

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Arquitectura e Ingenierías

Carrera: Ingeniería Mecánica en Diseño y Materiales

Creación de Casos de Estudio para Aprendizaje de PLCs Mediante Sistemas Virtuales

Sebastián Rodríguez

Nota del autor

Sebastián Rodríguez, Facultad de Arquitectura e Ingenierías, Universidad

Internacional SEK; Director Ing. Gustavo Moreno.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:

[sarodriguez.mec@uisek.edu.ec](mailto:sarodriguez.mec@uisek.edu.ec)

[sebastianrodri17@hotmail.com](mailto:sebastianrodri17@hotmail.com)

### **Declaración Juramentada**

Yo, Sebastián Rodríguez, con cédula de ciudadanía 1723922231, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. Trabajo perteneciente al programa de Desarrollo Tecnológico línea de Innovación en el Diseño de Procesos en el Ecuador.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Internacional SEK, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

SEBASTIAN ALEXANDER RODRÍGUEZ PEÑARANDA

CC 1723922231

### **Resumen**

El presente estudio, tuvo como propósito brindar al estudiante una herramienta virtual que le permita realizar la validación y verificación de códigos de programación en experimentos aplicativos con los cuales se enfrentará a futuro en la vida laboral.

El Factory I/O utilizado para la investigación se distinguió por poseer una librería de componentes industriales para el diseño de las escenas de cada caso de estudio que a su vez fueron entrelazadas con el TIA Portal y controlado por el PLC Siemens S7-1200 CPU1214 AC/DC/Rly con el cual se comprobó la simulación virtual de los dos casos de estudio denominados “Tanque con sensor de nivel” y “Banda transportadora”.

El propósito de este trabajo es sugerir el uso de simulaciones virtuales con el que se puedan afianzar los conocimientos teóricos adquiridos en la carrera, bajo el empleo de la metodología de diagramas de estado y código Ladder.

Los resultados obtenidos en este estudio mediante el software Factory I/O y Tia Portal V15 nos permitió visualizar y analizar los 2 sistemas de producción real dando como resultado la correcta compilación de los códigos de programación a demas de una exitosa vinculación de ambos softwares permitiendo la simulación de los casos de estudios propuestos.

Palabras clave: PLC, automatización, simulador virtual, software de simulación, TIA Portal, Factory I/O, diagramas Grafcet, lenguaje Ladder.

### **Abstract**

The purpose of this study was to provide the student with a virtual tool that will allow him to carry out the validation and verification of programming codes in application experiments which he will face the future in working life.

The Factory I / O used for the research was distinguished by having a library of industrial components for the design of the scenes of each case study, which in turn were interwoven with the TIA Portal and controlled by the Siemens S7-1200 CPU1214 AC PLC. / DC / Rly which the virtual simulation of the case studies called "Tank with level sensor" and "Conveyor belt" is checked.

The purpose of this work is to suggest the use of virtual simulations which the theoretical knowledge acquired in the career can be consolidated, using the Ladder code and state diagram methodology.

The results obtained in this study using the software Factory I / O and Tia Portal V15 allowed us to visualize and analyze the 2 real production systems, resulting in the correct compilation of the programming codes as well as a successful bonding between both software allowing simulation of the proposed case studies.

Key words: PLC, automation, virtual simulator, simulation software, TIA Portal, Factory I / O, Graficet diagrams, Ladder language.

## Índice de Contenido

Declaración Juramentada	1
Resumen	2
Abstract	3
Lista de figuras	7
Introducción	10
Antecedentes	10
Justificación	12
Objetivo General	14
Objetivos Específicos	14
Estado del Arte	15
Conceptualización de automatización	15
Pre Automatización.	15
Automatización.	15
Ventajas y desventajas de la automatización industrial.	15
Procesos de aprendizaje en automatización de PLCs (técnicas y estrategias).	17
Comunicaciones autómata	18
PLCs (controlador lógico programable).	18
Comunicaciones autómatas.	18
PLC Siemens S7-1200.	19
Diagrama de Conexión	20
Entradas y salidas PLC Siemens S7-1200.	20
Estados operantes de la CPU.	22
Entorno de programación TIA Portal V15	23
Componentes del entorno y de la interfaz TIA Portal V15.	23
Simulación Gráfica	26
Ambientes virtuales de aprendizaje	28
Diagrama de procesos e instrumentación P&IDs	28
Líneas de instrumentación.	29
Los Tag Numbers.	30
Identificación de los instrumentos.	31
Simbología usada en el control digital y distribuido.	33
Diagrama de Grafcet	34
Método	<b>37</b>
Selección de los casos de estudio	38
Casos de Selección.	38

	6
Diagramas de Grafcet	42
Primer caso de Estudio.	42
Diagrama de Grafcet	44
Segundo Caso de Estudio.	44
Programación del código Ladder para cada caso de estudio	46
Primer Caso de Estudio.	46
Segundo Caso de estudio	49
Desarrollo de la simulación	53
Diseño de escenas en el Factory I/O para los casos de estudio seleccionados.	53
Simulación Factory I/O.	55
Resultados	59
Simulación Tanque Sensor de Nivel	59
Simulación de la Banda Transportadora	61
Discusión	63
Conclusiones	64
Recomendaciones	66
Referencias	67
Anexos	75
Lista de Tablas	
Tabla 1 <i>Comparativa de entrada- salidas digitales y analógicas de CPU utilizados con los siemens S7-1200.</i>	20
Tabla 2 <i>Comparativa Herramientas de Ambientes virtuales</i>	26
Tabla 3 <i>Simbología de los círculos de cada instrumento</i>	32

**Lista de figuras**

<i>Figura 1 Vista Frontal de Siemens S7-1200 (siemens s7-1200 manual español - Buscar con Google, n.d.)</i>	20
<i>Figura 2 Siemens S7-1200 (Paquetes SCE apropiados para esta Documentación didáctica Controladores SIMATIC con SIMATIC STEP 7 BASIC V15, 2018)</i>	20
<i>Figura 3 Signal Boards (Paquetes SCE apropiados para esta Documentación didáctica Controladores SIMATIC con SIMATIC STEP 7 BASIC V15, 2018)</i>	22
<i>Figura 4 Panel del operador CPU (Paquetes SCE apropiados para esta Documentación didáctica Controladores SIMATIC con SIMATIC STEP 7 BASIC V15, 2018)</i>	22
<i>Figura 5 Vista del Portal (S Id, 2015)</i>	23
<i>Figura 6 Vista de Proyecto</i>	25
<i>Figura 7 Nivel 0 Simulación Instalación Factory I/O</i>	27
<i>Figura 8 Nivel 1 Simulación Instalación Factory I/O</i>	27
<i>Figura 9 Diagrama P&amp;IDs</i>	29
<i>Figura 10 Líneas de instrumentación</i>	30
<i>Figura 11 Los tags numbers</i>	30
<i>Figura 12 Identificación de bucle</i>	31
<i>Figura 13 1ª letra: Variable medida o modificante</i>	32
<i>Figura 14 Identificación de los instrumentos</i>	33
<i>Figura 15 Accesible al operador</i>	34
<i>Figura 16 Interfase auxiliar</i>	34
<i>Figura 17 No accesible normalmente al operador</i>	34
<i>Figura 18 Esquematización de la Paletización</i>	39

<i>Figura 19 Diagrama de Grafcet 1</i>	40
<i>Figura 20 Diagrama de Grafcet 2</i>	41
<i>Figura 21 Estado1 Encendido de Motor de Bomba</i>	42
<i>Figura 22 Estado 2 Apagado de Motor de Bomba durante 2 minutos</i>	42
<i>Figura 23 Estado 3 Encendido de Alarma y Reseteo del ciclo</i>	43
<i>Figura 24 Estado 1 Salida de cajas vacías</i>	44
<i>Figura 25 Paso al Estado 2 Sensor a espera de caja vacía</i>	44
<i>Figura 26 Estado 2 Cambio De Banda Transportadora</i>	45
<i>Figura 27 Estado 3 Encendido de sensor de retracción de pistón</i>	45
<i>Figura 28 Estado 4 Encendido de banda transportadora y Contador de paletas</i>	46
<i>Figura 29 Paso al Estado 5 con la condición contador de paletas</i>	46
<i>Figura 30 Estado 5 encendido de pistón de salida</i>	47
<i>Figura 31 Paso al Estado 7 retracción del pistón de salida</i>	47
<i>Figura 32 Estado 7 reinicio del ciclo</i>	48
<i>Figura 33 Vista frontal del tanque con sensor de nivel</i>	49
<i>Figura 34 Vista Lateral Banda Transportadora</i>	49
<i>Figura 35 Drivers del Factory I/O</i>	50
<i>Figura 36 Variables TIA Portal</i>	50
<i>Figura 37 Variables Del Factory I/O</i>	51
<i>Figura 38 Conexión Factory I/O y PLCSIM</i>	51
<i>Figura 39 Etiquetas de la Escena Tanque con Sensor de Nivel</i>	52
<i>Figura 40 Etiquetas de la Escena Banda Transportadora</i>	52
<i>Figura 41 Secuencia de Tanque con Sensor de Nivel</i>	53

*Figura 42 Secuencia de la Banda Transportadora*

55

## **Introducción**

### **Antecedentes**

Actualmente, según varios análisis publicados en medios especializados, se ha podido conocer que hoy más que nunca, un sin número de empresas están enfocadas en la automatización de sus procesos, sean estos industriales o de distribución, mediante la utilización de PLCs. Este hecho hace que paralelamente se presente una fuerte demanda de ingenieros con fundamentos y conocimientos en los mencionados procesos de automatización.

Por otro lado, considerando la problemática actual del confinamiento social que ha devenido en la paralización de los sistemas y servicios educativos, sumado a la falta de un entorno virtual que permita el desarrollo de las competencias de los futuros profesionales, ha ocasionado que la formación enfocada a la programación y manejo de PLC's se vea sumamente afectada, con el correspondiente perjuicio en los conocimientos adquiridos por los estudiantes. Hasta el momento, la programación de PLC's, ha sido un proceso generalmente enseñado a los futuros egresados mediante la utilización de laboratorios físicos y tradicionales que no cuentan con las herramientas necesarias para un estudio eficiente de los procesos de automatización industriales que demanda la cadena productiva del país.

Entonces, según lo dicho anteriormente, se considera que hoy en día, la educación debe estar direccionada a la utilización de técnicas y estrategias de aprendizaje virtual que logren cubrir las necesidades mínimas de los estudiantes en las actuales circunstancias. Para ello, la tecnología, los procesos de producción y el aseguramiento de la calidad deben ser sin duda competencias obligatorias de este tipo de los futuros profesionales.

En este sentido, el estudio realizado por (Cáseres & Amaya, 2016) en su investigación titulada “*Desarrollo e interacción de un laboratorio virtual asistido y controlado por PLC*” demostró que puede existir una gran similitud entre un laboratorio virtual con el entorno real desde un punto de vista de funcionamiento y dinámica de los sistemas lo cual permite a los usuarios familiarizarse con los procesos de automatización antes de interactuar con sistemas físicos.

De esta manera, cada vez toma mayor fuerza la necesidad de la utilización de entornos de aprendizaje virtuales que facilitan la formación superior en las distintas ramas del conocimiento, sobre todo, en aquellas donde el uso de herramientas industriales demanda costosas adecuaciones y grandes inversiones por parte de las universidades y centros de educación superior.

### **Planteamiento del Problema**

Hasta hace poco, la educación universitaria en el país se desarrollaba en su mayoría de forma presencial. En el caso de las ingenierías, era común el uso de laboratorios físicos para el desarrollo de las asignaturas prácticas de los estudiantes, y la construcción e implementación de los prototipos necesarios para el aprendizaje práctico afectan directamente la economía de los estudiantes por sus altos costos.

En este sentido, el uso de laboratorios virtuales en fases preliminares al completo montaje de las líneas de producción resulta útil para ahorrar dinero y tiempo, pues se constituye una alternativa de mejoramiento a las condiciones de aprendizaje tradicional que limitan el desarrollo de competencias en el área industrial.

Por otro lado, según (Battro & Denham, 1997) lastimosamente, los docentes en su mayoría aún defienden los mismos sistemas de comunicación tradicionales y controlables,

siguen enseñando lo mismo sin percatarse de los cambios, por ello es necesario adoptar nuevas formas de comunicación que permitan a las nuevas generaciones desarrollar su conocimiento progresivamente haciendo uso de la conectividad y la interactividad. Esta, según los autores será la manera más apropiada de transitar en la nueva era digital, puesto que la enseñanza virtual es el presente y futuro de la educación, de ahí surge la imperiosa necesidad de mejorar los sistemas de educación superior, enfocándose en el manejo de entornos virtuales que permitan el mejoramiento de los procesos de adquisición de los conocimientos de los estudiantes.

Al analizar las diversas competencias que deben desarrollar los estudiantes en el área de automatización, se identificaron diversas falencias que deben ser corregidas para de esta manera evitar el estancamiento que se está produciendo en el desarrollo de las habilidades prácticas de los egresados lo cual a su vez, origina una situación de desventaja en los futuros profesionales al no poseer los conocimientos necesarios, debido a que no pudieron prepararse mediante estrategias de experimentación virtual que les permitan crear e innovar en el ámbito laboral.

### **Justificación**

Actualmente el ámbito laboral industrial demanda profesionales con conocimientos sólidos y gran capacidad en el manejo de áreas de producción. Además, los ingenieros deben tener la capacidad de tomar decisiones encaminadas a la mejora o repotenciación de sus empresas mediante los conocimientos adquiridos, lo cual, como se dijo anteriormente, en las circunstancias actuales de confinamiento sanitario se ha complicado en gran medida puesto que las universidades no estaban preparadas para enfrentar esta nueva realidad.

De esta manera, las universidades e instituciones de educación superior se ven en la imperiosa necesidad de utilizar nuevas estrategias de aprendizaje virtual para desarrollar las competencias necesarias en cada ámbito laboral. En este sentido, la utilización de sistemas de aprendizaje virtual, con su correspondiente implementación en el mundo real, demanda de diversas habilidades tales como la capacidad de autoaprendizaje mediante la investigación, con la intención de obtener un feedback de información que permita a los profesionales una eficiente toma de decisiones en circunstancias adversas.

Un entorno virtual permite la conceptualización e identificación de los diferentes tipos de PLCs, la programación de códigos y la comprobación de su funcionamiento dentro de un laboratorio virtual, eliminando las dificultades relacionadas con la reposición de materiales que podrían resultar averiados por una mala conexión. De ahí la importancia de su implementación en las carreras técnicas que requieren la utilización de laboratorios.

Además, la implementación de entornos virtuales permite a los estudiantes aplicar la teoría aprendida, mediante la experimentación con dispositivos muy similares a los reales. Esto gracias a que el laboratorio virtual incluye entornos que representan las diferentes cadenas productivas de las empresas que pueden ser transferidas al mundo real, siendo esto una ventaja para el usuario, puesto que puede utilizar recursos para su aprendizaje que físicamente no los podría obtener ya que demandan una alta inversión.

Frente a esta situación, cabe destacar que la Universidad Internacional SEK en la actualidad cuenta únicamente con un laboratorio físico de electrónica que permite solamente la comprobación de los códigos programados, mas no su funcionamiento en procesos reales donde deben tomarse en cuenta diversas variables que permiten operativizar la

automatización de la industria, de ahí la necesidad de implementar entornos de aprendizaje innovadores para poder controlar dichas variables.

En resumen, la implementación de simuladores virtuales de aprendizaje es de suma importancia puesto que permitirán lograr una mayor competitividad de los nuevos profesionales, respondiendo a las demandas del mercado laboral y contribuyendo al desarrollo económico del país.

### **Objetivo General**

- Diseñar 2 casos de estudio mediante el uso del software Factory I/O para la simulación y aprendizaje del proceso de automatización de forma virtual que permita al futuro egresado de la Universidad Internacional SEK, adquirir las competencias que demanda el campo industrial ecuatoriano.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar los conocimientos que debe adquirir un estudiante de Ingeniería para el desarrollo de la automatización en un proceso mediante PLCs
- Desarrollar la solución de los casos de estudio, mediante la metodología de programación por diagramas de estados y lenguaje Ladder para que el estudiante adquiera mejores conocimientos y mayor competitividad frente a otros profesionales.
- Seleccionar los componentes industriales necesarios mediante el software Factory I/O para el diseño de los escenarios en los casos de estudios de PLCs seleccionados.
- Crear las guías de laboratorio necesarias mediante técnicas pedagógicas adecuadas para el logro de un aprendizaje significativo en los estudiantes.

## **Estado del Arte**

### **Conceptualización de automatización**

#### **Pre Automatización.**

Se entiende por pre-automatización las estrategias que se despliegan para hacer que una máquina cumpla un trabajo o proceso industrial impuesto por el humano (Sánchez, n.d.). Según la investigación de Schonberger (1997), La automatización previa permite simplificar el trabajo de las máquinas y los procesos manuales en la industria reduciendo el tiempo para colocar artículos.

#### **Automatización.**

Actualmente se conoce como automatización al proceso que permite que las máquinas realicen un número predeterminado de operaciones de manera ordenada, que ayudan a controlar diferentes variables del proceso, de esta forma limitando la intervención humana(Sánchez, n.d.).

En este sentido, el sistema de las tareas de producción que se desarrollan generalmente se opera manualmente, se transfieren a un conjunto de elementos técnicos. Siendo así el objetivo principal de la automatización alcanzar la producción de productos de calidad a menor costo al requerir que las diferentes funciones de la fábrica trabajen juntas como entidades(Ferreira et al., n.d.).

#### ***Ventajas y desventajas de la automatización industrial.***

Una de las principales razones para usar la automatización es reducir los costos operativos. Además, el equipo automatizado no solo se vuelve más barato, sino que también se vuelve más eficiente, más rápido y más preciso. A medida que la automatización se vuelve

más rentable en sus tareas, y a medida que aumentan los costos laborales, más empleos se convertirán en candidatos para la automatización industrial(Rica Pérez López, 2015).

