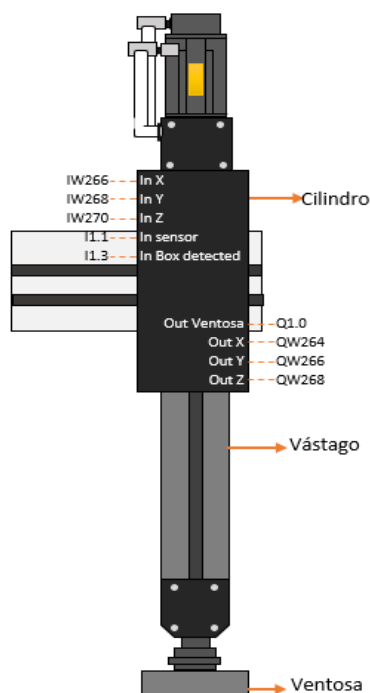


*Nota:* La figura muestra la programación para activar y desactivar la ventosa del brazo neumático. Tomado de TIA PORTAL V.15.

La representación gráfica del brazo neumático existente en el software Factory I/O se observa en la figura 41, el cual se mueve en los tres ejes x, y, z por medio de su cilindro y vástago además cuenta con una ventosa y todo su sistema tiene un funcionamiento de 0 a 10 voltios, su modo de operación se visualiza en la tabla 12.

### Figura 41

*Brazo neumático Factory I/O.*



*Nota:* La figura muestra las partes, entradas y salidas, tanto digitales como analógicas del brazo neumático existente en el software Factory I/O.

Tabla 12

*Conexión y funcionamiento del brazo neumático.*

<b>Entrada /Salida PLC</b>	<b>Entrada /Salida Brazo Neumático</b>	<b>Función</b>	<b>Operación</b>
<b>IW266</b>	In X	Permite saber la posición del brazo en el eje de las X	Tiene un rango de posición entre 0 y 27648
<b>IW268</b>	In Y	Permite saber la posición del brazo en el eje de las Y	Tiene un rango de posición entre 0 y 27648
<b>IW270</b>	In Z	Permite saber la posición del brazo en el eje de las Z	Tiene un rango de posición entre 0 y 27648
<b>I1.1</b>	In Sensor	Permite detectar la presencia de una caja	0L Acerca el cilindro a la posición de la caja y desactiva la banda 1er nivel 1L Activa la banda 1er nivel
<b>I1.3</b>	In Box detected	Permite detectar la presencia de una caja	0L Permite desplazar el vástago 1L detiene el desplazamiento del vástago
<b>Q1.0</b>	Out Ventosa	Permite sostener una caja	0L Desactiva la ventosa 1L Activa la ventosa
<b>QW264</b>	Out X	Permite movilizar el brazo en el eje de las X	Tiene un rango para movilizarse entre 0 = cerca y 27648 = lejos
<b>QW266</b>	Out Y	Permite movilizar el brazo en el eje de las Y	Tiene un rango para movilizarse entre 0 = cerca y 27648 = lejos
<b>QW268</b>	Out Z	Permite movilizar el brazo en el eje de las Z	Tiene un rango para movilizarse entre 0 = alto y 27648 = bajo

*Nota:* La tabla hace referencia al funcionamiento y operación del brazo neumático existente en el software Factory I/O.

- Paso 6, controlar las bandas de almacenaje y despacho.

Se utiliza un contacto normalmente abierto de la marca 14 “%M1.4” para controlar cuando la ventosa del brazo neumático debe soltar la caja al encontrarse en estado de 0L, seguido de un contacto normalmente abierto del sensor “Grúa eléctrica In Sensor” que ayuda a activar y desactivar la banda de almacenado, agregar una memoria con la marca 24 “%M2.4” y poner un contacto normalmente cerrado del paro y el paro de emergencia para evitar que las bandas sigan funcionando al presionar estos botones. Incorporar una



*Nota:* La figura muestra la representación gráfica del adaptador de banda de carga existente en el software Factory I/O y su voltaje de operación va de 0 a 10 voltios.

**Tabla 13**

*Conexión y funcionamiento del adaptador de banda de carga*

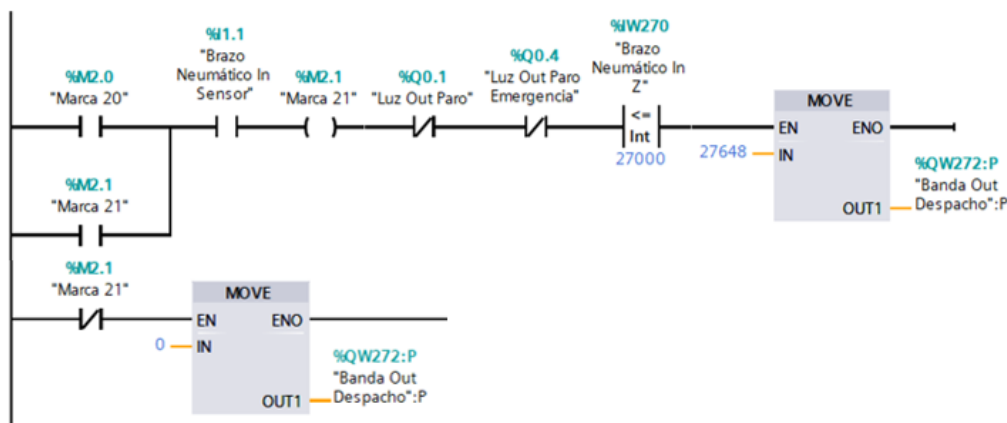
Entrada /Salida PLC	Entrada /Salida Banda de carga	Función	Operación
<b>QW274</b>	Out adaptador	Permite controlar la velocidad de la banda de carga	Tiene un rango de velocidad entre 0 = lento y 27648 = rápido

*Nota:* La tabla hace referencia al funcionamiento y operación del adaptador de banda de carga existente en el software Factory I/O.

