



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA UNA PLANTA DE  
LLENADO DE BOTELLAS LUCAS NÜLLE IPA3”**

**INFORME DE MATERIA INTEGRADORA**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACION  
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACION INDUSTRIAL**

**HENRY RAFAEL SAMANIEGO HERNANDEZ**

**WASHINGTON AGUSTIN ROJAS BARRETH**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO: 2017**



## AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a todos mis compañeros y amigos que hicieron de esta etapa universitaria una travesía de vida, pero en primer lugar quiero agradecer a Dios por darme la oportunidad de formarme profesionalmente, y poder contribuir a los demás con un granito de arena.

*Henry Samaniego H.*

En primer lugar, agradezco a mi Dios Jehová por no dejarme solo en este camino, a mis padres por su apoyo incondicional, a mis amigos y familiares que siempre me mostraron su apoyo, a mis profesores de los cuales aprendí muchas cosas valiosas.

*Washington Agustín Rojas Barreth*

## DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico especialmente a dos personas que fueron mi soporte en esta etapa universitaria, y a lo largo de mi vida, a mis abuelos Carlos Samaniego y Luz López, los cuales amo con toda mi vida, y agradezco a Dios por darme la oportunidad de estar en sus vidas.

*Henry Samaniego H.*

Este trabajo se lo dedico a mi Dios Jehová, a mis padres Washington Rojas y Juana Barreth por todo el esfuerzo que han hecho por mí a lo largo de mi vida y mis estudios, por no dejar que me rinda, aunque muchas veces lo quise y a todos mis amigos que de una u otra manera siempre me dieron ánimos para seguir adelante.

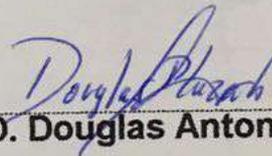
*Washington Agustín Rojas Barreth*

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



Msc. Ricardo Alfredo Cajo Díaz

PROFESOR EVALUADOR



Ph.D. Douglas Antonio Plaza Guingla

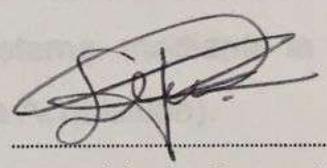
PROFESOR EVALUADOR

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me(nos) corresponde exclusivamente; y doy(damos) mi(nuestro) consentimiento para que la ESPOLE realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

Washington Rojas

Washington Rojas Barreth



Henry Samaniego H.

## RESUMEN

El laboratorio de Control de Procesos Industriales de la ESPOL (Escuela Superior Politécnica del Litoral) cuenta con un sistema IPA (Industrial Process Automation) de la marca alemana Lucas Nülle. El sistema IPA está formado por un conjunto de subsistemas, entre estos se encuentra la Estación de Llenado IPA3.

Actualmente la Estación de Llenado IPA3 se encuentra automatizada y funcional solo para que trabaje con otros dos subsistemas como son: la Estación de Mezclado IPA2 y la Estación de Sellado IPA4.

El objetivo de este trabajo es lograr que la Estación de Llenado IPA3 trabaje de forma independiente sin la necesidad de otro subsistema, mediante la elaboración de un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).

Por otro lado, este estudio también pretende aportar al laboratorio elementos para mejorar la enseñanza, y habilidades que los estudiantes puedan adquirir al tomar el curso. La forma de lograrlo será proporcionando el diseño de un tablero con similares características al que se encuentra en el laboratorio para el montaje de un PLC, la elaboración de prácticas de la Estación de Llenado IPA3 y el modelado con un software de diseño CAD 3D.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN .....	v
DECLARACIÓN EXPRESA .....	vi
RESUMEN .....	vii
CAPÍTULO 1 .....	2
1. DELIMITACION DEL PROBLEMA .....	2
1.1 Planteamiento del problema .....	2
1.2 Objetivos .....	2
1.2.1 Generales .....	2
1.2.2 Específicos .....	2
1.3 Justificación .....	3
1.4 Alcance del Proyecto .....	4
CAPÍTULO 2 .....	5
2. ESTADO DEL ARTE .....	5
2.1 Marco Teórico .....	7
2.1.1 Descripción del IPA3 .....	7
2.1.2 Componentes de la Estación de Llenado IPA3 .....	8
2.1.2.1 Segmento de cinta transportadora doble de 24V .....	8
2.1.2.2 Modulo esclavo PROFIBUS DP .....	9
2.1.2.3 Segmento de Llenado de Botellas .....	10
2.1.3 Instrumentación de la Estación de Llenado IPA3 .....	11
2.1.3.1 Sensor Ultrasónico .....	12
2.1.3.2 Sensor Capacitivo .....	12
2.1.3.3 Sensor Magnético .....	12
2.1.3.4 Caudalímetro .....	13
2.1.3.5 Motor reductor DC .....	13