En general, la automatización industrial tiene como fin mejorar la competitividad a nivel industrial. Implica ciertas deficiencias. Al decidir si se debe facilitar el proceso de modernización, se deben sopesar estas deficiencias y sus ventajas(Rica Pérez López, 2015).

#### Ventajas

- Aumento de la productividad: aumenta el número de productos por unidad de tiempo.
- Reduzca los costos laborales: reduce los costos de producción, así como los relacionados con la mano de obra.
- Mejor calidad del producto.
- Reduzca el costo de reprocesamiento de productos rechazados por el departamento de control de calidad
- Reduzca los costos de consumo de energía: el sistema de automatización puede incluir un procedimiento para minimizar el consumo de energía.

#### Desventajas

- Resistencia al cambio: los operadores de planta e incluso los gerentes a menudo muestran algunos rechazos iniciales basados en los procesos nuevos de automatización. Esto puede incluso conducir a la pérdida completa del nuevo sistema de automatización y volver al antiguo sistema de automatización.
- Conocimiento insuficiente: se presenta la problemática de mantenerse al día con la innovación de la automatización moderna. Como resultado, los gerentes

responsables toman decisiones que mejoren su sistema industrial como son la compra de nuevos equipos o la modernización.

- Falta de personal capacitado o de aquellos que pueden recibir capacitación exitosa sobre estas nuevas tecnologías

### **Procesos de aprendizaje en automatización de PLCs (técnicas y estrategias).**

En el aprendizaje basado en problemas, los estudiantes tienen la intención de desarrollar sus conocimientos. De acuerdo con los problemas y situaciones de la vida real, haga preguntas y luego identifique los requerimientos del aprendizaje, información necesaria para decodificar preguntas que genere la adquisición de nuevos conceptos (Uxmal et al., 2017).

Aprendiendo a programar controladores lógicos El método más apropiado es a través de la experimentación. Sin embargo, los laboratorios y las pruebas son muy caros porque necesita equipos industriales reales. Además, si la capacitación es requerida para más personas, se necesitan más estaciones de trabajo, lo que aumentaría sus costos de adquisición en el proceso y en los controladores programables y las computadoras utilizadas para la comunicación(Salazar et al., 2016).

En algunos casos, se utilizan una metodología clásica como el nivel del agua, la temperatura o el control de la velocidad. Estos procesos suelen ser costosos y, para los procesos reales disponibles, el número de aprendices suele ser muy grande; a través de una arquitectura de bajo costo, puede hacer Cada alumno simula su propio proceso, accede a sus variables de estado y finalmente mide el rendimiento del sistema(Salazar et al., 2016).

La simulación virtual puede proporcionar datos de sensores virtuales al PLC y modificar el comportamiento de la fábrica virtual de acuerdo con el programa del PLC. El método consta de elementos reales y virtuales, que cooperan entre sí para lograr los objetivos educativos deseados. La interacción entre el equipo real y el proceso virtual proporciona un escenario realista que le permite comprender el problema en profundidad. De esta manera, los estudiantes pueden aprender las habilidades prácticas de programar controladores reales y comprender cómo controlar o automatizar procesos industriales reales (Torres et al., n.d.).

### **Comunicaciones autómatas**

#### **PLCs (controlador lógico programable).**

Es un dispositivo de control que en el pasado no fue adquirido por la pequeña y mediana industria por su elevado costo y su complicada programación, con el pasar del tiempo se dieron cuenta de las bondades y su utilidad, por ese motivo se fue capacitando a los estudiantes tanto en su programación como en su manejo encontrando el beneficio de la automatización en la producción siendo indispensable en la industria (Guzmán Y Valle et al., 2018).

Hoy, los PLC han pasado por un desarrollo notable en el que algunos de ellos permiten el control continuo de procesos o visualizaciones para controlar el estado del sistema.

También debe considerarse que es un dispositivo modular, por lo que sus características se pueden ampliar a través de módulos de entrada / salida o comunicación.

#### **Comunicaciones autómatas.**

Un autómata programable se caracteriza por el hecho de que es un dispositivo electrónico programable. diseñado para controlar procesos secuenciales basados en la

información recibida de las entradas que hacen posible actuar sobre las salidas, dependiendo de cómo fue programado, Además, es un componente robusto que puede soportar condiciones difíciles(López, 2017).

### **PLC Siemens S7-1200.**

El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 tiene las siguientes funciones y flexibilidad: Controlar varios dispositivos utilizados para diferentes tareas de automatización. Con su diseño compacto, configuración flexible y amplio conjunto de instrucciones, S7- 1200 es ideal para controlar varias aplicaciones(*Automatización Siemens S7 1200 - TIA Portal - Consultoría & Formación Técnica - Valencia, n.d.*).

La CPU contiene un microprocesador, con fuente de alimentación integrada además de los circuitos de entrada y salida que están totalmente compactas, formando así un potente PLC. Después de que el programa se carga en la CPU, contiene la lógica requerida para vigilar y monitorear los dispositivos de la aplicación. La CPU monitorea la entrada y cambia la fase de la salida de acuerdo a la lógica del programa de usuario, en las que incluye la lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, y vinculación con otros dispositivos inteligentes(*Automatización Siemens S7 1200 - TIA Portal - Consultoría & Formación Técnica - Valencia, n.d.*).

La CPU contiene un puerto PROFINET para la comunicación en la red PROFINET. Tener Se pueden utilizar módulos adicionales para redes PROFIBUS, GPRS, RS485, RS232, IEC, DNP3 y WDC (*Automatización Siemens S7 1200 - TIA Portal - Consultoría & Formación Técnica - Valencia, n.d.*).

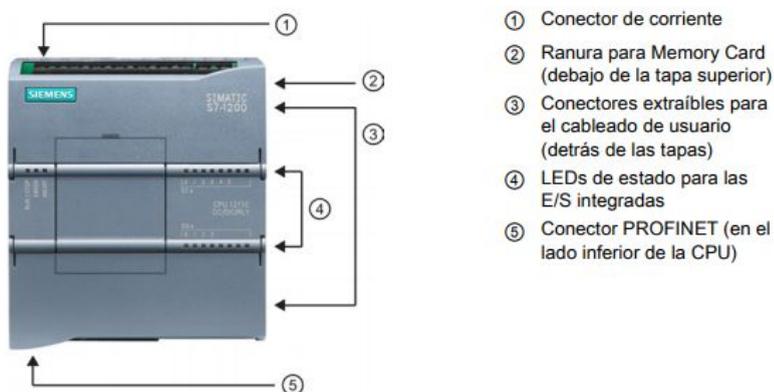


Figura 1 Vista Frontal de Siemens S7-1200 (siemens s7-1200 manual español - Buscar con Google, n.d.)

**Diagrama de Conexión**

**Entradas y salidas PLC Siemens S7-1200.**

Siemens S7-1200 posee un sistema de automatización modular que nos permite tener módulos centrales CPU con diferentes tipos de potencia, entradas y salidas incorporadas e interfaz PROFINET(Paquetes SCE apropiados para esta Documentación didáctica Controladores SIMATIC con SIMATIC STEP 7 BASIC V15, 2018).



Figura 2 Siemens S7-1200 (Paquetes SCE apropiados para esta Documentación didáctica Controladores SIMATIC con SIMATIC STEP 7 BASIC V15, 2018)

Tabla 1

*Comparativa de entrada- salidas digitales y analógicas de CPU utilizados con los siemens S7-1200.*

<b>Función</b>	<b>CPU 1211C</b>	<b>CPU 1212C</b>	<b>CPU 1214C</b>
<b>Dimensiones</b>	90*100*75	90*100*75	110*100*75
<b>Memoria de usuario</b>	50 KB	75 KB	100 KB
<b>Entradas-Salidas Digitales</b>	6 entradas -4 salidas	8 entradas-6 salidas	14 entradas – 10 salidas
<b>Entradas-Salidas Analógico</b>	2 entradas	2 entradas	2 entradas – 2 salidas
<b>Tamaño de la memoria imagen de proceso Entrada-Salida (I-Q)</b>	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes

En la tabla 1 se evidencia las comparativas de entrada- salidas digitales y analógicas existentes en los diferentes CPU utilizados con los siemens S7-1200.

La fuente de energía PM con su respectiva entrada de 120 – 230 voltios AC, 50 Hz-60 Hz, 1,2 amperios – 0.7 amperios y con salidas de 24 voltios DC – 2.5 amperios.

En el tablero de señal (Signal boards) nos permite agregar entradas-salidas analógicas o digitales sin cambiar las dimensiones de la CPU.



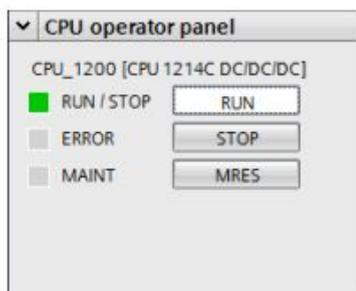
*Figura 3* Signal Boards (Paquetes SCE apropiados para esta Documentación didáctica Controladores SIMATIC con SIMATIC STEP 7 BASIC V15, 2018)

Los módulos de señal (SM) para las entradas-salidas analógicas y digitales con las CPU 1212C se usan con un máximo de 2 módulos de señal y para las 1215C con un máximo de 8 módulos de señal (*Paquetes SCE apropiados para esta Documentación didáctica Controladores SIMATIC con SIMATIC STEP 7 BASIC V 15, 2018*).

#### **Estados operantes de la CPU.**

La CPU tiene 3 leds en el panel del operador:

1. El **STOP** permite saber que no ejecuta el programa, pero si se puede cargar una línea de programación.
2. El **STARTUP** en la CPU nos permite efectuar un arranque.
3. El **RUN** indica que el programa se ejecuta cíclicamente.



*Figura 4* Panel del operador CPU (Paquetes SCE apropiados para esta Documentación didáctica Controladores SIMATIC con SIMATIC STEP 7 BASIC V15, 2018)

### **Entorno de programación TIA Portal V15**

El software TIA Portal V15 ofrece una alternativa sencilla para la elaboración de los códigos de control de los PLC's, conjuntamente el poder hacer conexiones de redes entre múltiples dispositivos o equipos como HMI o módulos de control de motores(Romero et al., n.d.). Este software posee un laboratorio llamado SIMATIC STEP 7 Basic, el mismo que cuenta con funciones de control para los PLC S7-1200 y la gama HMI Basic Panels(Romero et al., n.d.). El TIA Portal brinda la posibilidad de usar 3 tipos de lenguaje de programación:

1. KOP (LD o LAD): conocido como “diagrama de contactos o lógica de escalera”(Romero et al., n.d.).
2. FBS (FUP o FBD): conocido como “diagrama de funciones, programación por bloques”(Romero et al., n.d.).
3. SLC: “Lenguaje estructurado, programación basada en texto”(Romero et al., n.d.).

### **Componentes del entorno y de la interfaz TIA Portal V15.**

El software facilita un entorno de cómodo manejo para programar la lógica del controlador, nos permite visualizar HMI y definir la comunicación por red. Para aumentar la producción, el software ofrece 2 vistas diferentes como se puede observar en la figura 5 y la figura 6(S Id, 2015).



Figura 5 Vista del Portal (S Id, 2015)

Como se muestra en la figura 5 la vista de portal muestra diferentes componentes llamados portales que nos ubican a tareas específicas y según las herramientas que contiene.

Los componentes que muestra la vista de portal son los siguientes (S Id, 2015):

1. “Área de portales”: En este componente se indica los diferentes tipos de tareas que posee el software(Romero et al., n.d.).
2. “Tareas de portal”: Este componente indica las tareas específicas a las que se puede acceder en el portal seleccionado(Romero et al., n.d.).
3. “Panel de selección”: Este componente nos permite visualizar la tarea seleccionada(Romero et al., n.d.).
4. “Cambio de vista”: Este componente accede a la vista de proyecto(Romero et al., n.d.).

En la vista de proyecto como se observa en la figura 6 está encaminada a los componentes de programación del proyecto actual, la creación de programas y comunicación de equipos.

Los componentes que se muestra en la figura 6 de la vista de proyecto son los siguientes:

1. “Menús y barra de herramientas”: Se exponen los menús de edición y materiales del proyecto(Romero et al., n.d.).
2. “Árbol del proyecto”: En este componente se muestran los dispositivos con los que se están trabajando, así como los códigos de programación creados(Romero et al., n.d.).
3. “Área de trabajo”: En este espacio se muestra el código de programación creados por el usuario(Romero et al., n.d.).
4. “Task cards”: Aquí se muestran las instrucciones del programa(Romero et al., n.d.).
5. “Ventana de inspección”: Muestra información acerca del código seleccionado en el sitio de trabajo(Romero et al., n.d.).
6. “Cambio de vista”: Este componente accede al entorno de vista de portal(Romero et al., n.d.).
7. “Barra de editor”: Muestra todas las ventanas de programación que están abiertos(Romero et al., n.d.).

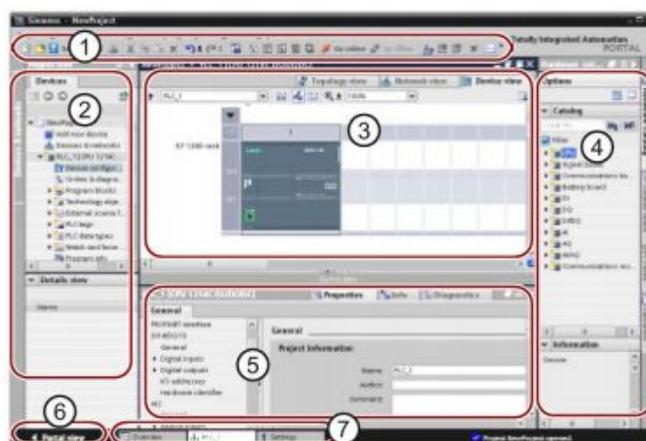


Figura 6 Vista de Proyecto (S Id, 2015)

## Simulación Gráfica

Para realizar el modelo virtual, se ha utilizado software Factory I/O esto nos permite simular la instalación. Industrial. Este es un software muy completo, porque tiene una excelente interfaz gráfica además de la conexión con autómatas reales de varias marcas y permite la simulación de software de autómatas(García Fernández et al., 2017).

Las principales características de este software son:

- Innovación 3D para el aprendizaje de PLC: ha creado 20 escenas industriales, y los usuarios deben diseñar un programa de autómatas para que funcione.
- Librería con más de 80 componentes industriales: Se incluyen sensores, transportadores, ascensores, estaciones y muchos otros, la mayoría de ellos orientados al transporte de piezas y logística.
- Posibilidad de crear nuestros propios escenarios: Todos los componentes se pueden ubicar en cualquier situación además de que la posición y el giro es definido por el usuario.
- Todos los componentes se pueden configurar con señales analógicas o digitales. • FACTORY I/O utiliza drivers para interaccionar con PLC, SoftPLC, Modbus y muchas otras tecnologías: Cada edición incluye un paquete de drivers para una tecnología específica
- Diagnóstico de averías: Desarrolla estrategias para el diagnóstico de averías provocando fácilmente fallos del tipo Contacto Abierto o Cortocircuitado en sensores y actuadores.

- Fácil integración: Integre fácilmente FACTORY I/O con el equipo de aprendizaje disponible. Enchufe y ponga en funcionamiento con Siemens y Allen-Bradley PLC.

La instalación simulada que utilizamos este software Factory I/O es muy similar a la instalación real, tiene dos niveles de comunicación a través del elevador. Este primer nivel de simulación es el siguiente:

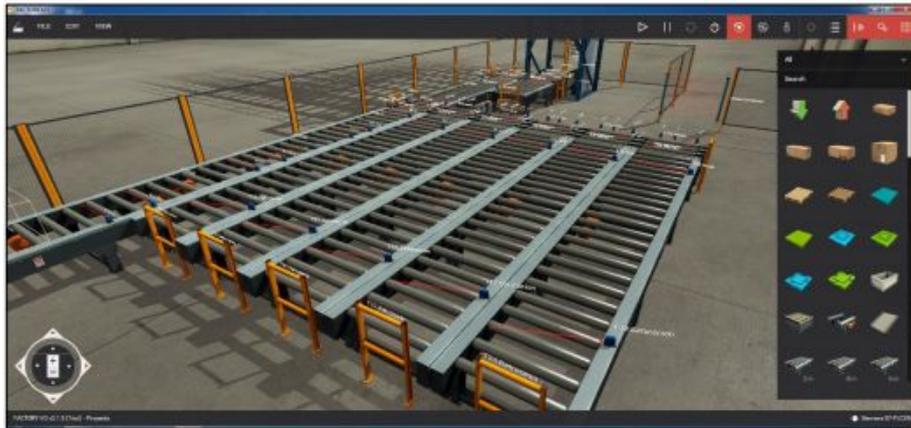


Figura 7 Nivel 0 Simulación Instalación Factory I/O

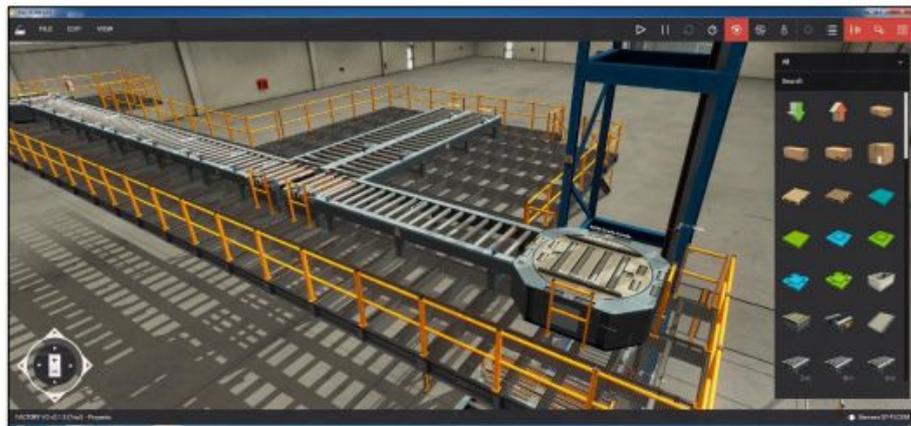
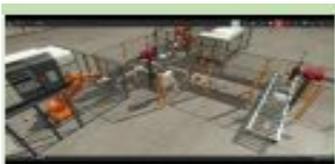


Figura 8 Nivel 1 Simulación Instalación Factory I/O

### Ambientes virtuales de aprendizaje

En la investigación otro ambiente virtual de aprendizaje que puede usarse para modelar instalaciones industriales puede ser FlexSim o Promover. Una breve comparación entre estos La siguiente tabla resume los programas de software(García Fernández et al., 2019).