Realizar la misma configuración anterior para la banda de despacho con su marca correspondiente “%M2.0”, seguido de una memoria con la marca 21 “%M2.1” y su sensor de activación que en este caso es “Brazo Neumático In Sensor”, se finaliza con la instrucción “Move” que envía la señal de “27648” a la dirección de la banda de despacho “%QW272:P” y una señal de “cero” al estar desactivado el sensor.

**Figura 44**

*Banda de despacho.*

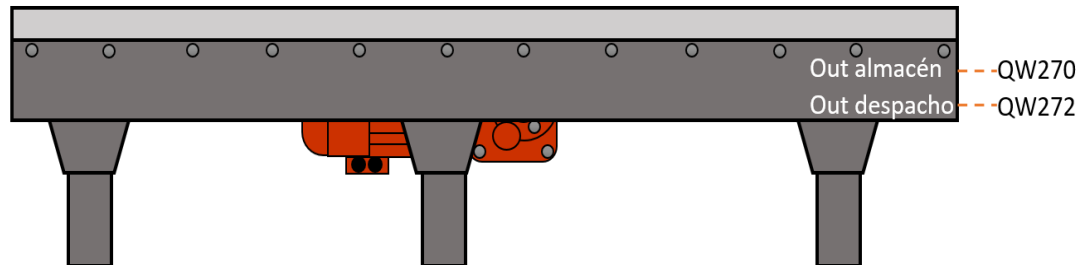


*Nota:* La figura representa la programación de la banda de despacho. Tomado de TIA PORTAL V.15.



**Figura 45**

*Banda transportadora de rodillos Factory I/O.*



*Nota:* La figura muestra una representación gráfica de una banda transportadora de rodillos existente en el software Factory I/O, con su voltaje de operación que va de 0 a 10 voltios.

**Tabla 14**

*Conexión y funcionamiento de la banda transportadora de rodillos*

<b>Entrada /Salida PLC</b>	<b>Entrada /Salida Banda rodillos</b>	<b>Función</b>	<b>Operación</b>
<b>QW270</b>	Out almacén	Permite controlar la velocidad de la banda de almacenamiento	Tiene un rango de velocidad entre 0 = lento y 27648 = rápido
<b>QW272</b>	Out despacho	Permite controlar la velocidad de la banda de despacho	Tiene un rango de velocidad entre 0 = lento y 27648 = rápido

*Nota:* La tabla hace referencia al funcionamiento y operación de la banda transportadora de rodillos existente en el software Factory I/O.

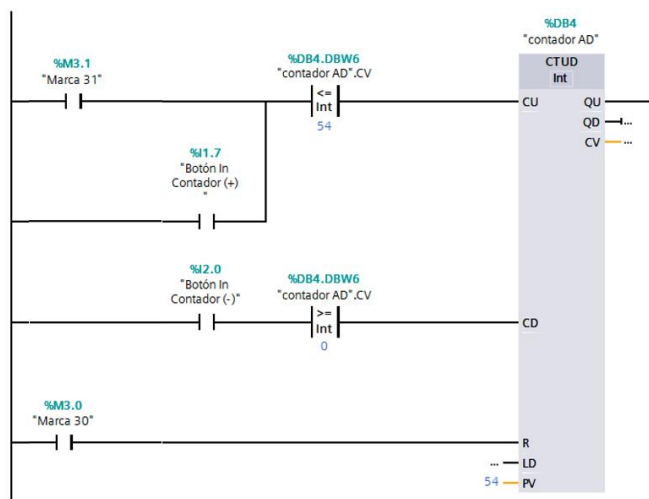
- Paso 7, programar el contador de la grúa eléctrica.

Para ello insertamos la instrucción “contador ascendente y descendente”, en el parámetro “CU” que es el contador ascendente, anteponer un contacto normalmente abierto de la marca 31 “%M3.1” que se encarga de activar y desactivar las palas de la grúa además, colocar en paralelo un contacto normalmente abierto del “Botón In Contador

(+)", que incrementa el conteo de forma manual y al final del segmento una instrucción de comparación para evitar que el contador sobrepase el número 54 que es la cantidad de posiciones existentes en el estante de almacenamiento. En el parámetro "CD", que es el contador descendente, anteponer un contacto normalmente abierto del "Botón In Contador (-)" para decrementar el conteo y una instrucción de comparación para evitar que descienda del número 0. En el parámetro "R", únicamente se antepone un contacto normalmente abierto de la marca 30 "%M3.0", para resetear el contador como se observa en la figura 46.