2.1.3.6	Válvula de distribución de 2/2 vías .....	14
2.1.3.7	Válvula de distribución de 3/2 vías y 4/2 vías .....	14
2.1.4	Etapa de Control.....	15
2.1.4.1	Controlador Lógico Programable SIMATIC S7 – 300 .....	15
2.1.4.2	Panel táctil SIMATIC TP 700 .....	17
CAPÍTULO 3.....		19
3.	METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	19
3.1	Arquitectura de Control.....	19
3.2	Diagrama de Conexión.....	20
3.3	Metodología de Programación.....	21
3.4	Programación y diseño de TIA Portal .....	22
3.4.1	Proceso de llenado manual del tanque – IPA3.....	22
3.4.2	Proceso de Limpieza y Vaciado – IPA3.....	24
3.4.3	Proceso de Llenado de Botellas – IPA3 .....	26
3.4.4	Proceso de Dosificación de Botellas – IPA3.....	30
CAPÍTULO 4.....		33
4.	RESULTADOS .....	33
4.1	Pantalla de Trabajo .....	34
4.2	Pantalla Inicial .....	35
4.3	Proceso de Llenado IPA3.....	35
4.4	Proceso de Limpieza y Vaciado del IPA3.....	36
4.5	Proceso de Llenado de Botellas del IPA3 .....	36
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		37
BIBLIOGRAFÍA.....		38
ANEXO A.....		40
MODELADO 3D.....		40
1.	Software de Diseño CAD 3D.....	40
1.1.	SketchUp.....	40
1.2.	SolidWorks .....	41

.....	41
1.3. Blender .....	42
1.4. Autodesk 123D Design .....	43
2. Selección del Software de Diseño CAD 3D .....	44
3. Diseño de Piezas.....	46
3.1. Piezas sin manual de dimensiones .....	46
3.2. Piezas con manual de dimensiones .....	47
3.3. Piezas de librería .....	48
4. Ensamblaje de Piezas .....	49
ANEXO B.....	51
MANUAL DE PRÁCTICAS .....	51
INTRODUCCION.....	51
PRIMEROS PASOS .....	52
ASIGNACION DE CONTROLADOR Y HMI EN TIA PORTAL.....	52
PRACTICA 1.....	59
Llenado Manual del Tanque .....	59
PRACTICA 2.....	66
Proceso de Limpieza y Vaciado .....	66
PRACTICA 3.....	73
Proceso de Llenado de botellas .....	73
PRACTICA 3.1.....	81
Subrutina “Dosificación de llenado de Botellas” .....	81

# CAPÍTULO 1

## 1. DELIMITACION DEL PROBLEMA.

### 1.1 Planteamiento del problema.

El laboratorio de Control de Procesos Industriales de la ESPOL (Escuela superior Politécnica del Litoral) cuenta con un subsistema IPA3 (Estación de Llenado) de la marca Lucas Nülle, este actualmente no trabaja independientemente de los demás subsistemas debido a que no tiene la programación adecuada para hacerlo, ni un SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) que sea apropiado.

Además, debido a que no se ha elaborado un manual de prácticas del subsistema IPA3, los estudiantes no se han podido familiarizar con los procesos de la Estación de Llenado, ni con las variables y sensores que intervienen en los mismos.

Por otro lado, en el laboratorio solo hay un controlador SIMATIC S7-300 para todo el sistema IPA (Industrial Process Automation) conformado por los subsistemas: IPA2: Mezcla, IMS10: Almacenamiento intermedio, IPA3: Llenado, IPA4: Sellado, IMS8: Almacenamiento y un brazo robótico Kawasaki RS03N.

De tal manera que cuando se realizan prácticas en el laboratorio solo existe un único grupo de trabajo, que por lo general está conformado por 4 o 5 estudiantes, dificultando así el aprendizaje por igual de todo el grupo.