Tabla 2  
*Comparativa Herramientas de Ambientes virtuales*

ASPECTO A COMPARAR	FACTORY I/O	FLEXSIM	PROMODEL
<b>Variedad de librerías</b>	Más de 80 componentes industriales	Cientos de componentes	Cientos de componentes
<b>Orientado a qué tipo de Industria</b>	Orientado a la educación	Fabricación, minería, logística, petrolera, etc.	Aeroespacial, defensa, salud, farmacéutica, servicios, etc.
<b>Método de simulación</b>	Conexión con PLC real o simulado	Tags Internos con funciones	Modelo gráfico interno
<b>Complejidad de Uso</b>	Baja	Alta	Alta
<b>Precio de Licencia</b>	253\$/ año 1 mes gratis	Gratis para estudiantes	35\$ para estudiantes
<b>Comparativa Gráfica</b>			

### Diagrama de procesos e instrumentación P&IDs

P & ID se define en inglés como Diagrama de tubería e instrumentación (DTI), también conocido como Diagrama de tubería e instrumentación / Dibujo de ingeniería (P & ID), que es un diagrama que representa el flujo del proceso en tuberías y equipos. Estos diagramas consisten en una serie de símbolos que nos permiten identificar todos los componentes que componen el proceso, como tuberías, número y tamaño de tuberías, válvulas, controles,

alarmas, equipos, niveles de líquidos, salidas de aguas residuales, salidas de aguas residuales, bombas, etc.

Las herramientas de símbolos estándar utilizadas en estas figuras generalmente se basan en ISA S5.1. Sistema de instrumentación y automatización social. El estándar de símbolo se utiliza en industrias químicas y petroquímicas, metalurgia, industria de aire acondicionado, generadores y muchos otros procesos industriales(¿Qué es un P&ID?, n.d.).

Además de estos símbolos, se utilizan diferentes tipos de líneas y círculos para indicar cómo los diferentes elementos del proceso y las funciones de cada instrumento están conectados entre sí.

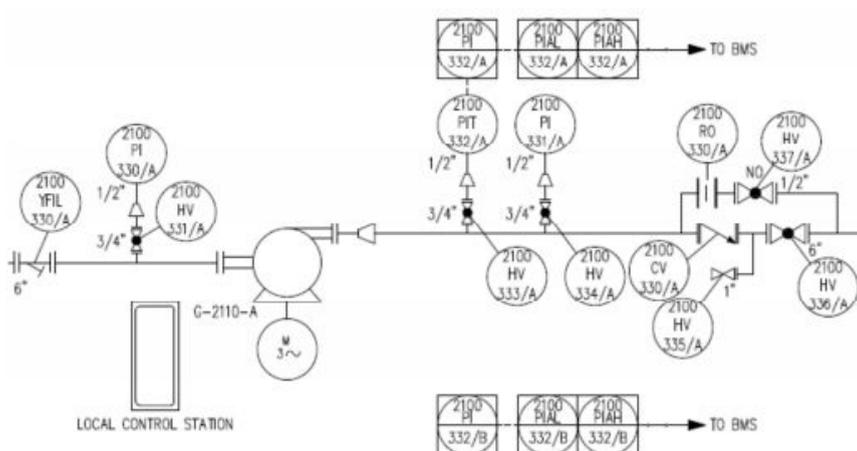


Figura 9 Diagrama P & IDs (2017, marzo 1). ¿Qué es un P & ID? | Pirobloc.

**Líneas de instrumentación.**

1. Conexión de proceso, conexión mecánica o suministro de instrumentos.
2. Señal neumática
3. Señal eléctrica
4. Señal eléctrica (alternativo)
5. Tubo capilar
6. Señal sonora o electromagnética guiada (incluye calor, radio, nuclear, luz)

7. Señal sonora o electromagnética no guiada
8. Conexión de software o datos
9. Conexión mecánica Señal hidráulica

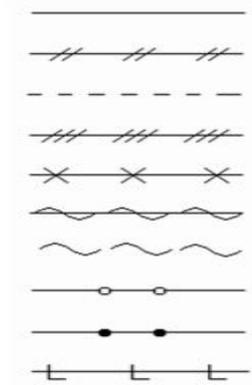


Figura 10 Líneas de instrumentación (2017, marzo 1). ¿Qué es un P & ID? | Pirobloc.

**Los Tag Numbers.**

Los “Tag numbers “o normalmente llamado etiquetas son los números y letras que se encuentran en el círculo que se muestra al lado del instrumento se utiliza para identificar el tipo y la función. dispositivo. Estos círculos forman un bucle o bucle de control Instrumentos, equipos o dispositivos interconectados con líneas. El medidor que se muestra en la tabla de arriba(¿Qué es un P&ID?, n.d.).

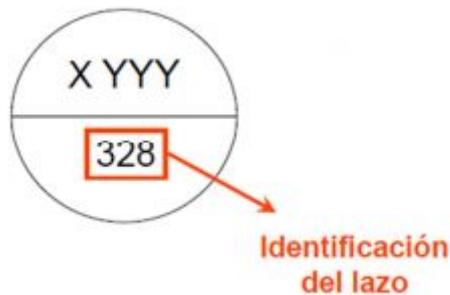


Figura 11 Los tags numbers (2017, marzo 1). ¿Qué es un P & ID? | Pirobloc.

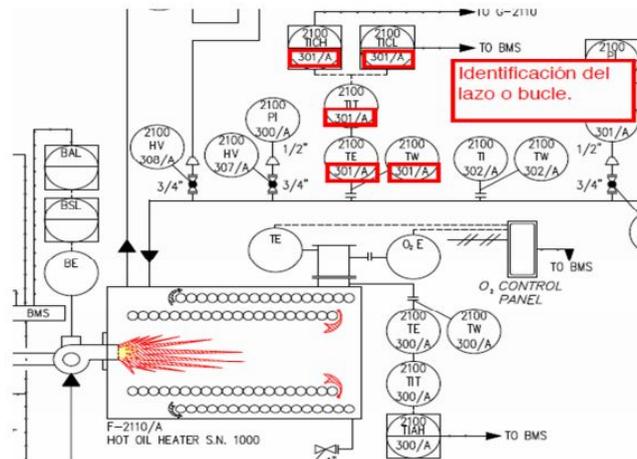


Figura 12 Identificación de bucle (2017, marzo 1). ¿Qué es un P & ID? | Pirobloc.

### Identificación de los instrumentos.

1ª letra: Variable medida o modificante

- A: Análisis
- E: Voltaje
- F: Caudal
- I: Corriente
- J: Potencia
- L: Nivel
- P: Presión
- S: Velocidad, Frecuencia
- T: Temperatura
- V: Vibración

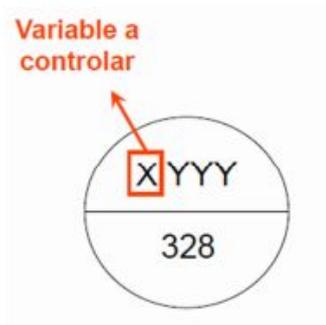


Figura 13 1ª letra: Variable medida o modificante (2017, marzo 1). ¿Qué es un P & ID? | Pirobloc.

2ª y 3ª letras: Función de salida, de presentación de datos o modificante.

- A: Alarma
- C: Controlador
- E: Sensor primario
- H: Alto
- I: Indicador
- L: Bajo
- P: Presión
- R: Registrador
- S: Interruptor
- T: Transmisor
- V: Válvula
- Z: Actuador

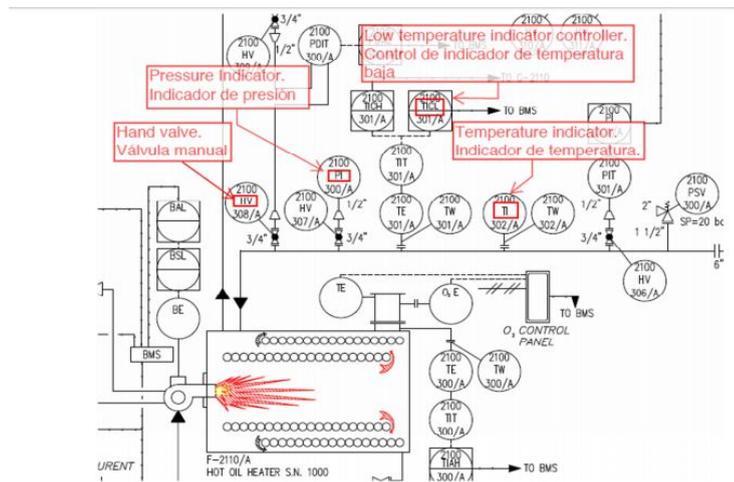


Figura 14 Identificación de los instrumentos (2017, marzo 1). ¿Qué es un P & ID? | Pirobloc.

De acuerdo con la representación circular de cada instrumento, estos nos dan uno u

otro mensaje:

Tabla 3

Simbología de los círculos de cada instrumento

<b>Montado localmente</b>	
<b>Detrás de la consola (no accesible)</b>	
<b>En tablero</b>	
<b>En tablero auxiliar</b>	
<b>Instrumentos para los variables medidas o instrumentos de una variable más de una función</b>	

**Simbología usada en el control digital y distribuido.**

Accesible al operador

- Visualización compartida
- Visualización y control compartidos

- Acceso a la red de comunicaciones
- Interfase del operador en la red de comunicaciones

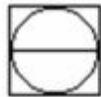


Figura 15 Accesible al operador (2017, marzo 1). ¿Qué es un P & ID? | Pirobloc.

#### Interfase auxiliar

- Montado en panel
- Estación manual

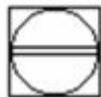


Figura 16 Interfase auxiliar (2017, marzo 1). ¿Qué es un P & ID? | Pirobloc.

#### No accesible normalmente al operador

- Controlador
- Visualización compartida instalada en campo
- Cálculo, acondicionamiento de señal en controlador compartido

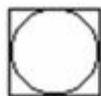


Figura 17 No accesible normalmente al operador (2017, marzo 1). ¿Qué es un P & ID? | Pirobloc.

### Diagrama de Grafcet

El Grafcet es un diagrama funcional que describe los procesos a automatizar, teniendo en cuenta las acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones (Jose-Gea,2006).

El Grafcet se compone de un conjunto de:

- Etapas o Estados a las que van asociadas acciones.
- Transiciones a las que van asociadas receptividades.
- Uniones Orientadas que unen las etapas a las transiciones y las transiciones a las etapas.

Pasos para generar un grafcet

- Identificar todas las etapas (estados) del sistema.
- Generar el Grafo de transición de estados (si lo cree conveniente)
- Definir todas las salidas (Outputs) que actuarán sobre el sistema.
- Definir las transiciones entre cada uno de los estados
- Definir las acciones de cada etapa

El grafcet debe hacer seguir el camino de por donde tiene que ir el diagrama saltando de etapa a etapa cuando se cumpla la transición (o transiciones), y todo ello eléctricamente.

### **Etapas.**

Las etapas se representan mediante un cuadrado con un número en el interior o con un cuadrado con una E y un número como subíndice en el interior. En ambos casos el número representa el orden de dicha etapa en la ejecución del proceso a automatizar.

### **Transición.**

El grafcet como ya hemos mencionado en otro apartado de esta web, está constituido por distintas etapas y éstas se ejecutan una detrás de la otra siempre y cuando se cumplan la condiciones de transición que hay entre las dos etapas.

**Las acciones.**

Las acciones asociadas a cada etapa, se representan mediante un rectángulo donde especificamos el tipo de acción o función a realizar.

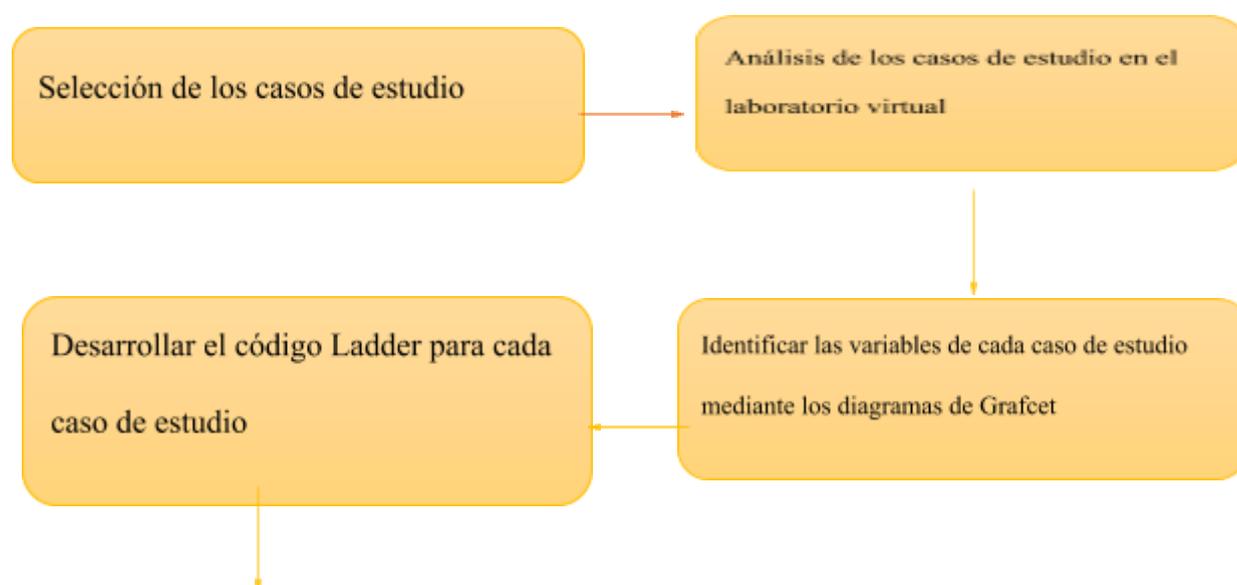
## Método

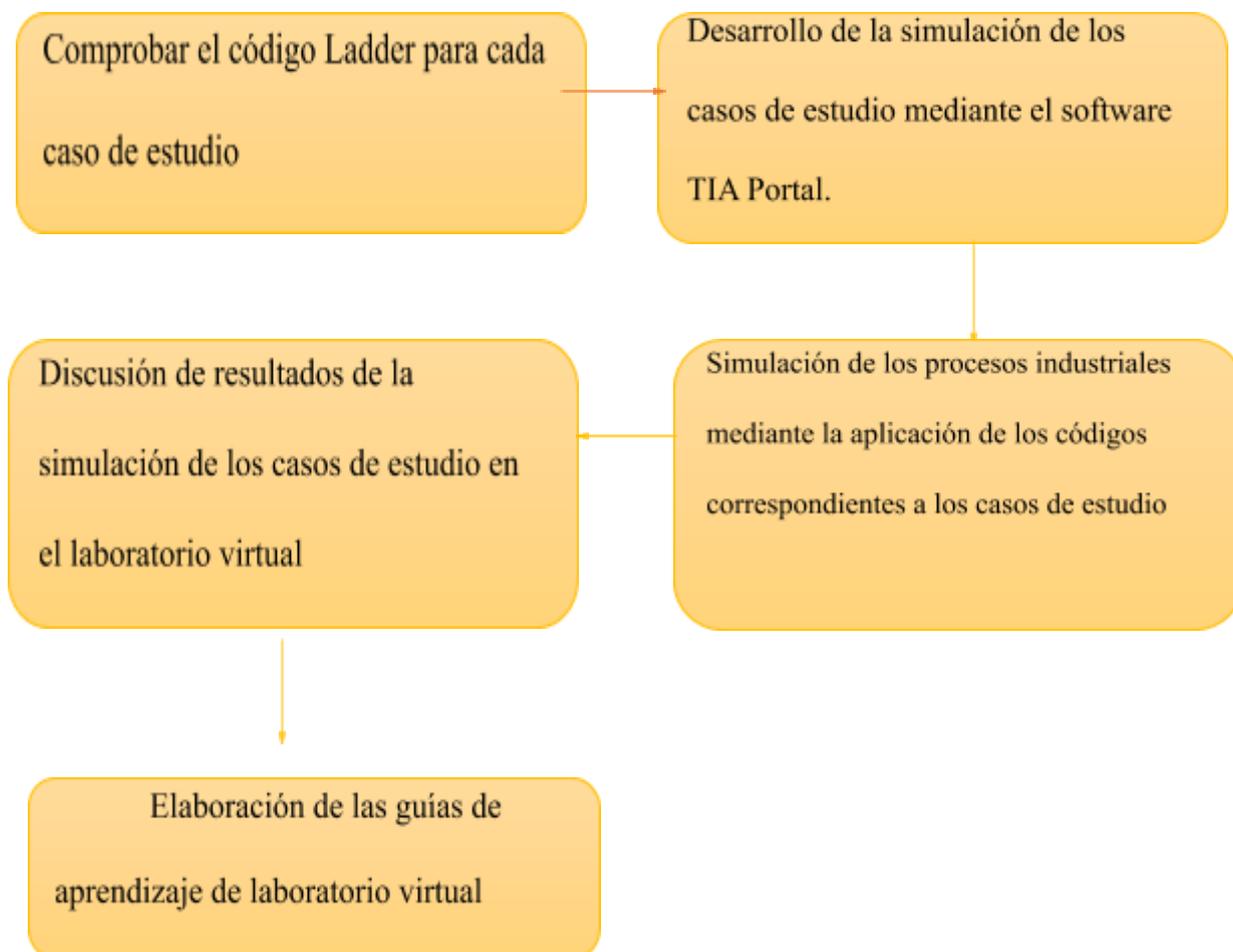
El presente trabajo se basa en el desarrollo de casos de estudio bajo una modalidad explicativa, la cual según (Morales, 2012) se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, estos estudios explicativos pueden ocuparse de la determinación de las causas y de los efectos mediante la experimentación en los laboratorios virtuales.