### Figura 46

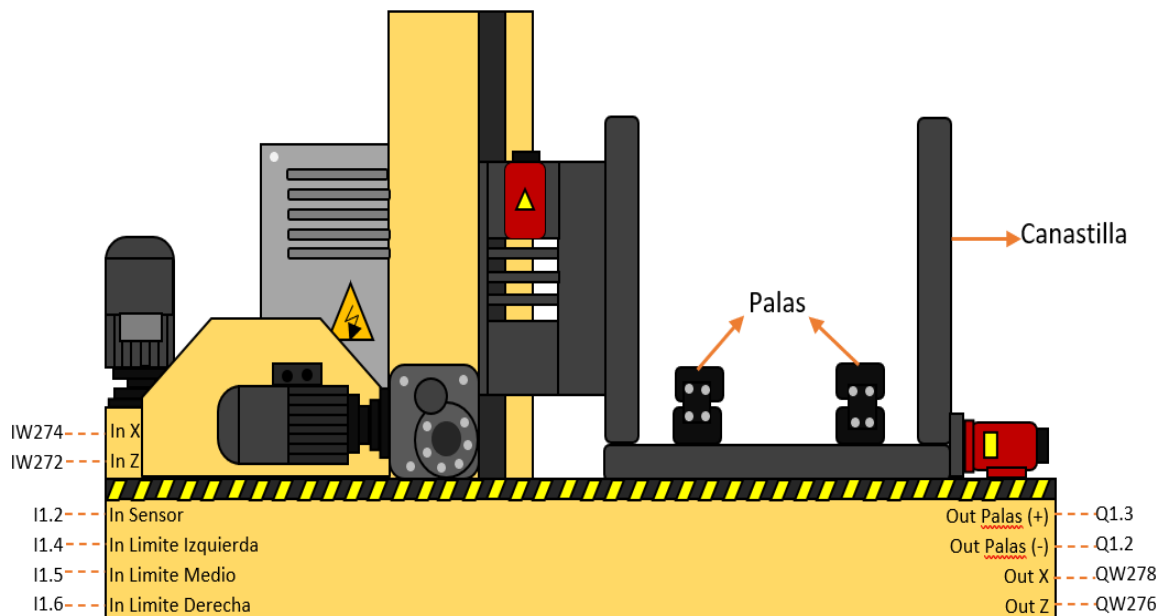
*Contador de la grúa eléctrica.*



*Nota:* La figura representa la programación utilizada para el control del contador de la grúa eléctrica. Tomado de TIA PORTAL V.15.

**Figura 47**

*Grúa eléctrica Factory I/O*



*Nota:* muestra una representación gráfica de la grúa eléctrica existente en el software Factory I/O con su voltaje de operación que va de 0 a 10 voltios y puede movilizar su canastilla en los ejes X, Z.

**Tabla 15**

*Conexión y funcionamiento de la grúa eléctrica*

Entrada /Salida PLC	Entrada /Salida Grúa Eléctrica	Función	Operación
<b>IW274</b>	In X	Permite saber la posición de la grúa en el eje de las X	Tiene un rango de posición entre 0 y 27648
<b>IW272</b>	In Z	Permite saber la posición de la grúa en el eje de las Z	Tiene un rango de posición entre 0 y 27648
<b>I1.2</b>	In Sensor	Permite detectar la presencia de una caja	0L Detiene las bandas de almacenamiento y extiende las palas hacia la caja 1L Permite que se activen las bandas de almacenamiento

<b>Entrada /Salida PLC</b>	<b>Entrada /Salida Grúa Eléctrica</b>	<b>Función</b>	<b>Operación</b>
<b>I1.4</b>	In Limite Izquierda	Permite saber que las palas están extendidas completamente a la izquierda	0L Activa la movilización de la grúa en sentido del eje de las X 1L Desembarca la caja al lado izquierdo
<b>I1.5</b>	In Limite Medio	Permite saber que las palas están recogidas completamente	0L Desactiva la movilización de la grúa en sentido del eje de las X 1L Activa la movilización de la grúa en sentido del eje de las X
<b>I1.6</b>	In Limite Derecha	Permite saber que las palas están extendidas completamente a la derecha	0L Activa la movilización de la grúa en sentido del eje de las X 1L Embarca o desembarca la caja al lado derecho
<b>Q1.3</b>	Out Palas (+)	Permite extender las palas a la derecha	0L Las palas permanecen recogidas 1L Extiende las palas a la derecha
<b>Q1.2</b>	Out Palas (-)	Permite extender las palas a la izquierda	0L Las palas permanecen recogidas 1L Extiende las palas a la izquierda
<b>QW278</b>	Out X	Permite movilizar la grúa en el eje de las X	Tiene un rango para movilizarse entre 0 = cerca y 27648 = lejos
<b>QW276</b>	Out Z	Permite movilizar la grúa en el eje de las Z	Tiene un rango para movilizarse entre 0 = bajo y 27648 = alto

*Nota:* La tabla hace referencia al funcionamiento y operación de la grúa eléctrica existente en el software Factory I/O.

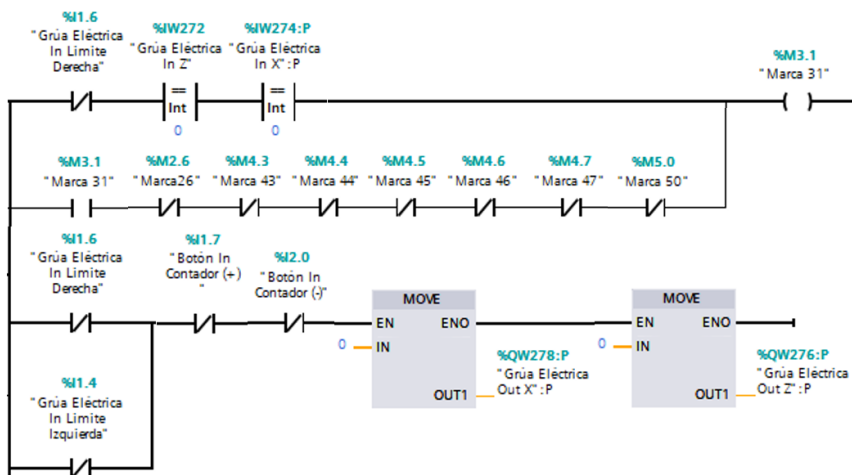
- Paso 8, programar el funcionamiento de la grúa eléctrica.

Comenzar controlando las palas y para ello se asegura que la canastilla este en la posición inicial insertando dos instrucciones de transferencia "Move", que envían una señal de "0" a las direcciones de los ejes de X "%QW278:P" y Z "%QW276:P" de la grúa, además, se anteponen contactos normalmente cerrados del límite derecha, límite izquierda, contador (+) y contador (-) que servirá como condición cuando se envíe dicha señal. En paralelo se utiliza instrucciones de comparación para asegurar que la canastilla está en la posición correcta antes de desplegar las palas de la grúa mediante la marca

31 “%M 3.1”, memorizar y agregar marcas que ayudan a contraer las palas al desactivar la marca 31 como se puede observar en la figura 48.

### Figura 48

*Activación de las palas de la grúa eléctrica.*

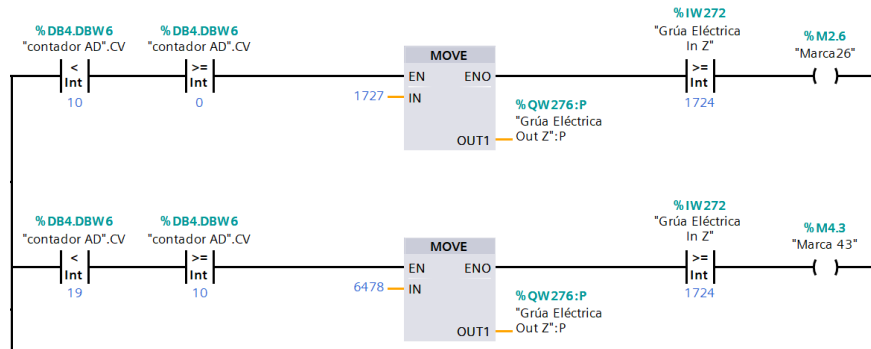


*Nota:* La figura muestra la programación utilizada para activar y desactivar las palas de la grúa eléctrica. Tomado de TIA PORTAL V.15.

A continuación, programar que la canastilla se movilice en sentido vertical entre sus diferentes niveles dependiendo del contador anteriormente creado, para lo cual se utiliza dos instrucciones de comparación “menor y mayor que” donde utilizándolas en conjunto delimitan un rango de activación, seguido de una instrucción de transferencia “Move”, la cual envía la señal de embarque “1727” a la dirección del eje “Z” “%QW276:P” donde la señal dependerá de los niveles de almacenamiento, guiarse de la tabla 16 y para finalizar se utiliza diferentes marcas que ayudan a desactivar las palas de la grúa en este caso la marca 26 “%M2.6”. Realizar la misma configuración para los niveles restantes.

**Figura 49**

*Programación de la canastilla en el eje vertical.*



*Nota:* La figura muestra la programación empleada para movilizar la canastilla de la grúa eléctrica en el eje vertical. Tomado de TIA PORTAL V.15.

**Tabla 16**

*Niveles de almacenamiento del eje Z.*

Nivel	Señal embarque	Señal desembarque
1	1727	0
2	6478	6046
3	11230	10366
4	15982	15118
5	20734	19870
6	25486	24622

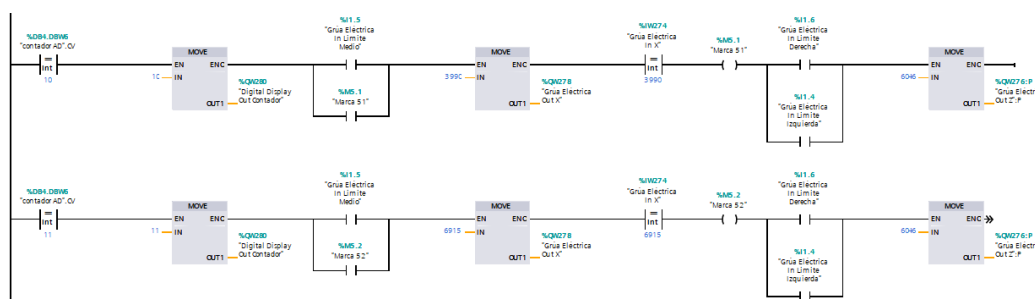
*Nota:* La tabla muestra las señales de embarque y desembarque de cada nivel de la grúa eléctrica al movilizarse en el eje Z.

Para finalizar el paso 8, se programa el desplazamiento de la canastilla en el eje “X” insertado una instrucción de comparación del contador separando las diferentes líneas de programación, se agrega la instrucción “Move” que envía a la dirección del “Digital Display” “%QW280:P” los números de las diferentes posiciones que tiene la canastilla en el eje x visualizando su posición en la caja de control. Utilizar un contacto normalmente abierto del límite medio que sirve como interruptor para que la canastilla se movilice en sentido horizontal, también se añade la instrucción “Move” para enviar la señal “3990” a la dirección del eje “X” “%QW278:P” donde la señal dependerá de las columnas de

almacenamiento como se puede apreciar en la tabla 17. A continuación, se utiliza una instrucción de comparación para confirmar que la canastilla está en la posición que se desea y se memoriza la línea de programación para evitar que se corte la energía al estirar las palas, donde se emplea un contacto normalmente abierto del límite izquierda y derecha quienes indican que están completamente estiradas, seguido de eso se inserta instrucción de transferencia "Move" que envía la señal de "0" a la dirección del eje "Z" "%QW276:P" para desembarcar la caja. Realizar la misma configuración para el resto de las columnas de almacenamiento como se puede observar en la figura 50.

**Figura 50**

*Programación de la canastilla en el eje horizontal.*



*Nota:* La figura muestra la programación empleada para que la canastilla de la grúa eléctrica se pueda movilizar en el eje horizontal. Tomado de TIA PORTAL V.15.