Estos casos pretenden el control de varios procesos de automatización industrial, por ejemplo: una banda transportadora de paletas y sensores de nivel para tanques de fluidos.

En el caso de la banda transportadora de paletas, su principal función será la movilización de paletas a un contenedor dentro de una industria paletera. Por su parte, en el caso del tanque de sensores la principal función es determinar el suministro de líquidos tanto de entrada como de salida dentro de un área que requiera una provisión de líquidos.

En ambos casos, el desarrollo del laboratorio virtual propuesto está conformado por la definición de los procesos de estados para posteriormente desarrollar el código Ladder en el software TIA Portal y establecer la vinculación mediante el siguiente proceso:





### Selección de los casos de estudio

#### Casos de Selección.

Como primer caso de estudio se analizará un tanque con sensor de nivel que es suministrado por una bomba, T100\_Bomba la cual tiene un solo sensor de nivel llamado T100\_Nivel. Durante el funcionamiento, la bomba está controlada directamente por el sensor de nivel, cuando el interruptor de funcionamiento está encendido y el sensor de nivel está apagado, la bomba está encendida.

El funcionamiento del motor de la bomba está sujeto a las siguientes condiciones:

- Cuando el interruptor de funcionamiento está encendido y el sensor de nivel está apagado durante 1 minuto se enciende el motor de la bomba.

- Cuando el sensor de nivel está encendido durante 2 minutos, o el interruptor de funcionamiento está apagado, apague el motor de la bomba.

Además, como ayuda para el personal de mantenimiento, en este modelo de motor en una situación real el número de ciclos de bombeo se cuenta y la alarma llamada P\_Alarm se activa al comienzo del ciclo 1001. Un ciclo se define como la bomba encendida y la bomba apagada.. Para efectos de aprendizaje en la simulación se han tomado únicamente dos ciclos para el mantenimiento para evitar el desgaste del motor debido a un ciclo excesivo.

Una vez realizado el mantenimiento se proporciona un interruptor de reinicio, P\_Reset, para reiniciar. Tomando en cuenta que el contador no debe reiniciarse a menos que P\_Alarm ya esté encendido.

Por otro lado, el segundo caso de estudio es el control de la estación de paletización. utilizando el enfoque de tabla de funciones, donde se implemente el programa para la siguiente estación de paletización. La figura 18 la cual muestra el diseño general de una estación que paletiza bolsas. Un tercer transportador recibe las paletas cargadas. En resumen, se mueve una paleta vacía, se apilan 5 bolsas en la paleta y se saca la paleta completa. La operación se describe de la siguiente manera:

- Para iniciar el proceso en la estación de arranque se requiere que ningún pallet esté en la estación en el arranque inicial.
- Una vez activada la banda transportadora con la caja vacía, el control del transportador de paletas, pallet conv se encenderá para colocar una nueva paleta en su posición (detectada por el sensor Pallet\_prox).
- Luego, el control del cilindro de Pallet\_Ram se energiza para extender el ariete que se empuja hasta que el interruptor de límite Pallet\_Els se encienda, lo que

indica que el pallet está en la estación, el ariete se retrae apagando el control del cilindro Pallet\_Ram. El interruptor de límite Pallet\_RLS se enciende cuando se retrae el Pallet Ram.

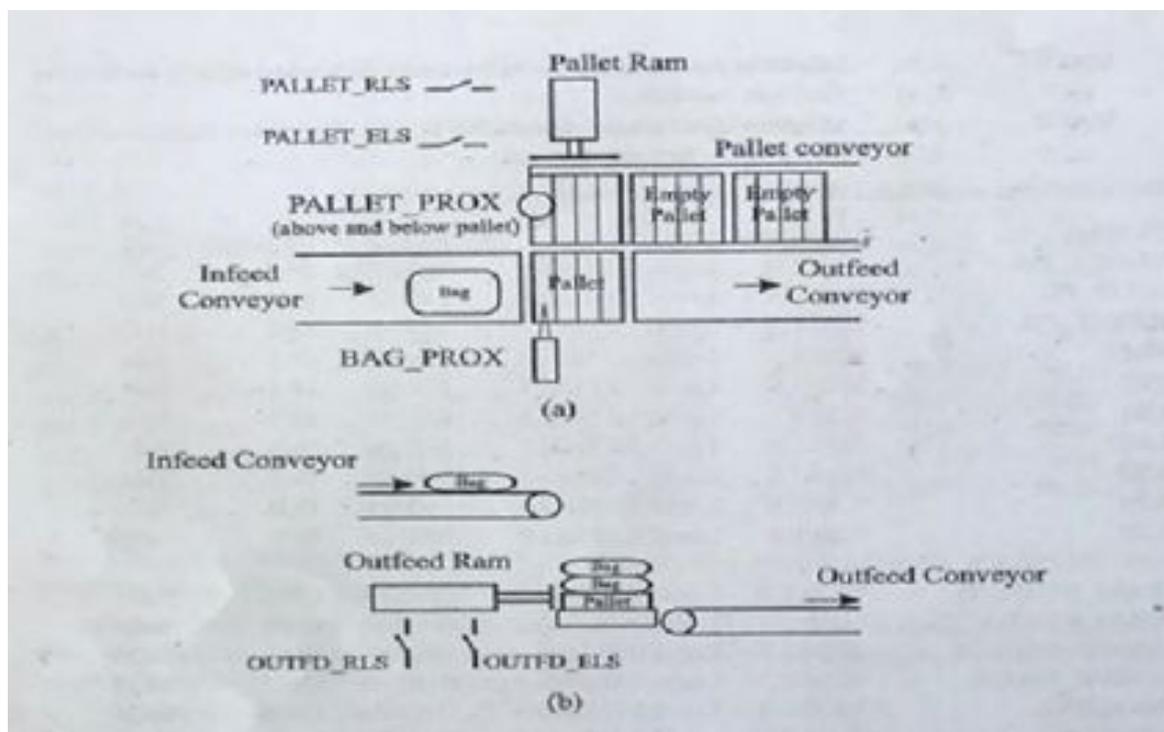


Figura 18 Esquemización de la Paletización .

- Una vez que el ariete de la plataforma se retrae completamente, el transportador de alimentación se enciende y la operación apila 5 bolsas en la plataforma. Donde el paso de una bolsa es detectado por el sensor de proximidad Bag\_Prox para después de que hayan pasado 5 bolsas, el control del motor del transportador de alimentación Infeed\_conveyor se apaga y el control OutFD\_Ram está energéticamente extendido hasta que empuje la paleta completa hacia el transportador de salida.

- El ariete se extiende hasta que el interruptor de límite de salida exterior se encienda, lo que indica que la plataforma está en el transportador de salida.
- Finalmente, el ariete se retrae apagando el control outfd\_ram. El interruptor de límite Outfd-Rls se enciende cuando el pistón está completamente retraído.

## Diagramas de Grafcet

### Primer caso de Estudio.

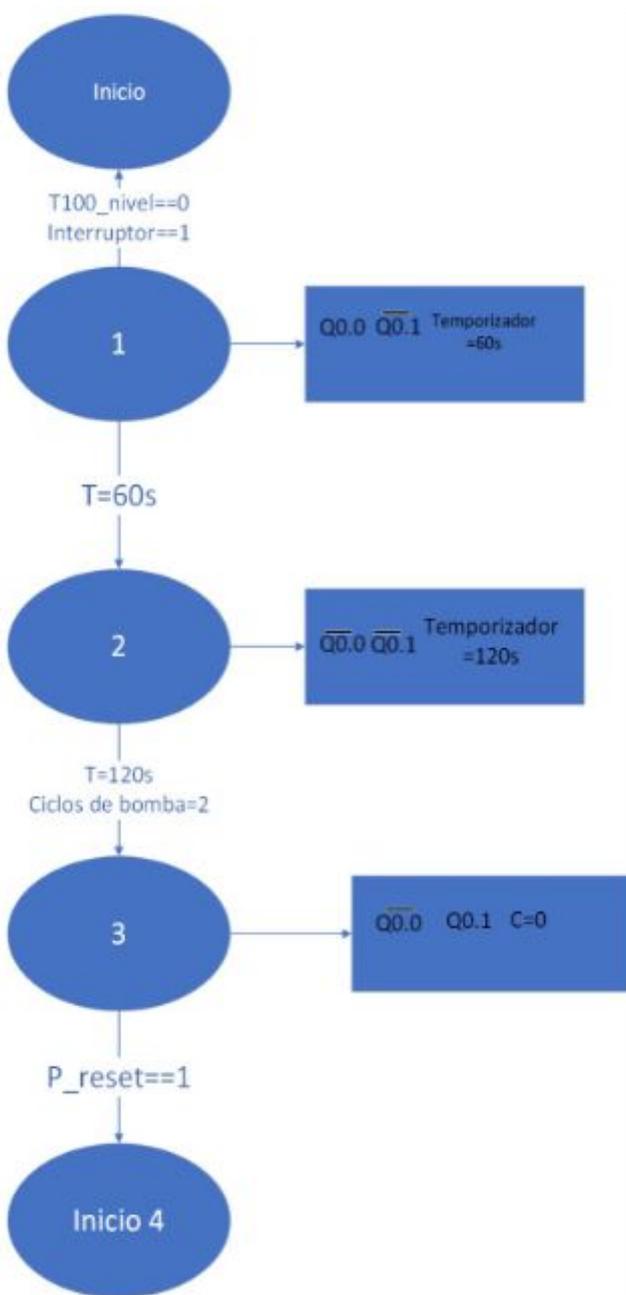


Figura 19 Diagrama de Grafcet 1.

En este diagrama de grafcet los interruptores que se encuentran encendidos son los que están con la numeración 1 y apagados que son igual a 0 que nos dan paso al estado 1 en

lo que enciende a los actuadores del estado uno al motor de la bomba que está representado por una Q0.0 y la Q0.1 que en la parte superior tiene una línea significa que está apagado durante este proceso además tenemos un temporizador que posteriormente será el que nos habilita para proseguir con el estado 2 del proceso en el cual se apaga todo y solo se enciende el temporizador 2 y un contador de ciclos de la máquina los mismos que nos permitan pasar al estado 3 en el cual se encenderá una alarma y se reseteara el contador de ciclos de la máquina para posteriormente un pulsador resetear todo el proceso.

**Diagrama de Grafcet**

**Segundo Caso de Estudio.**

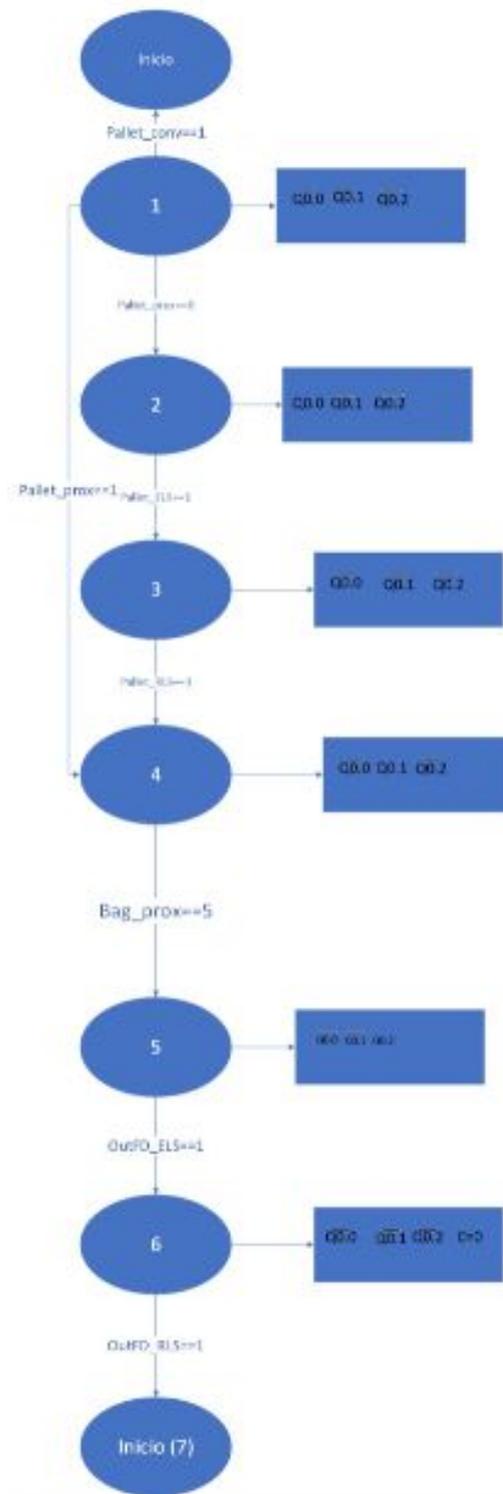


Figura 20 Diagrama de Grafcet 2

Como se puede observar en la figura 20 el pulsador Pallet-Conv está encendido para pasar al estado 1 en el cual todos los actuadores se encuentran apagados dando paso al sensor Pallet-Prox se encuentra apagado dando paso al estado 2 donde se enciende el sensor Pallet-Ram mientras permanecen apagados los demás actuadores el sensor ELS se enciende para dar paso al estado 3 y mantener apagado todos los actuadores una vez que se enciende el sensor RLS se contrae el pistón y nos da paso al estado 4 donde se enciende el infeed conveyor dando paso al ingreso de las paletas donde el contador una vez que llegue a 5 nos da paso al estado 5 donde energiza el Pallet-Ram mientras permanece apagado lo demás cuando se enciende el sensor Out-ELS nos da paso al estado 6 donde todo se apaga y se resetea el contador para encender el sensor Out-RLS y resetear todo el proceso.

**Programación del código Ladder para cada caso de estudio**

**Primer Caso de Estudio.**

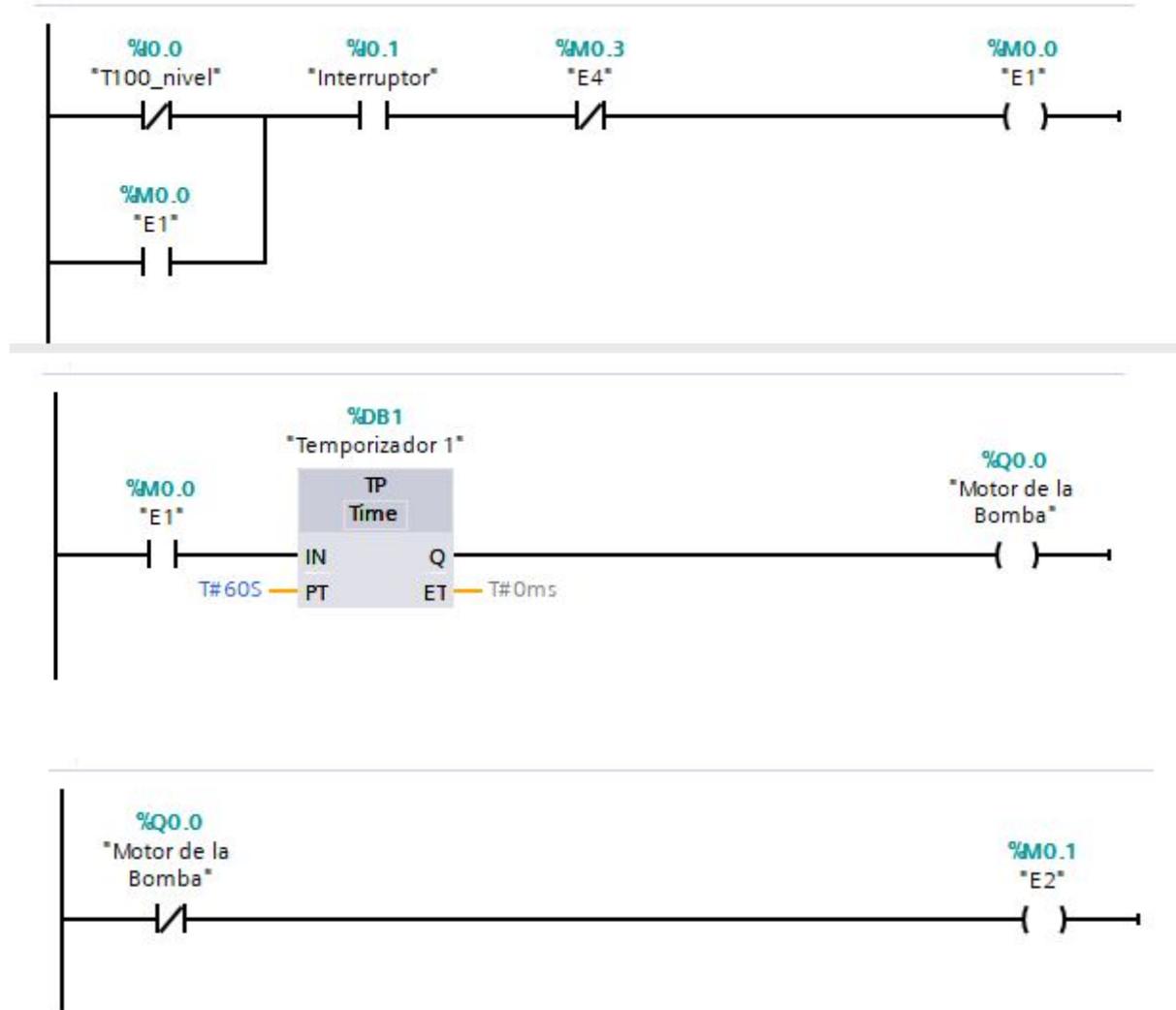


Figura 21 Estado1 Encendido de Motor de Bomba

En la figura 21 se puede observar que el sensor T100\_nivel está apagado mientras, que el interruptor esté encendido se podrá proseguir al estado 1 con su respectivo enclavamiento

Además se puede observar que en el estado 1 se enciende el temporizador durante 1 minuto junto con el motor de la bomba al cumplirse este tiempo se apaga el motor de la bomba que nos permite pasar al estado 2.