**Tabla 17**

*Columnas de almacenamiento del eje X.*

Columna	Señal
1	3990
2	6915
3	9890
4	12830
5	15805
6	18770
7	21730
8	24680
9	27648

*Nota:* La tabla muestra las señales de la grúa eléctrica al moverse por las diferentes columnas en el eje x

### 3.5 Programación Factory I/O

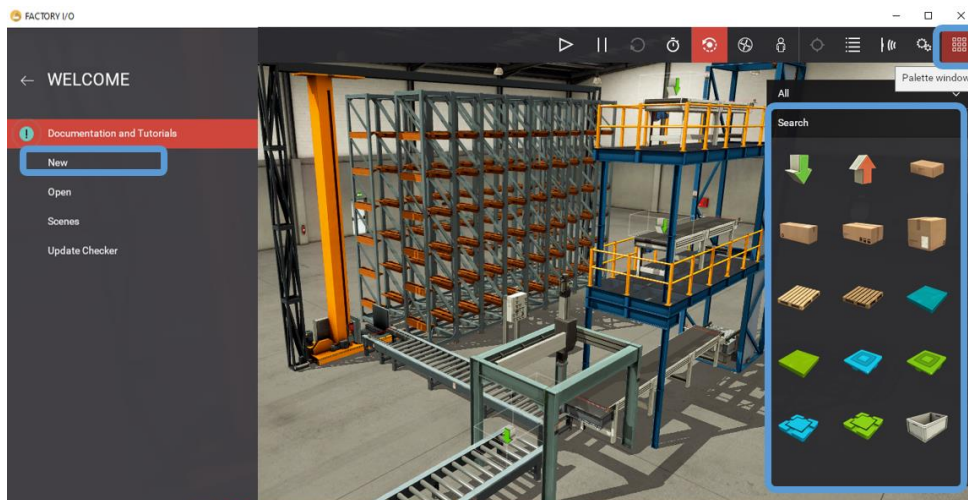
#### 3.5.1 Creación del proyecto

- Paso 1, abrir el software de simulación denominado Factory I/O.

Dando clic derecho en el icono del programa se selecciona la opción “Ejecutar como administrador”, una vez que termine de ejecutar dar clic en “New”. Al abrirse la interfaz de interacción dirigirse a “palette window” el cual despliega un menú con todos los dispositivos, equipos y máquinas que se puede utilizar, seleccionar lo que se necesita y arrastrar a la interfaz de interacción hasta crear la aplicación deseada como se puede observar en la figura 51.

#### Figura 51

*Aplicación en software de simulación.*



*Nota:* La figura hace referencia a la creación del proyecto en la página principal del software de simulación. Tomado de Factory I/O.



- Paso 2, Diseño del talero de control.

Para la elaboración del talero de control, se utilizan los dispositivos existentes en la sección de “operators” ubicados en el menú de “palette window”. Se arrastra a la interfaz de interacción todos los dispositivos de control necesarios como: pulsadores, selectores, display, luces indicadoras y potenciómetros, además colocar un “Electric Switchboard” como base para el tablero, tal y como se muestra en la figura 52.

### Figura 52

*Diseño del talero de control.*



*Nota:* La figura hace referencia a la elaboración del tablero de comandos para el control del proceso. Tomado de Factory I/O.

### 3.5.2 Comunicación entre Tia Portal y Factory I/O

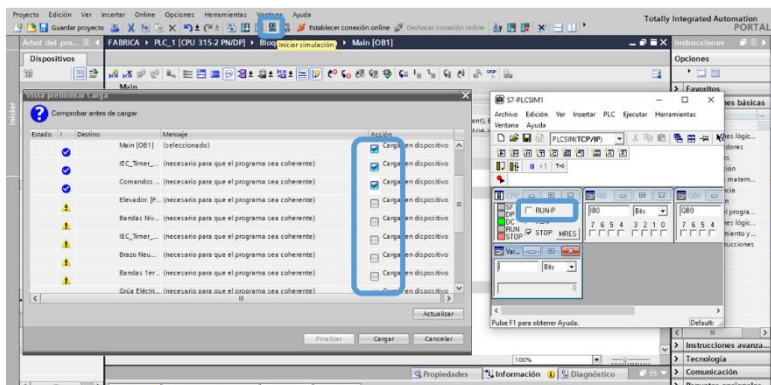
- Paso 1, configurar el Tia Portal

Ubicarse en la página principal de tia portal y dar clic en el ícono de la parte superior que dice “Iniciar simulación”, se abre una ventana del “S7-PLCSIM” donde se da clic en el recuadro de “RUN-P” que enciende el simulado del PLC, aceptar todas las acciones

que se ejecutan una vez que empiece a correr el programa y finalmente dar clic en “cargar” como se observa en la figura 53.

**Figura 53**

*Configuración Tia Portal.*



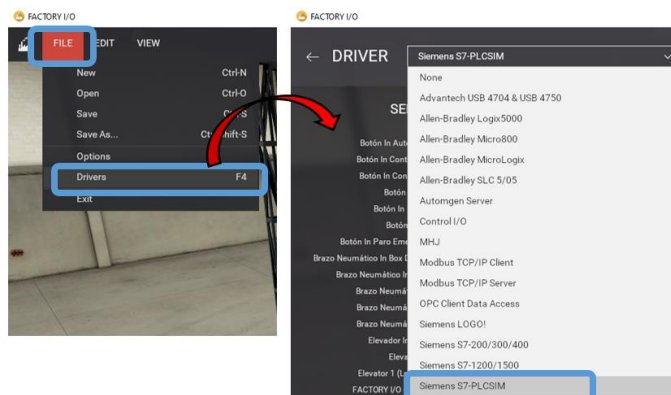
*Nota:* La figura hace referencia a la configuración del software Tia portal para el inicio de la simulación. Tomado de TIA PORTAL V.15.