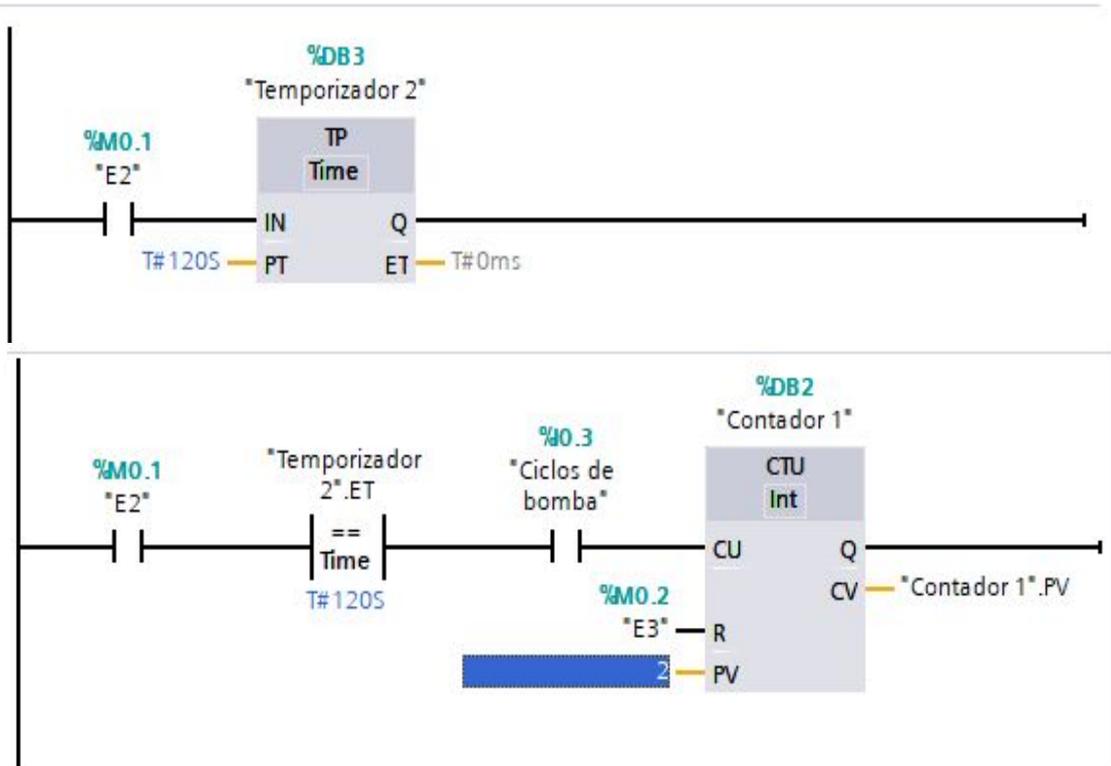


Figura 22 Estado 2 Apagado de Motor de Bomba durante 2 minutos

Como se puede observar en la figura 22 en el estado 2 se activa el temporizador durante un tiempo de 2 minutos. Cuando se cumpla el tiempo designado se activa un contador de ciclos de bomba que será reseteado en el estado 3.

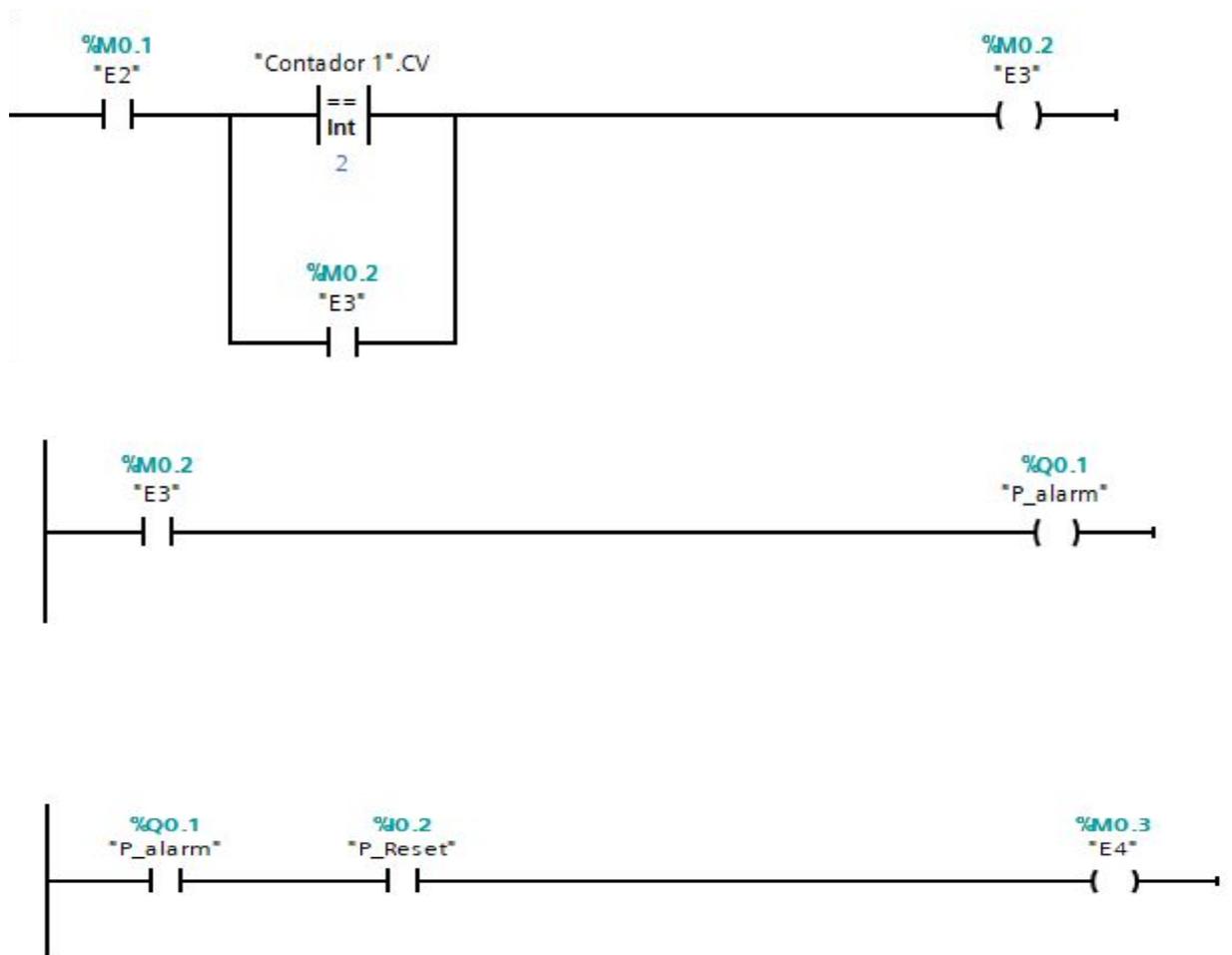


Figura 23 Estado 3 Encendido de Alarma y Reseteo del ciclo

Como se puede observar en la figura 23 en el estado 3 se enciende la alarma una vez encendida, los técnicos realizan los mantenimientos preventivos al motor de la bomba y una vez finalizados los mantenimientos se resetea el ciclo en el estado 4 y se inicia un nuevo ciclo.

## Segundo Caso de estudio



Figura 24 Estado 1 Salida de cajas vacías

Como se puede observar en la figura 24 para dar inicio al código de programación y dar paso al primer estado llamado M0.0 una memoria del PLC siemens, se debe encender la primera entrada llamada Pallet\_conv y anclar a esta entrada la memoria del estado 1 para proceder con las acciones del código 1.

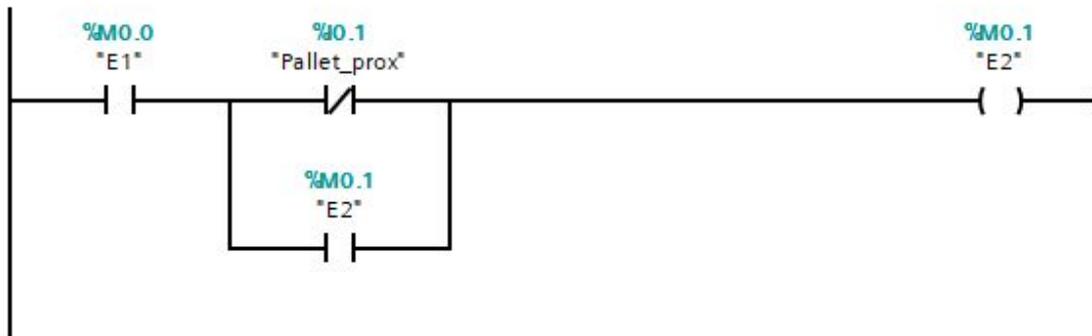


Figura 25 Paso al Estado 2 Sensor a espera de caja vacía

Como se muestra en la figura 25 en el estado 1 todo se mantiene apagado y el sensor Pallet\_prox esta apagado ya que no se encuentra una paletización cercana dando paso al estado 2 llamado M0.1 y a su vez anclado al sensor.

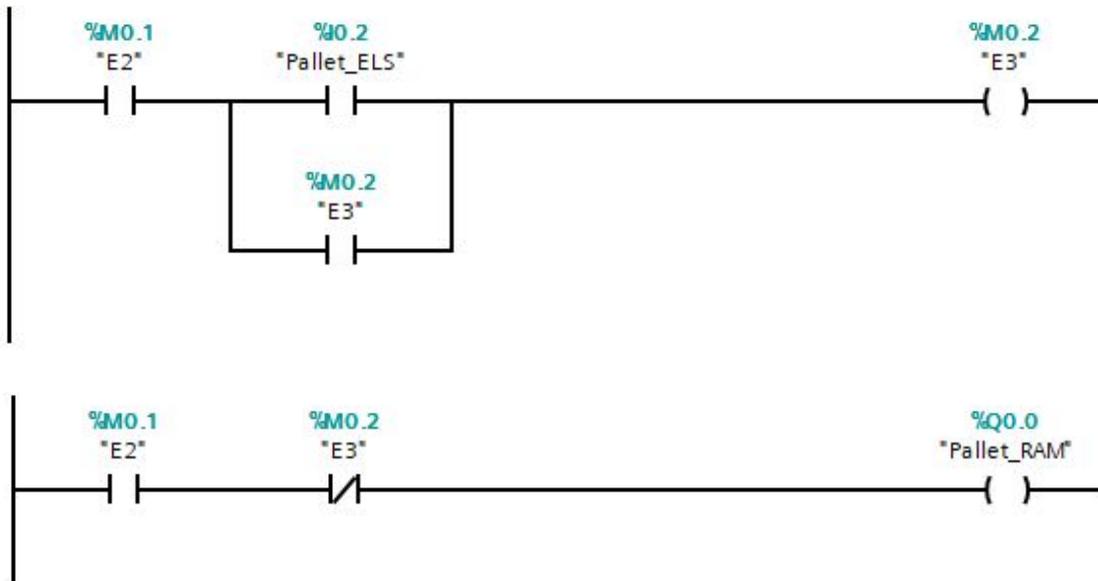


Figura 26 Estado 2 Cambio De Banda Transportadora

Como se puede observar en la figura 26, en el estado 2 se energiza el Pallet\_Ram para poder encender el sensor de Pallet\_ELS que nos permite saber que el pistón sale y empuja la paletización al estado 3.

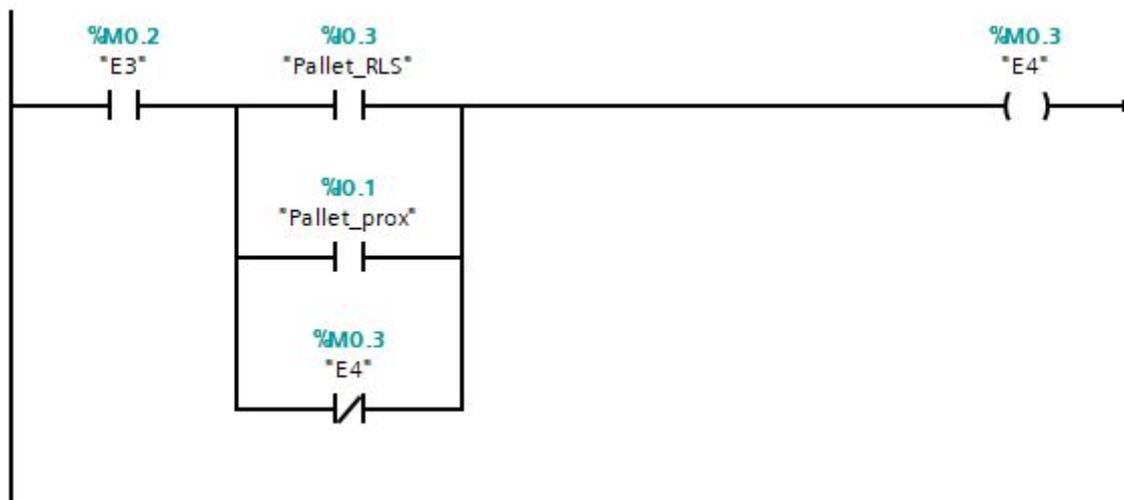


Figura 27 Estado 3 Encendido de sensor de retracción de pistón

Como se puede observar en la figura 27 en el estado 3 el pistón se retrae hasta llegar al sensor Pallet\_RLS o en el caso de que se encuentre una caja de paletización se enciende el sensor Pallet\_prox el mismo que nos permiten el paso al estado 4.

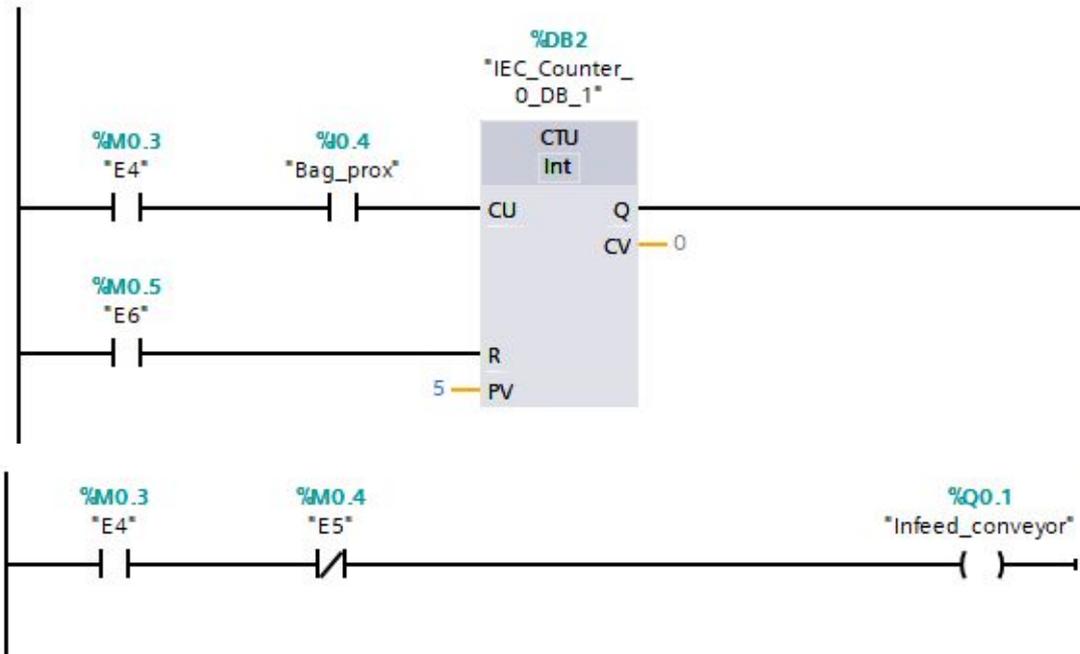


Figura 28 Estado 4 Encendido de banda transportadora y Contador de paleta

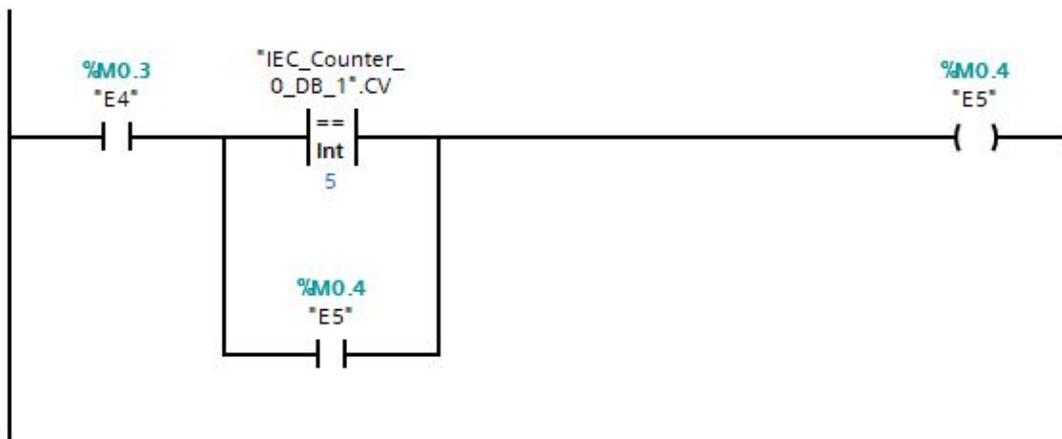


Figura 29 Paso al Estado 5 con la condición contador de paletas

En la figura 28 y 29 podemos observar que en el estado 4 se energiza la banda transportadora infeed\_conveyor la misma que llevará las paletas a la caja de paletización, el

conteo lo realizará el sensor Bag\_prox cada vez que pase una paleta hasta llegar a 5, lo que reseteara su contador en el estado 6 dando paso nuevamente al estado 5.