- Paso 2, configuración del Factory I/O

Ubicarse en la página principal de Factory I/O y dar clic en “File”, dirigirse a la sección de “Drivers”, la cual despliega una lista donde se escoge la opción “Siemens S7-PLCSIM” para comunicar los dos softwares como se observa en la figura 54.

**Figura 54**

*Configuración del Driver del Factory I/O.*

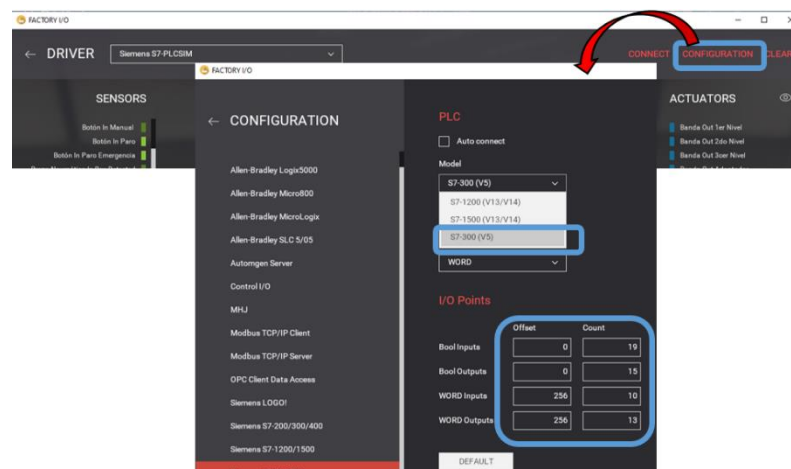


*Nota:* La figura hace referencia a la configuración del Driver Siemens S7-PLCSIM para la vinculación del software de simulación. Tomado de Factory I/O.

A continuación, en la pestaña de configuración, seleccionar el modelo del PLC, en este caso es el “S7-300 (V5)” y el tipo de dato que se utiliza es “Word”. Configura el “I/O Points” dependiendo de la cantidad de entrada y salidas que se tenga tanto analógicas como digitales, observar la figura 55.

### Figura 55

*Configuración del PLC.*

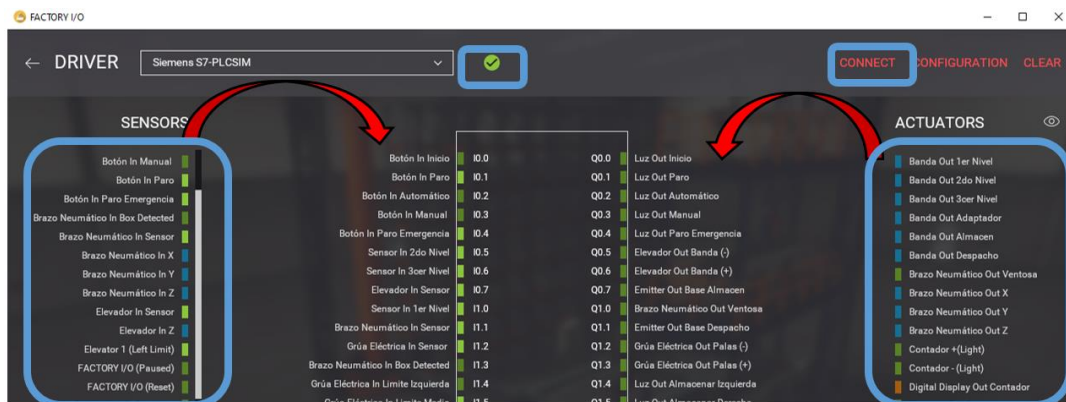


*Nota:* La figura representa la configuración de las características del PLC a simular. Tomado de Factory I/O.

Para finalizar el paso 2 se asignan a las entradas y salidas de la periferia descentralizada cada sensor y actuador correspondiente, guiarse de la tabla 7 que contiene la lista de todas las variables con su respectiva dirección. Dar clic en “Connect” y esperar que aparezca un visto de color verde que indica cuando la comunicación se realiza exitosamente como se observa en la figura 56.

**Figura 56**

*Asignación de sensores y actuadores al PLC.*



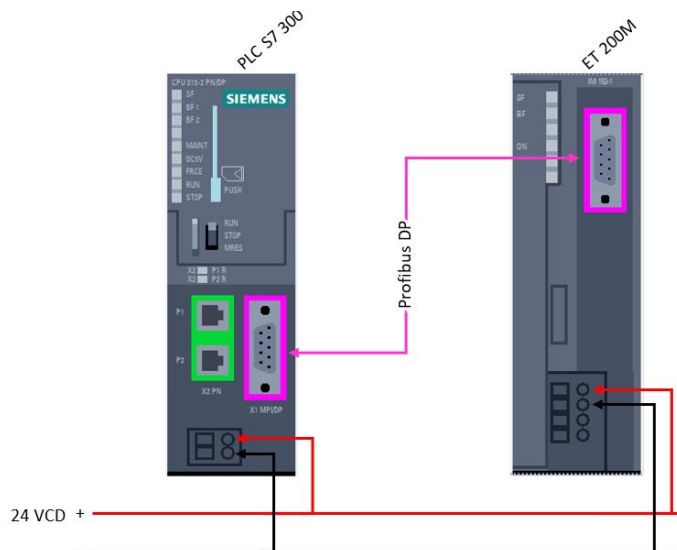
*Nota:* La figura hace referencia a la asignación de sensores y actuadores en la página principal de configuración del PLC simulado. Tomado de Factory I/O.