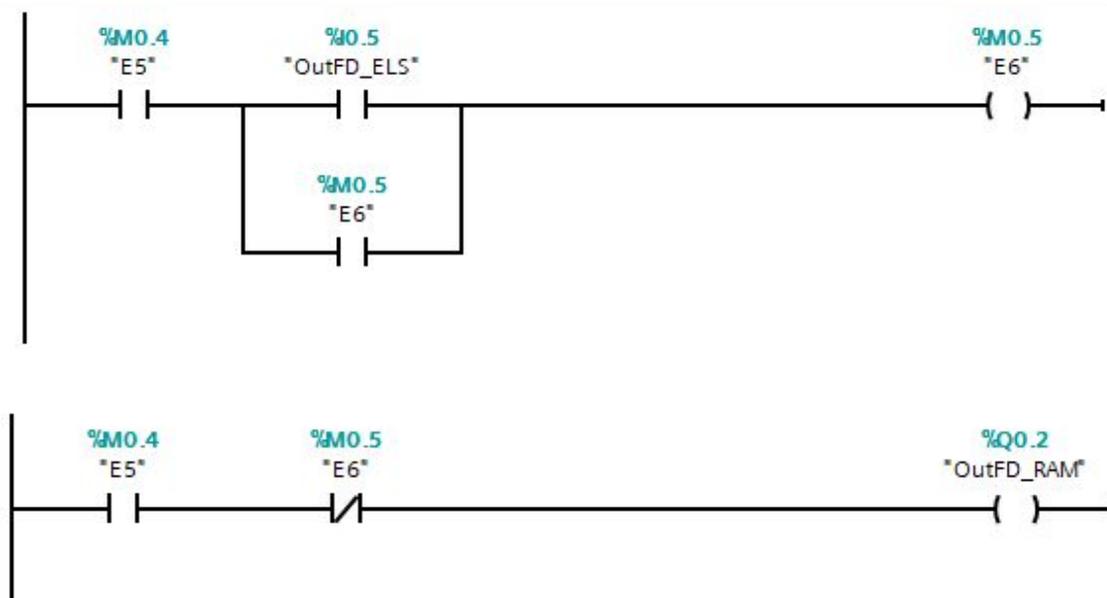


Figura 30 Estado 5 encendido de pistón de salida

La figura 30 nos permite observar que en el estado 5 se enciende la barra transportadora de salida llamada OutFD\_Ram y el sensor OutFD\_ELS que es el sensor fin de carrera del pistón que nos indica la salida de la caja de paletización dando paso al estado 6.

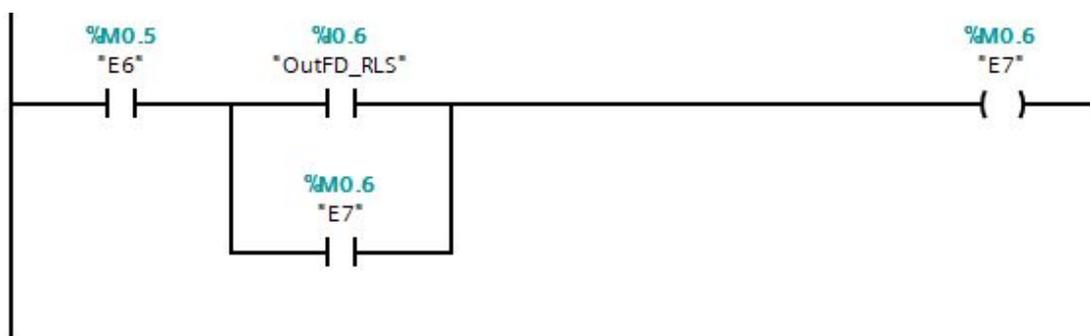


Figura 31 Paso al Estado 7 retracción del pistón de salida

La figura 31 nos muestra que en el estado 6 se apaga todo y se enciende el sensor del pistón cuando se retrae llamado OutFD\_RLS dando paso al estado 7.

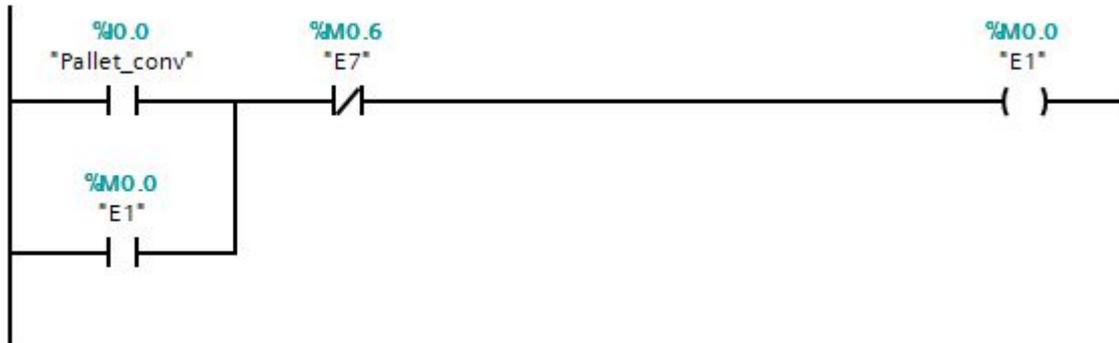


Figura 32 Estado 7 reinicio del ciclo

Finalmente, en la figura 32 en el estado 7 una vez que se enciende esta memoria comienza el ciclo de nuevo desde la memoria 0.0.

### Desarrollo de la simulación

Pasos para ejecutar la simulación:

1. Insertar los implementos para cada caso de estudio como tanque con sensor de nivel y barras transportadoras en el software.
2. Asignar los nombres a los sensores y actuadores.
3. Realizar la conexión del PLCSIM con el código del TIA Portal.
4. Vincular el Factory I/O con TIA Portal.
5. Ejecutar la simulación.

### Diseño de escenas en el Factory I/O para los casos de estudio seleccionados.

Para los dos casos de estudio en el proceso de simulación, es importante iniciar definiendo los implementos para el tanque con sensor de nivel y banda transportadora que va a ser simulado. En estos casos de estudio se busca visualizar y comprobar la validez del

código para la escena diseñada dentro del software, de este modo al momento de diseñar las escenas se debe nombrar los sensores y actuadores con el nombre con los que se les programó en el código.

Sin embargo, para el primer caso de estudio se tomó un tanque con sensor de nivel predeterminada y para el segundo caso de estudio se tomó una banda transportadora por la interface del Factory I/O como se muestra a continuación:



*Figura 33* Vista frontal del tanque con sensor de nivel

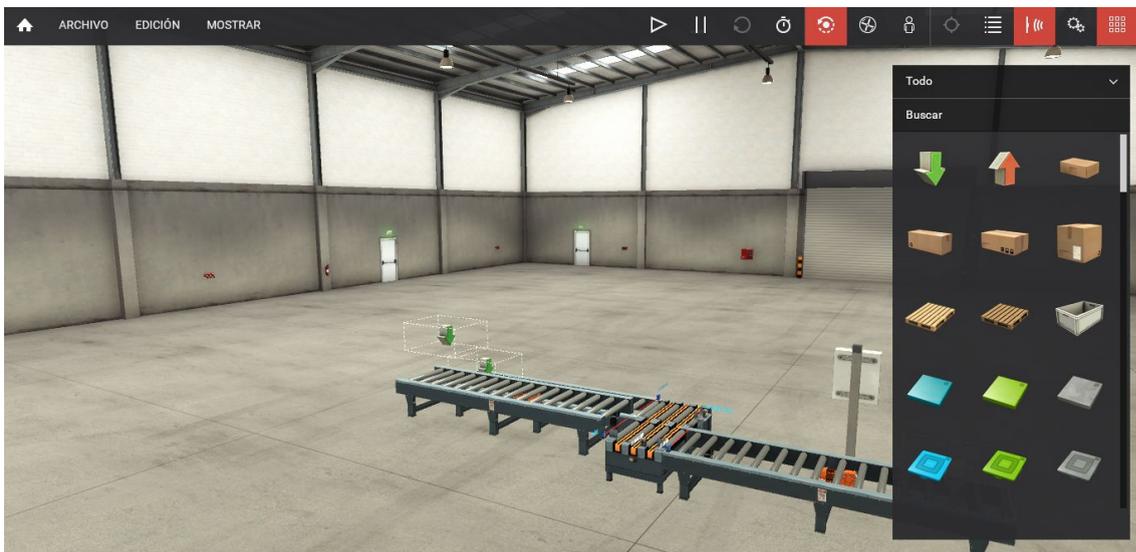


Figura 34 Vista Lateral Banda Transportadora

### **Simulación Factory I/O.**

Para dar inicio a la simulación es necesario primero cargar el código en el TIA Portal y establecer conexión con el PLCSIM, posteriormente se mira los drivers en el Factory I/O y se señala el tipo de PLC a ocupar en estos dos casos de estudio se utilizó Siemens S7-PLCSIM, esta interfaz es el lugar virtual donde se llevará a cabo la conexión del PLC escogido con el software Factory I/O como se muestra en la figura 35.

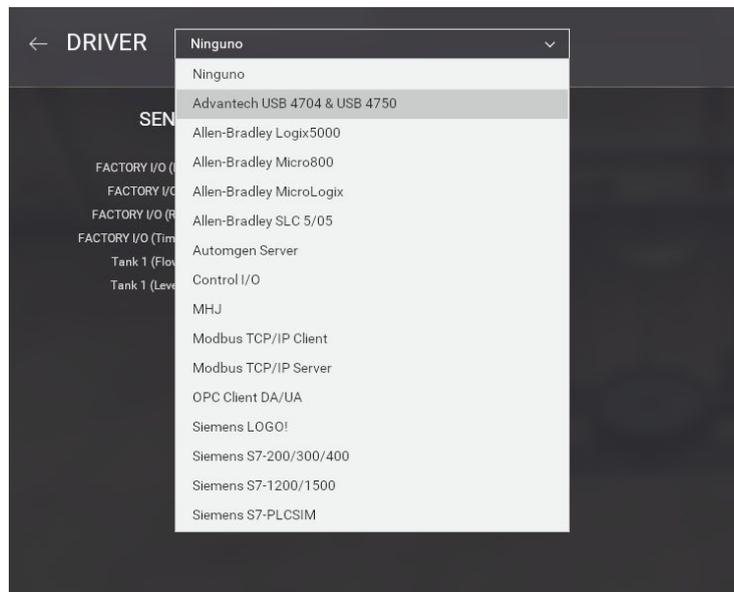


Figura 35 Drivers del Factory I/O

El siguiente paso es establecer conexión con el Siemens S7- PLCSIM, una vez seleccionado el PLC se debe cargar todas las entradas y salidas de la misma manera que se tiene en el código Ladder como se muestra en el la figura 36 y 37.

Nombre	Tipo de datos	Dirección
T100_nivel	Bool	%I0.0
Interruptor	Bool	%I0.1
P_Reset	Bool	%I0.2
Ciclos de bomba	Bool	%I0.3
Motor de la bomba	Bool	%Q0.0
P_alarm	Bool	%Q0.1

Figura 36 Variables TIA Portal

T100_nivel	%I0.0	%Q0.0	Motor de la Bomba
Interruptor	%I0.1	%Q0.1	P_Alarm
P_Reset	%I0.2	%Q0.2	
Ciclos de Bomba	%I0.3	%Q0.3	
FACTORY I/O (Running)	%I0.4	%Q0.4	
	%I0.5	%Q0.5	
	%I0.6	%Q0.6	
	%I0.7	%Q0.7	
	%I1.0	%Q1.0	
	%I1.1	%Q1.1	
T100_Nivel	%ID30 (REAL)	(REAL) %QD30	Motor de la bomba
Flow meter	%ID34 (REAL)	(REAL) %QD34	Motor de la bomba
Setpoint	%ID38 (REAL)	(DINT) %QD38	SP
		(DINT) %QD42	PV

Figura 37 Variables Del Factory I/O

El siguiente paso es establecer la conexión con el Factory I/O y PLCSIM como se muestra en la figura 38.

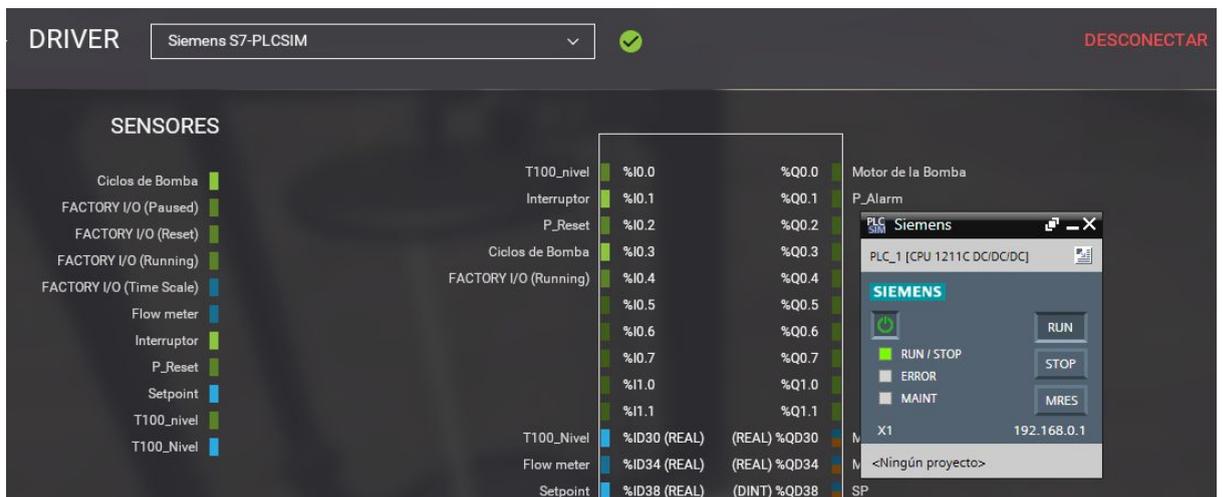


Figura 38 Conexión Factory I/O y PLCSIM

A continuación, se debe ingresar en la interfaz del software para mostrar las etiquetas de entrada y salida del programa para verificar la validez del código como se muestra en la figura 39 y 40.

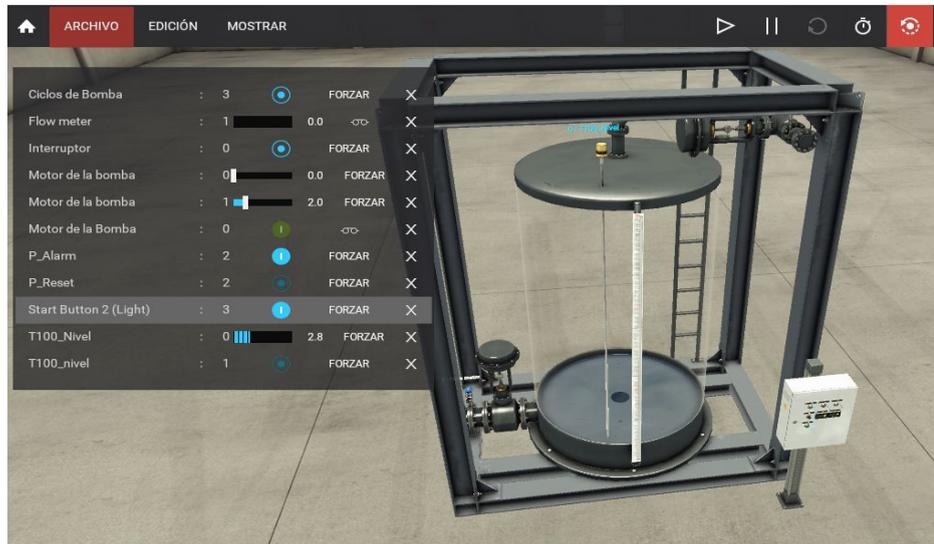


Figura 39 Etiquetas de la Escena Tanque con Sensor de Nivel

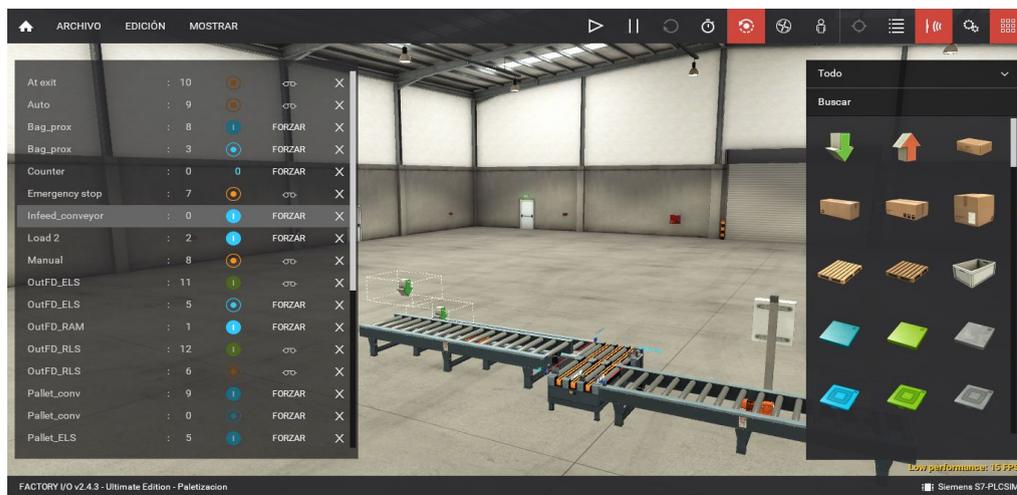


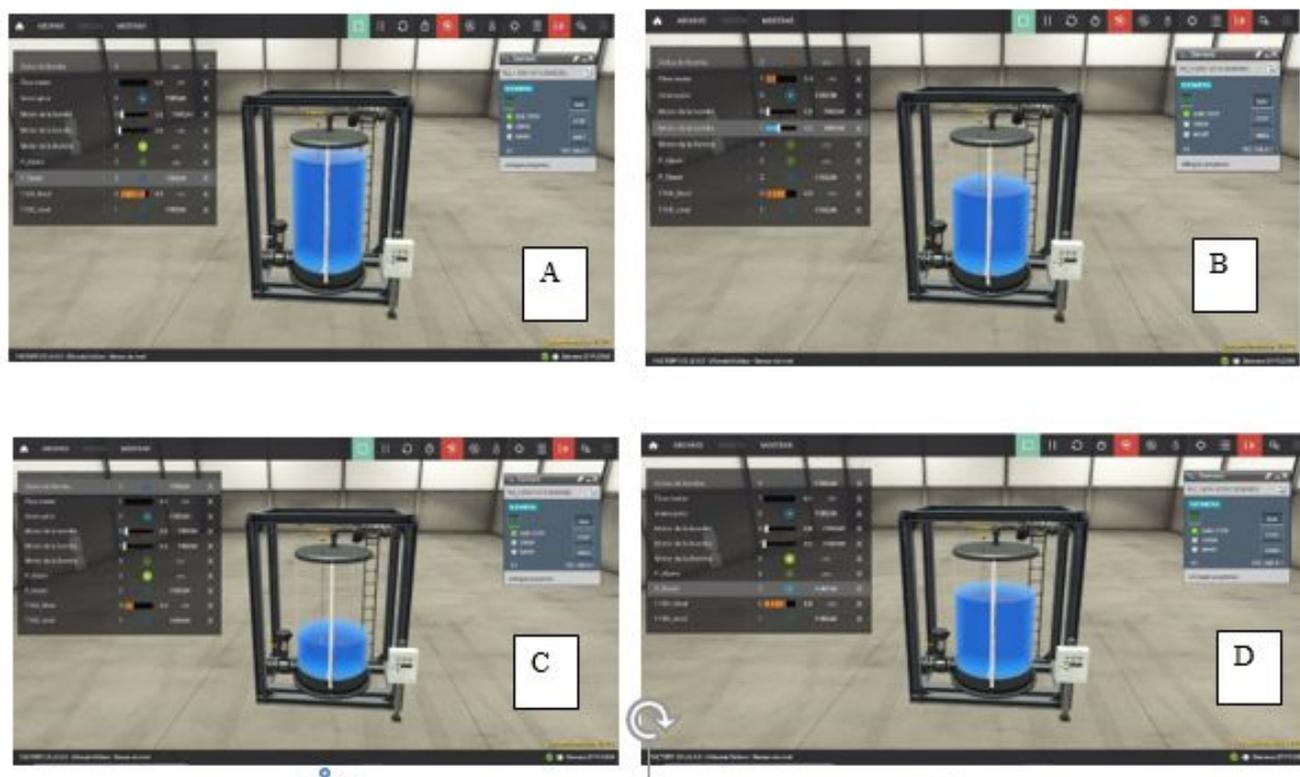
Figura 40 Etiquetas de la Escena Banda Transportadora

Finalmente se realizó la ejecución del simulador Factory I/O para obtener la validez y comprobación del código Ladder en el TIA Portal.