### 3.6 Conexión de hardware del PLC S7-300 y el ET 200M

Se utiliza cable profibus con su respectivo conector para la comunicación y van conectados entre los puertos MPI/DP del autómata programable y de la periferia descentralizada, esta conexión se puede observar en la figura 57 marcada con color morado, además los módulos analógicos y digitales van acoplados entre sí en sentido horizontal a un costado de la periferia descentralizada, a los cuales van enlazas todas las entradas y salidas tanto analógicas como digitales que se utilizan, estos puertos de conexión se observan en la figura 58 marcados con color rojo.

**Figura 57**

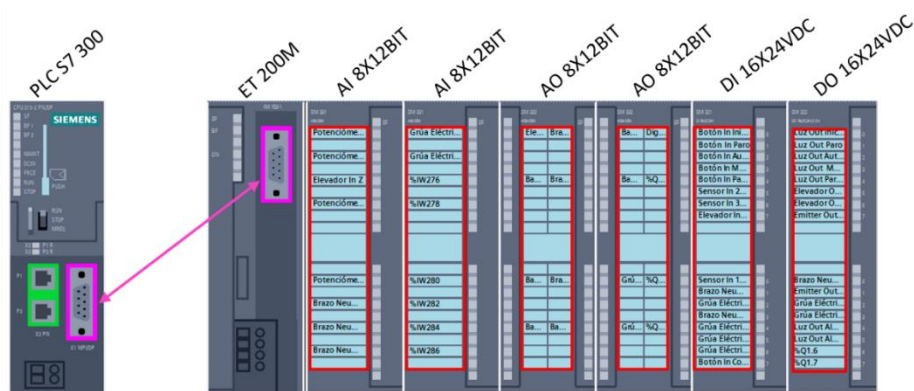
*Conexión de hardware del PLC S7-300 y ET 200M.*



*Nota:* La figura hace referencia a la conexión del hardware entre el PLC S7-300 y la periferia descentralizada ET 200M. Tomado de TIA PORTAL V.15.

**Figura 58**

*Conexión de módulos analógicos y digitales del ET 200M.*



*Nota:* La figura muestra la conexión del hardware de los módulos analógicos y digitales a la periferia descentralizada ET 200M. Tomado de TIA PORTAL V.15.

Figura 59

Conexión de hardware del Factory I/O.

Botón In Inicio	I0.0	Q0.0	Luz Out Inicio
Botón In Paro	I0.1	Q0.1	Luz Out Paro
Botón In Automático	I0.2	Q0.2	Luz Out Automático
Botón In Manual	I0.3	Q0.3	Luz Out Manual
Botón In Paro Emergencia	I0.4	Q0.4	Luz Out Paro Emergencia
Sensor In 2do Nivel	I0.5	Q0.5	Elevador Out Banda (-)
Sensor In 3er Nivel	I0.6	Q0.6	Elevador Out Banda (+)
Elevador In Sensor	I0.7	Q0.7	Emitter Out Base Almacen
Sensor In 1er Nivel	I1.0	Q1.0	Brazo Neumático Out Ventosa
Brazo Neumático In Sensor	I1.1	Q1.1	Emitter Out Base Despacho
Grúa Eléctrica In Sensor	I1.2	Q1.2	Grúa Eléctrica Out Palas (-)
Brazo Neumático In Box Detected	I1.3	Q1.3	Grúa Eléctrica Out Palas (+)
Grúa Eléctrica In Limite Izquierda	I1.4	Q1.4	Luz Out Almacenar Izquierda
Grúa Eléctrica In Limite Medio	I1.5	Q1.5	Luz Out Almacenar Derecha
Grúa Eléctrica In Limite Derecha	I1.6	Q1.6	
Botón In Contador (+)	I1.7	(INT) QW256	Elevador Out Z
Botón In Contador (-)	I2.0	(INT) QW258	Banda Out 2do Nivel
Selector In Almacenar Izquierda	I2.1	(INT) QW260	Banda Out 3er Nivel
Selector In Almacenar Derecha	I2.2	(INT) QW262	Banda Out 1er Nivel
Potenciómetro Out Elevador	IW256 (INT)	(INT) QW264	Brazo Neumático Out X
Potenciómetro Out Banda 1er Nivel	IW258 (INT)	(INT) QW266	Brazo Neumático Out Y
Elevador In Z	IW260 (INT)	(INT) QW268	Brazo Neumático Out Z
Potenciómetro Out Banda 2do Nivel	IW262 (INT)	(INT) QW270	Banda Out Almacen
Potenciómetro Out Banda 3er Nivel	IW264 (INT)	(INT) QW272	Banda Out Despacho
Brazo Neumático In X	IW266 (INT)	(INT) QW274	Banda Out Adaptador
Brazo Neumático In Y	IW268 (INT)	(INT) QW276	Grúa Eléctrica Out Z
Brazo Neumático In Z	IW270 (INT)	(INT) QW278	Grúa Eléctrica Out X
Grúa Eléctrica In Z	IW272 (INT)	(INT) QW280	Digital Display Out Contador
Grúa Eléctrica In X	IW274 (INT)		

*Nota:* La figura muestra los elementos de hardware, del factory IO, conectados a las entradas y salidas del autómatas programable. Tomado de Factory I/O.