## Resultados

### Simulación Tanque Sensor de Nivel

Los resultados que se muestran a continuación corresponden a la ejecución del código Ladder y la respectiva simulación con Factory I/O del caso de estudio “Tanque de Nivel”.



*Figura 41* Secuencia de Tanque con Sensor de Nivel

En la figura 41A se observa el primer segmento de la simulación del código Ladder, es decir que el motor de la bomba se encuentra encendido durante 60 segundos provocando el llenado del tanque.

En la figura 41B, ha transcurrido los 60 segundos del encendido del motor de la bomba de ese modo se observa un cambio de color del sensor de verde claro a verde oscuro, se apaga el motor de la bomba lo cual permite el desfogue del agua durante 120 segundos.

En la figura 41C, han transcurrido los 120 segundos y se comienza a contar los ciclos de la bomba. Una vez que finalizan los ciclos de encendido y apagado del motor se enciende una alarma para solicitar el mantenimiento.

En la figura 41D una vez que se realiza el mantenimiento preventivo al motor de la bomba, se activa el botón de reset al cual ser pulsado reiniciaría todo el proceso.

En el anexo se detalla la guía práctica de aprendizaje de PLCs basado en el manejo de simulación virtual aplicado para el caso de estudio tanque con sensor de nivel, que permite ser útil para la verificación de los procesos y disminución de errores en la automatización estudiada bajo los parámetros del software Factory I/O.



En la figura 42A se observa el primer segmento de la simulación del código Ladder, es decir que el sensor Pallet\_conv se encuentra encendido y permite el ingreso de la caja vacía.

En la figura 42B se ha producido el ingreso de la caja vacía hasta llegar a la estación del sensor Pallet\_prox en donde energiza al Pallet\_Ram para encender el sensor de fin de carrera Pallet\_ELS el mismo que nos permite transportar la caja de lugar y el Pallet\_RLS nos permite retraer el pistón a la normalidad.

En la figura 42C se enciende el sensor Bag\_prox el cual permite el ingreso de las paletas para ser depositadas en la caja previamente colocada en la estación.

En la figura 42D una vez realizado el llenado de 5 paletas en la caja, se energiza el pistón OutFD\_RAM y la barra transportadora Infeed\_conv.

En la figura 42E se enciende el sensor OutFD\_ELS y Infeed\_conv para permitir la salida de la caja una vez realizado el llenado de las 5 paletas, lo cual nos permite reiniciar el ciclo de paletización.

En el anexo se detalla la guía práctica de aprendizaje de PLCs basado en el manejo de simulación virtual aplicado para el caso de estudio banda transportadora, que permite ser útil para la verificación de los procesos y disminución de errores en la automatización estudiada bajo los parámetros del software Factory I/O.

### **Discusión**

Como se detalló anteriormente el desarrollo del laboratorio virtual se realizó mediante el software Factory I/O, esto permitió la visualización y el análisis de dos sistemas de producción reales. La interfaz gráfica del sistema Factory I/O, se puede ver en la Fig 33-34

Los resultados obtenidos en cada uno de los pasos necesarios para cumplir con el procedimiento de simulación virtual mencionado fueron:

- Al escribir los códigos y proceder a la correspondiente compilación este mostro cero errores lo cual permitió continuar el proceso.
- A continuación, se procede a cargar el código para el PLC elegido, en este caso se trata de un SIEMENS S7-1200CPU1214AC/DC/RLY se puede observar que se energiza los sensores correspondientes a cada simulación mostrando un correcto funcionamiento del código programado previamente.
- Para continuar con el proceso se debe establecer una conexión a internet que permita arrancar la simulación con el interfaz del PLCSIM 7.
- Una vez ejecutado la conexión a internet se verificó que el sistema Factory I/O se integró al software TIA Portal y se comportó de acuerdo a lo esperado, lo cual indica que la migración del código se desarrolló de forma exitosa permitiendo la simulación del proceso para ambos casos.

## Conclusiones

Se determinó que la simulación de los casos de estudio “Tanque con Sensor de nivel” y “Banda Transportadora” utilizados en esta investigación se desarrollaron con éxito, por lo cual se considera que tiene factibilidad para ser aplicado en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Internacional SEK.

Se determinó que, la metodología de programación por diagramas de Grafcet le da robustez al código Ladder, esto se puede afirmar debido a que el proceso se activa por estados dando la seguridad que, en una situación real, si por error se activará algún sensor, este no va interferir en la ejecución del estado que se está energizando.

Se estableció que, los conocimientos que debe tener el estudiante para la creación de casos de estudio mediante simuladores virtuales son: el manejo de conceptos básicos de automatización, las características del PLC elegido para la simulación, el dominio del entorno de programación del software TIA Portal V15, las prestaciones gráficas del Factory I/O.

Mediante la simulación propuesta el estudiante tiene la oportunidad de crear diversos casos de estudios adicionales a los ejemplificados en el presente trabajo explicativo. Esto le permitiría analizar el comportamiento de otra interfase con otros tipos de sensores y actuadores.

Al momento la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad SEK se encuentra utilizando el PLC XINJE XC30 con un software XC Series Program Tool, el cual por sus limitaciones no permite al estudiante identificar todos los procesos industriales que se desarrollan en la actualidad restándole competitividad frente a otros profesionales.

Al comparar las herramientas de los ambientes virtuales Factory I/O, Flexsim y Promodel se pudo concluir que Factory I/O es el más viable para el ámbito educativo puesto

que ofrece una gran variedad de componentes industriales, así como la conexión con PLC reales o simulados.

Se concluye que, para garantizar que la simulación virtual realizada por otros usuarios muestre resultados similares a los expuestos es necesario la utilización de una guía de simulación mediante sistemas virtuales para el aprendizaje de PLC.

### **Recomendaciones**

Para la aplicación se recomienda que, se descargue las plantillas de la página oficial de Factory I/O tomando en cuenta la versión de TIA Portal para establecer una conexión adecuada y posteriormente, realizar el cambio de lenguaje de programación Ladder para vincular ambos softwares.

Se recomienda en la aplicación antes de cargar el código al PLC Siemens S7-1200 realizar la compilación del código de programación tomando en cuenta el requerimiento de una versión de CPU mínima 4.0 para poder simular dicha acción.

Se recomienda que para la selección de implementos virtuales se identifique primero que tipo de proceso se va a ejecutar para nombrar las mismas variables de entradas y salidas en el código de programación como en el Factory I/O para establecer la conexión de caso contrario no se va a vincular ambos softwares.

En el entorno de Windows se recomienda ejecutar el software Factory I/O con la opción de administrador puesto que, en ocasiones surge un problema de conexión con el TIA Portal.

Se le recomienda a la Universidad la implementación de nuevos softwares que permita a los estudiantes el análisis de un mayor número de estudios de caso con miras a una mayor competitividad en el mercado laboral.

Finalmente se recomienda la utilización de la Guía de simulación mediante sistemas virtuales para el aprendizaje de PLC puesto que se detallan recomendaciones importantes para obtener un proceso de simulación exitoso.

## Referencias

### Referencias Bibliográficas

¿Qué es un P&ID? (n.d.).

*Automatización Siemens S7 1200 - TIA Portal - Consultoría & Formación Técnica - Valencia.* (n.d.). Retrieved June 24, 2020, from <https://www.amelero.com/recursos/instalaciones-electrotécnicas/automatización-siemens-s7-1200-tia-portal/>

Becerra Sánchez, L. Y. (2019). Internet de las cosas para el cuidado de la salud. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 10(19), 7–8. <https://doi.org/10.31908/19098367.1167>

Ferreira, N. S., Yelitzka, K., Soto, N., Badillo, L. S., Moreno, J. F., & Federico González, O. (n.d.). *PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA.*

García Fernández, D., Palmero, G. S., De, G., Quintanilla, C., Rexroth, B., Valladolid, S. L., & De, J. (2017). *Simulación y Diagnóstico de una Instalación Industrial mediante Factory I/O y OPC Tutor Empresa.* <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/24682>

García Fernández, D., Palmero, G. S., De, G., Quintanilla, C., Rexroth, B., Valladolid, S. L., & De, J. (2019). *Simulación y Diagnóstico de una Instalación Industrial mediante Factory I/O y OPC Tutor Empresa.* <https://riunet.upv.es/handle/10251/129220>

Guzmán Y Valle, E., Mater, A., Magisterio, D., Facultad, N., Tecnología, D. E., Peter, J., & Flores, Q. (2018). UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN. In *Repositorio Institucional - UNE*. Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.

López, M. L. (2017). *Trabajo Final de Grado.* [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/87476/memoria\\_48589289.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/87476/memoria_48589289.pdf?sequence=1)

Paquetes SCE apropiados para esta Documentación didáctica Controladores SIMATIC con SIMATIC STEP 7 BASIC V15. (2018).

Ramirez-Serrano, A. (n.d.). Discrete Event Systems “ ‘ Implementing Finite State Implementing Finite State Machines (e.g., supervisory Machines (e.g., supervisory controllers) into PLC Ladder controllers) into PLC Ladder Logic code’ Logic code.”

Retrieved June 2, 2020, from <http://www.enme.ucalgary.ca/~aramirez/>

Rica Pérez López, C. (2015). InterSedes: Revista de las Sedes Regionales. *Sedes Regionales*, XVI, 1–20. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66643073003>

Romero, A. E., Gabriel, M. F., & Chong, H. (n.d.). Apuntes para el uso básico del PLC S7-1200 para las asignaturas del área de Automatización Industrial P R E S E N T A UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA.

S Id, D. F. (2015). *Controlador programable S7-1200*. <http://www.industry.siemens.com/topics/global/es/tia->

Salazar, R. D. V., Sarmiento, H. O., & Muñoz, D. S. M. (2016). PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE PLANTAS VIRTUALES PARA LA ENSEÑANZA DE PROGRAMAS DE CONTROL LÓGICO. *Revista Educación En Ingeniería*, 11(22), 46–51. <https://doi.org/10.26507/REI.V11N22.650>

Sánchez, C. (n.d.). AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA AUTO-MOTRIZ: CONCEPTOS Y PROCESOS. *Palabras Clave-Industria Automotriz*. Retrieved April 30, 2020, from <http://www.colinnovacion.com/wp-content/uploads/AUTOMATIZACIÓN-INDUSTRIA-AUTOMOTRIZ-REVISTA-EDICIÓN-3-VOLUMEN-2-Diciembre-2014.pdf>

*siemens s7-1200 manual español - Buscar con Google.* (n.d.). Retrieved June 24, 2020, from [https://www.google.com/search?rlz=1C1CHBF\\_esEC840EC840&ei=qHfzXvi-GeO8gges15fgCw&q=siemens+s7-1200+manual+español&oq=siemens+s7+1200+manu&gs\\_lcp=CgZwc3ktYWIQAxgBMgIIADIGCAAQFhAeMgYIABAWEb4yBggAEBYQHjIGCAAQFhAeMgYIABAWEb4yBggAEBYQHjIGCAAQFhAeMgYIABAWEb4yBg](https://www.google.com/search?rlz=1C1CHBF_esEC840EC840&ei=qHfzXvi-GeO8gges15fgCw&q=siemens+s7-1200+manual+español&oq=siemens+s7+1200+manu&gs_lcp=CgZwc3ktYWIQAxgBMgIIADIGCAAQFhAeMgYIABAWEb4yBggAEBYQHjIGCAAQFhAeMgYIABAWEb4yBggAEBYQHjIGCAAQFhAeMgYIABAWEb4yBg)

Torres, A., Jara, C. A., Pomares, J., García, G. J., Ramón, J. L., Úbeda, A., & Díaz, C. S. (n.d.). *DESAROLLO DE LABORATORIOS HÍBRIDOS DE SISTEMAS INDUSTRIALES PARA EL APRENDIZAJE INTERACTIVO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL.* <https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497169.354>

Uxmal, E., Palacios, M., Genaro González Hernández, J., Luis, J., & Casados, O. (2017). (No Title). *Núm, 8.* <https://doi.org/10.23913/ride.v8i15.311>

*¿Qué es un P&ID?* (n.d.).

*Automatización Siemens S7 1200 - TIA Portal - Consultoría & Formación Técnica - Valencia.* (n.d.). Retrieved June 24, 2020, from <https://www.amelero.com/recursos/instalaciones-electrotécnicas/automatización-siemens-s7-1200-tia-portal/>

Becerra Sánchez, L. Y. (2019). Internet de las cosas para el cuidado de la salud. *Entre Ciencia e Ingeniería, 10*(19), 7–8. <https://doi.org/10.31908/19098367.1167>

Ferreira, N. S., Yelitzka, K., Soto, N., Badillo, L. S., Moreno, J. F., & Federico González, O. (n.d.). *PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA.*

García Fernández, D., Palmero, G. S., De, G., Quintanilla, C., Rexroth, B., Valladolid, S. L., & De, J. (2017). *Simulación y Diagnóstico de una Instalación Industrial mediante Factory I/O y OPC Tutor Empresa*. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/24682>

García Fernández, D., Palmero, G. S., De, G., Quintanilla, C., Rexroth, B., Valladolid, S. L., & De, J. (2019). *Simulación y Diagnóstico de una Instalación Industrial mediante Factory I/O y OPC Tutor Empresa*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/129220>

Guzmán Y Valle, E., Mater, A., Magisterio, D., Facultad, N., Tecnología, D. E., Peter, J., & Flores, Q. (2018). UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN. In *Repositorio Institucional - UNE*. Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.

López, M. L. (2017). *Trabajo Final de Grado*.  
[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/87476/memoria\\_48589289.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/87476/memoria_48589289.pdf?sequence=1)

Paquetes SCE apropiados para esta Documentación didáctica Controladores SIMATIC con SIMATIC STEP 7 BASIC V15. (2018).

Ramirez-Serrano, A. (n.d.). Discrete Event Systems “ ‘ Implementing Finite State Implementing Finite State Machines (e.g., supervisory Machines (e.g., supervisory controllers) into PLC Ladder controllers) into PLC Ladder Logic code’ Logic code.” Retrieved June 2, 2020, from <http://www.enme.ucalgary.ca/~aramirez/>

Rica Pérez López, C. (2015). InterSedes: Revista de las Sedes Regionales. *Sedes Regionales*, XVI, 1–20. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66643073003>

Romero, A. E., Gabriel, M. F., & Chong, H. (n.d.). Apuntes para el uso básico del PLC S7-1200 para las asignaturas del área de Automatización Industrial P R E S E N T A UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA.

S Id, D. F. (2015). *Controlador programable S7-1200*.

<http://www.industry.siemens.com/topics/global/es/tia->

Salazar, R. D. V., Sarmiento, H. O., & Muñoz, D. S. M. (2016). PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE PLANTAS VIRTUALES PARA LA ENSEÑANZA DE PROGRAMAS DE CONTROL LÓGICO. *Revista Educación En Ingeniería*, 11(22), 46–51.

<https://doi.org/10.26507/REI.V11N22.650>

Sánchez, C. (n.d.). AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA AUTO-MOTRIZ: CONCEPTOS Y PROCESOS. *Palabras Clave-Industria Automotriz*. Retrieved April 30, 2020, from

<http://www.colinnovacion.com/wp-content/uploads/AUTOMATIZACIÓN-INDUSTRIA-AUTOMOTRIZ-REVISTA-EDICIÓN-3-VOLUMEN-2-Diciembre-2014.pdf>

*siemens s7-1200 manual español - Buscar con Google*. (n.d.). Retrieved June 24, 2020, from

[https://www.google.com/search?rlz=1C1CHBF\\_esEC840EC840&ei=qHfzXvi-GeO8gges15fgCw&q=siemens+s7-1200+manual+español&oq=siemens+s7+1200+manu&gs\\_lcp=CgZwc3ktYWIQAxgBMgIIADIGCAAQFhAeMgYIABAWEb4yBggAEbYQHjIGCAAQFhAeMgYIABAWEb4yBggAEbYQHjIGCAAQFhAeMgYIABAWEb4yBg](https://www.google.com/search?rlz=1C1CHBF_esEC840EC840&ei=qHfzXvi-GeO8gges15fgCw&q=siemens+s7-1200+manual+español&oq=siemens+s7+1200+manu&gs_lcp=CgZwc3ktYWIQAxgBMgIIADIGCAAQFhAeMgYIABAWEb4yBggAEbYQHjIGCAAQFhAeMgYIABAWEb4yBggAEbYQHjIGCAAQFhAeMgYIABAWEb4yBg)

Torres, A., Jara, C. A., Pomares, J., García, G. J., Ramón, J. L., Úbeda, A., & Díaz, C. S. (n.d.). *DESARROLLO DE LABORATORIOS HÍBRIDOS DE SISTEMAS INDUSTRIALES PARA EL APRENDIZAJE INTERACTIVO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL*.

<https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497169.354>

Uxmal, E., Palacios, M., Genaro González Hernández, J., Luis, J., & Casados, O. (2017). (No Title). *Núm*, 8. <https://doi.org/10.23913/ride.v8i15.311>

¿Qué es un P&ID? (n.d.).

*Automatización Siemens S7 1200 - TIA Portal - Consultoría & Formación Técnica - Valencia.* (n.d.). Retrieved June 24, 2020, from <https://www.amelero.com/recursos/instalaciones-electrotécnicas/automatización-siemens-s7-1200-tia-portal/>

Becerra Sánchez, L. Y. (2019). Internet de las cosas para el cuidado de la salud. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 10(19), 7–8. <https://doi.org/10.31908/19098367.1167>

Ferreira, N. S., Yelitza, K., Soto, N., Badillo, L. S., Moreno, J. F., & Federico González, O. (n.d.). *PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA.*

García Fernández, D., Palmero, G. S., De, G., Quintanilla, C., Rexroth, B., Valladolid, S. L., & De, J. (2017). *Simulación y Diagnóstico de una Instalación Industrial mediante Factory I/O y OPC Tutor Empresa.* <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/24682>

García Fernández, D., Palmero, G. S., De, G., Quintanilla, C., Rexroth, B., Valladolid, S. L., & De, J. (2019). *Simulación y Diagnóstico de una Instalación Industrial mediante Factory I/O y OPC Tutor Empresa.* <https://riunet.upv.es/handle/10251/129220>

Guzmán Y Valle, E., Mater, A., Magisterio, D., Facultad, N., Tecnología, D. E., Peter, J., & Flores, Q. (2018). UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN. In *Repositorio Institucional - UNE*. Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.

López, M. L. (2017). *Trabajo Final de Grado.* [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/87476/memoria\\_48589289.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/87476/memoria_48589289.pdf?sequence=1)

Paquetes SCE apropiados para esta Documentación didáctica Controladores SIMATIC con SIMATIC STEP 7 BASIC V15. (2018).

Ramirez-Serrano, A. (n.d.). Discrete Event Systems “ ‘ Implementing Finite State Implementing Finite State Machines (e.g., supervisory Machines (e.g., supervisory controllers) into PLC Ladder controllers) into PLC Ladder Logic code’ Logic code.”

Retrieved June 2, 2020, from <http://www.enme.ucalgary.ca/~aramirez/>

Rica Pérez López, C. (2015). InterSedes: Revista de las Sedes Regionales. *Sedes Regionales*, XVI, 1–20. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66643073003>

Romero, A. E., Gabriel, M. F., & Chong, H. (n.d.). Apuntes para el uso básico del PLC S7-1200 para las asignaturas del área de Automatización Industrial P R E S E N T A UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA.

S Id, D. F. (2015). *Controlador programable S7-1200*.

<http://www.industry.siemens.com/topics/global/es/tia->

Salazar, R. D. V., Sarmiento, H. O., & Muñoz, D. S. M. (2016). PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE PLANTAS VIRTUALES PARA LA ENSEÑANZA DE PROGRAMAS DE CONTROL LÓGICO. *Revista Educación En Ingeniería*, 11(22), 46–51. <https://doi.org/10.26507/REI.V11N22.650>

Sánchez, C. (n.d.). AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA AUTO-MOTRIZ: CONCEPTOS Y PROCESOS. *Palabras Clave-Industria Automotriz*. Retrieved April 30, 2020, from

<http://www.colinnovacion.com/wp-content/uploads/AUTOMATIZACIÓN-INDUSTRIA-AUTOMOTRIZ-REVISTA-EDICIÓN-3-VOLUMEN-2-Diciembre-2014.pdf>

*siemens s7-1200 manual español - Buscar con Google*. (n.d.). Retrieved June 24, 2020, from

[https://www.google.com/search?rlz=1C1CHBF\\_esEC840EC840&ei=qHfzXvi-GeO8gges15f](https://www.google.com/search?rlz=1C1CHBF_esEC840EC840&ei=qHfzXvi-GeO8gges15f)

gCw&q=siemens+s7-1200+manual+español&oq=siemens+s7+1200+manu&gs\_lcp=CgZwc3  
ktYWIQAxgBMgIIADIGCAAQFhAeMgYIABAWEb4yBggAEBYQHjIGCAAQFhAeMgY  
IABAWEb4yBggAEBYQHjIGCAAQFhAeMgYIABAWEb4yBg

Torres, A., Jara, C. A., Pomares, J., García, G. J., Ramón, J. L., Úbeda, A., & Díaz, C.  
S. (n.d.). *DESAROLLO DE LABORATORIOS HÍBRIDOS DE SISTEMAS INDUSTRIALES  
PARA EL APRENDIZAJE INTERACTIVO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL.*

<https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497169.354>

Uxmal, E., Palacios, M., Genaro González Hernández, J., Luis, J., & Casados, O.  
(2017). (No Title). *Núm, 8*. <https://doi.org/10.23913/ride.v8i15.311>

**Anexos**

**GUÍA PRÁCTICA**  
**DE APRENDIZAJE DE PLCS**  
**MEDIANTE LA SIMULACIÓN**  
**DE CASOS DE ESTUDIO EN**  
**SISTEMAS VIRTUALES**

Autor: SEBASTIAN ALEXANDER RODRIGUEZ PEÑARANDA

julio,2020

## **1. INTRODUCCIÓN**

Si bien existe una gran variedad de PLCs Siemens en el mercado para desarrollar procesos de automatización, todos son susceptibles de utilizar una metodología de diagramas de estados y lenguaje de programación Ladder o también llamado lenguaje por pasos, el cual enmarca una mejora en los procesos de simulación virtual en comparación con otros tipos de lenguaje.

En la actualidad, la verificación de códigos mediante la simulación de procesos industriales es una de las alternativas más recomendables dentro de la ingeniería, puesto que permite visualizar un proceso industrial real mediante una interfaz que nos permite escoger implementos virtuales para recrear procesos que se desarrollan en las industrias comúnmente.

### **1.1 Programación y simulación**

La simulación es una herramienta sumamente útil al momento de verificar y disminuir errores en el proceso de automatización, permitiendo de esta manera optimizar la toma de decisiones en el campo laboral.

Así mismo, los programas de simulación ayudan a profundizar los conocimientos adquiridos en el proceso de programación a la vez que permiten el análisis de los casos de estudios permitiendo conocer a profundidad cómo actuarían los sensores y actuadores en los casos reales.

### **1.2 Tipos de Software para la Simulación de Procesos**

Cuando un proceso industrial está sometido a análisis, la mejor manera de realizar la verificación de dicho proceso es utilizar un software de simulación virtual, evitando de esta manera los costos de construcción de los implementos y maquinarias necesarias.

Los tipos de software propuestos en la presente guía, que nos permitirán simular los procesos industriales, se divide en 2 bloques que se detallan a continuación:

**TIA Portal V15:** es un software que pertenece exclusivamente a los PLCs Siemens brindando una gran variedad de opciones en la selección de PLCs en la interfaz del programa con la posibilidad de escoger libremente el CPU, el cual se puede usar mediante un lenguaje de programación llamado lenguaje Ladder.

**Factory I/O:** contiene una gran variedad de implementos industriales dentro de su interfaz de fácil manejo lo que nos permite armar una variedad de escenas industriales para cada caso de estudio que se vaya a analizar.

### **1.2 Metodología de actuación en la simulación**

La metodología con la que trabaja el software de programación de códigos para facilitar el uso de TIA Portal se caracteriza por trabajar con el lenguaje Ladder o por pasos el mismo que es muy intuitivo ya que usa gráficos y letras específicas para determinar las variables.

Por su parte, Factory I/O trabaja admitiendo los códigos de programación Ladder para posteriormente simular escenas previamente diseñadas mediante una interfaz que simula en tiempo real una diversidad de componentes industriales.

### **1.3 ¿Por qué simular?**

La simulación de un proceso industrial real por medio del Factory I/O simplifica la visualización del comportamiento del código Ladder en sensores y actuadores. Una de las más conocidas es el método de diagramas de graficet, el cual ayuda a establecer en cada estado una operación.

Dicha simulación permite a corto plazo esquematizar el funcionamiento lógico de un proceso de producción industrial con la finalidad de alcanzar los conocimientos pertinentes para el futuro del estudiante de Ingeniería.

## **2. AMBIENTES VIRTUALES DE APRENDIZAJE 3D**

Según lo dicho anteriormente, la interfaz virtual está orientada a la visualización de situaciones reales y complejas que permitan al usuario experimentar artificialmente, logrando de esta manera, que por medio de su imaginación pueda incursionar creativamente en escenas industriales.

Dicho ambiente virtual es de fácil aprendizaje debido a que sus diseños permiten construir rápidamente una escena industrial virtual seleccionando los componentes de entre una diversidad de piezas industriales comunes. Además, dentro de los ambientes virtuales, el software incluye escenas predeterminadas, inspiradas en aplicaciones industriales representativas, comenzando desde lo más básico hasta lo más avanzado.

## **3. FASES DE UN PROYECTO VIRTUAL**

### **3.1 Planteamiento del proyecto de simulación**

Con el fin de recrear un proyecto de simulación, en primer lugar, es necesaria la construcción de una escena que nos permita visualizar el funcionamiento de los procesos propuestos. Para ello, se necesita una metodología clara y concisa que sirva como guía para el proyecto y que favorezca desde el comienzo la obtención de los objetivos del proyecto de simulación.

### **3.2 Determinación del objetivo del proyecto**

Dependiendo de la etapa en la que se encuentre el usuario, el objetivo de la recreación de las escenas industriales estará relacionado con el aprendizaje, el refuerzo o el ensayo de

situaciones en donde por los altos costos, sería muy complejo el construir un proceso industrial real, haciendo necesaria la representación virtual, objeto de la presente guía.

### **3.3. Construcción de la simulación del proyecto**

El diseño, códigos y simulación necesarios para cada uno de los casos de estudio dependen de las variables de cada uno. Sin embargo, en general, para la ejecución de los casos de estudios, los códigos, piezas industriales y simulación de procesos regularmente se siguen las siguientes etapas como parte de una metodología que facilite el éxito en el desarrollo:

- **Definición de los casos de estudio.**

Como se dijo anteriormente, la construcción completa de un sistema de automatización que explique todos los implementos en la realidad podría ser complejo además de conllevar un costo muy caro. Por consiguiente, se aconseja definir primero el caso de estudio para formular un objetivo acorde a las variables a considerar.

- **Identificación de las variables de los sensores y actuadores del código de programación.**

La definición de las variables nos facilitará el entender cómo se desarrolla el proceso industrial y cumplir con el objetivo del sistema a programar. De esta manera, se nombra a los sensores como entradas y los actuadores como salidas, los cuales estarán determinados por una letra I y Q respectivamente.

**Formulación del Diagrama de Grafset.** En el desarrollo de los diagramas de Grafset se toma en cuenta que las entradas serán los responsables de activar un estado, el mismo que tiene como finalidad el accionar una salida dentro del caso de estudio

**Programación para cada caso de estudio.** Para la programación del código se necesita tener bien definido el diagrama de Grafset y poseer un conocimiento previo del lenguaje de programación Ladder con el que se van a desarrollar los casos de estudio, esto nos permitirá insertar las variables de entradas con su respectiva salida del proceso.

**Diseño de la escena virtual 3D en el Factory I/O.** Dentro de la interfaz virtual las piezas industriales se encuentran en ocho categorías: piezas de carga pesada, piezas de carga ligera, sensores, operadores, estaciones, dispositivos de advertencia y pasillos. Una vez elegida las piezas para cada caso de estudio se muestran las etiquetas en donde se puede renombrar las variables de los sensores y actuadores para conseguir una correcta vinculación con el código del TIA Portal.

**Vinculación del código con el software de simulación de proceso industrial.** Lo primero que se debe realizar en el software de programación es compilar y cargar el código al dispositivo previamente seleccionado además de iniciar una simulación con el PLCSIM, posteriormente en el Factory I/O se abre la escena a vincular y se procede a escoger el driver y el tipo de PLC con el que se ejecutara la simulación.

**Verificación y validación del código con proceso industrial.** Para la verificación del código debemos observar la animación y simulación al ejecutar el código. Otra técnica para la verificación es comprobar cómo actúan los estados en el diagrama y visualizar los gráficos dinámicos en la pantalla mientras el proceso está funcionando. La validación de los casos de estudio se establece con la credibilidad del funcionamiento del mismo. Sin embargo, debemos tomar en cuenta que ninguna metodología brinda una certeza del 100% en los resultados de una simulación.

#### **4. HERRAMIENTAS PARA LA SIMULACIÓN**

En esta guía se presenta una serie de herramientas y aplicaciones informáticas que sirven de apoyo para la simulación de casos de estudio. Los softwares propuestos han sido elegidos tomando en cuenta las necesidades generales de los usuarios ya sean estudiantes o profesionales:

##### **TIA Portal**

Primera interfaz:

- Área de Portales
- Tareas de Portal
- Panel de selección
- Cambio de vista

Segunda interfaz

- Menú y barra de herramientas
- Árbol del proyecto
- Área de trabajo
- Task cards
- Ventana de inspección
- Cambio de vista
- Barra de editor

##### **Factory I/O,**

- Interfaz de creación de escenas: permite la creación de una nueva escena, abrir una escena, o escoger una escena predeterminada.

- Una vez elegida escena se visualiza: las etiquetas, los drives, los componentes industriales, y la activación de la simulación.

**GUÍA PRÁCTICA DE LABORATORIO PARA LA SIMULACIÓN VIRTUAL****PRIMERA UNIDAD****PRÁCTICA N ° 1****I. TEMA: CASO DE ESTUDIO 1 ‘TANQUE CON SENSOR DE NIVEL’****II. PROPÓSITO:**

Simular un proceso de suministro de líquidos en un tanque con sensor de nivel para verificar el comportamiento de este proceso industrial.

**III. CONCEPTOS BÁSICOS:**

- Diagrama de estados
- Código
- Tanque
- Sensor de Nivel
- Motor de bomba
- Válvula

**IV. EQUIPOS/ MATERIALES Y REACTIVOS A UTILIZAR EN LA PRÁCTICA:**

- Computador
- Software TIA PORTAL V15
- PLCSIM 7
- FACTORY I/O

**V. CONDICIONES DE VINCULACIÓN ENTRE TIA PORTAL Y FACTORY**

**I/O:**

- Plantillas del TIA Portal descargadas de página web oficial del FACTORY I/O
- Identificar correctamente las variables de entradas y salidas de este caso de estudio para obtener un adecuado diagrama de Grafcet.
- Las variables del código de programación como el FACTORY I/O y TIA Portal deben tener el mismo nombre para que se pueda producir la vinculación.
- Compilar el código de programación en el TIA PORTAL el cual permitirá verificar los errores de digitacion.
- Para una óptima simulación deberá escogerse una versión mínima de 4.0 de CPU del SIEMENS para realizar los procesos de vinculación con el FACTORY I/O.

## **VI. CONCLUSIONES:**

Luego de la simulación el estudiante establecerá las correspondientes conclusiones respecta a:

- El comportamiento de los temporizadores en conjunto con la bomba
- La necesidad de establecer una alarma de mantenimiento para reducir el desgaste del motor.

## **VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Registre con normas APA la información consultada.

## **VIII. ANEXOS**

Incluya imágenes observadas en la simulación.

## **GUÍA PRÁCTICA DE LABORATORIO PARA LA SIMULACIÓN VIRTUAL**

### **PRÁCTICA N ° 2**

#### **I. TEMA: CASO DE ESTUDIO 2 ‘BANDA TRANSPORTADORA’**

#### **II. PROPÓSITO:**

Simular un proceso de llenado de paletización para verificar el comportamiento de este proceso industrial.

#### **III. CONCEPTOS BÁSICOS:**

- Banda transportadora
- Sensores de fin de carrera
- Diagramas de estados
- Lenguaje de programación Ladder
- Pistones

#### **IV. EQUIPOS/ MATERIALES Y REACTIVOS A UTILIZAR EN LA PRÁCTICA:**

- Computador
- Software TIA PORTAL V15
- PLCSIM 7
- FACTORY I/O

#### **V. CONDICIONES DE VINCULACIÓN ENTRE TIA PORTAL Y FACTORY**

##### **I/O:**

- Plantillas del TIA Portal descargadas de página web oficial del FACTORY I/O

- Identificar correctamente las variables de entradas y salidas de este caso de estudio para obtener un adecuado diagrama de Grafcet.
- Las variables del código de programación como el FACTORY I/O y TIA Portal deben tener el mismo nombre para que se pueda producir la vinculación.
- Compilar el código de programación en el TIA PORTAL el cual permitirá verificar los errores de digitacion.
- Para una óptima simulación deberá escogerse una versión mínima de 4.0 de CPU del SIEMENS para realizar los procesos de vinculación con el FACTORY I/O.

## **VI. CONCLUSIONES:**

Luego de la simulación el estudiante establecerá las correspondientes conclusiones respecta a:

- El comportamiento de los contadores y los sensores de proximidad.
- Verificar el comportamiento de los pistones durante el proceso de simulación virtual.

## **VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Registre con normas APA la información consultada.

## **IX. ANEXOS**

Incluya imágenes observadas en la simulación.