## Capítulo IV

### Conclusiones y recomendaciones

#### 4.1 Conclusiones

- La comunicación Profibus DP entre el autómata programable y la periferia descentralizada es bidireccional donde el ET 200M hace el papel de esclavo y el S7-300 de maestro aumentando así el número de entradas y salidas tanto analógicas como digitales.
- La implementación de una red de comunicación Profibus DP entre el PLC S7-300 y la periferia descentralizada ET 200M permitió recibir señales de 35 sensores y controlar a 34 actuadores empleado únicamente para la conexión el cable Profibus DP con alcance de 1200m a 9.6kbit de velocidad.
- Se realizó pruebas de funcionamiento para el envío y adquisición de datos mediante la utilización de sensores y actuadores del software Factory I/O donde se comprobó que la comunicación Profibus DP entre el autómata programable y la periferia descentralizada es exitosa.

#### 4.2 Recomendaciones

- Al realizar el enlace entre los diferentes softwares de simulación ejecutar primeramente el Factory I/O puesto que este, no reconoce aplicaciones abiertas anteriormente a él
- La ejecución de aplicaciones o proyectos simulados ayudan y facilitan mucho el proceso de aprendizaje puesto que eliminan el riesgo de accidentes y pérdidas económicas por el mal uso o incorrecta conexión de los hardware.

- Cuando se realice la comunicación Profibus PD verificar que los equipos a utilizar como el autómata programable y la periferia descentralizada tengan diferentes direcciones de red para evitar errores en la programación.
- Emplear el menor número de entradas o salidas analógicas y digitales del software de simulación Factory I/O puesto que son limitadas, independientemente del modelo de PLC que se esté utilizando.



### 4.3 Bibliografía

- Areny, R. P. (2013). *Sensores y Acondicionadores de Señal*. S.A. MARCOMBO. recuperado el 17 de abril de 2020, de Areny: <https://www.elsolucionario.org/sensores-acondicionadores-senal-ramon-pallas-areny-4ta-edición/>
- Capcha, H. R. (2011). *Supervisión y Control de las Instalaciones Eléctricas de Distribución Mediante un Bus de Campo*. Perú. Recuperado el 14 de Junio de 2020, de Capcha: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3617/Matos%20Capcha.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Centro de Ciberseguridad Industrial . (2017). Recuperado el 17 de Abril de 2020, de Centro de Ciberseguridad Industrial: <https://blog.seguridad.info.com.ar/2017/06/ciberseguridad-en-la-piramide-de.html>
- Corrales, L. (Noviembre de 2007). *Interfaces comunicación industrial*. Recuperado el 20 de Abril de 2020, de Corrales: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10020/3/PARTE%203.pdf>
- Gabriel Eduardo Jimenez de Oro, H. M. (2010). *Red Profibus* . Recuperado el 16 de Junio de 2020, de Eduardo Jimenez: <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0062316.pdf>
- Gaviño, I. R. (2010). *Introducción a los sistemas de control*. Recuperado el 15 de Abril de 2020, de Gaviño: <http://lcr.uns.edu.ar/fcr/images/Introducción%20a%20Los%20Sistemas%20de%20Control.pdf>
- International Standard. (2007). *IEC 61131*. Recuperado el 19 de Abril de 2020, de International Standard: <http://isa.uniovi.es/docencia/IngdeAutom/transparencias/Pres%20IEC%2061131.pdf>
- Ivan, T. P. (2009). *Configuración e implementación de un sistema de control aplicando la tecnología bluetooth con PLC*. Riobamba. Recuperado el 16 de Junio de 2020, de Ivan: <https://docplayer.es/82669917-Escuela-superior-politécnica-de-chimborazo-facultad-de-informática-y-electrónica-escuela-de-ingeniería-en-sistemas.html>
- Kuo, B. C. (2007). *Sistemas de Control Automático*. Recuperado el 15 de Abril de 2020, de Kou: <https://dademuchconnection.files.wordpress.com/2017/07/sistemas-de-control-automático-benjamin-c-kuo.pdf>
- Martínez, P. A. (2002). *Programación de PLC's*. Recuperado el 20 de Abril de 2020, de Martínez: <http://eprints.uanl.mx/919/1/1020148252.PDF>

- Rubén Morales, R. R. (2013). *Sistemas de control moderno volumen I: sistemas de tiempo continuo*. México: Tecnológico de monterrey. Recuperado el 16 de Abril de 2020, de Rubén Morales: <http://prod77ms.itesm.mx/podcast/EDTM/ID295.pdf>
- Siemens. (2008). *Profibus El bus polivalente para la comunicación en la industria de procesos*. Recuperado el 14 de Junio de 2020, de Siemens: [https://www.automation.siemens.com/w2/efiles/pcs7/pdf/78/prdbrief/kb\\_profibus\\_es.pdf](https://www.automation.siemens.com/w2/efiles/pcs7/pdf/78/prdbrief/kb_profibus_es.pdf)
- Suarez, D. (17 de 03 de 2016). *Ningenia*. Comunicaciones Industriales (II). Profibus. Recuperado el 15 de Junio de 2020, de Suarez: <http://www.ningenia.com/2016/03/17/profibus/>
- Universidad de Oriente . (2016). *Protocolos de comunicación para PLCs (buses de campo y de comunicación)* . Maturín. Recuperado el 19 de Abril de 2020, de Universidad de Oriente: <https://es.slideshare.net/DocumentosAreas4/comunicaciones-y-protocolos-industriales>
- Universidad Politécnica de Cartagena . (2011). PROFIBUS (PA/DP/FMS). Recuperado el 13 de Junio de 2020, de Universidad Politécnica de Cartagena: <http://www.etitudela.com/entrenadorcomunicaciones/downloads/profibusteoría.pdf>

#### 4.4 Anexos