### 1.2 Objetivos

#### 1.2.1 Generales

Automatizar la planta Lucas Nülle IPA3 para mejorar el uso del sistema.

#### 1.2.2 Específicos

Analizar las entradas y salidas, así como el proceso de la planta Lucas Nülle IPA3.

Diseñar un tablero para montar el controlador y periféricos.

Implementar un modelo 3D de la planta con CAD 3D design software.

Desarrollar un manual de prácticas para el control de la planta IPA3.

### **1.3 Justificación**

La realización de este proyecto es debido al interés que se tiene de trabajar de manera independiente con el subsistema IPA3 y de facilitar a los próximos estudiantes de la materia de Laboratorio de Control de Procesos Industriales conocimientos en lo referente a la programación de los mecanismos de comportamiento de la Estación de Llenado.

Por esta razón, y ya que el laboratorio no cuenta con una guía de prácticas para el subsistema IPA3, se elaborará una, con el fin de facilitar a los estudiantes un camino seguro y fácil de entender al momento de realizar la programación y manejo de los diferentes procesos, garantizando así el mínimo error y el mejor uso del subsistema IPA3.

Por otra parte, se diseñará un tablero para el montaje de un nuevo controlador y sus periféricos, esto permitirá utilizar al mismo tiempo el sistema total y un subsistema cualquiera de manera independiente, o trabajar con dos subsistemas por separado.

Además, este trabajo les permitiría incursionar a los estudiantes en el moldeamiento de plantas en software de diseño 3D, que es una de las formas de presentación de procesos más modernas que existen, sentado las bases para próximos estudios acerca de este tema y dándoles una comprensión más clara de lo que sucede en el proceso.

#### 1.4 Alcance del Proyecto

El proyecto de diseñar un sistema SCADA para una planta de llenado de botellas Lucas Nülle IPA3 tiene como objetivo:

Automatizar la Estación de Llenado para mejorar el uso que se le está dando actualmente en el laboratorio de Control de Procesos Industriales, para lograrlo se consultara tanto en los manuales del equipo como en los de los sensores y actuadores que intervienen en la planta a fin de conocer sus características, y de qué manera intervienen en los procesos.

Se explicará en qué consiste cada proceso y luego de conocer su correcto funcionamiento se hará la programación de estos con el software TIA Portal y también se configurará una interfaz de usuario por medio de un panel táctil SIMATIC HMI TP 700 de Siemens que se encuentra en el laboratorio.

Se elaborará además un modelo 3D de la Estación de Llenado, para conseguirlo se hará una investigación de los software de diseño CAD 3D que actualmente se utilizan para realizar estos modelamientos.

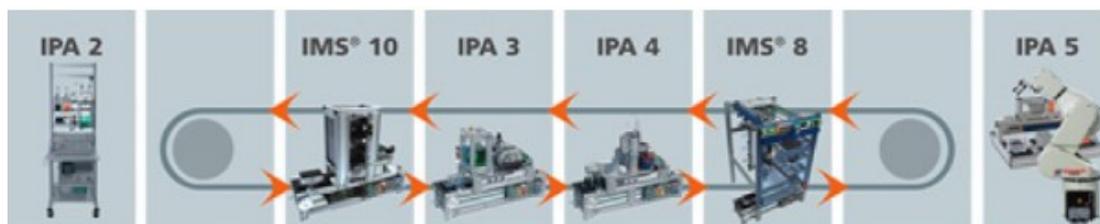
Se aprenderá a utilizar de forma básica el software elegido para hacer el modelamiento, de esta manera se elaborará cada elemento que compone el subsistema IPA3 tomando medidas de aquellos que no posean un diagrama de dimensiones, consultando en los manuales los que si tengan y descargando de la página web de los fabricantes aquellos que ya dispongan un modelamiento 3D.

Finalmente teniendo cada una de las piezas modeladas en el software, se ensamblará toda la Estación de Llenado.

## CAPÍTULO 2

### 2. ESTADO DEL ARTE

Tener una visión clara acerca de un proceso extenso dentro de una planta, como el sistema IPA que se encuentra en el laboratorio de Control de Procesos Industriales, es muy complejo. Este sistema cuenta con una serie de etapas las cuales trabajan una seguida a la otra, en nuestro caso las denominaremos como estaciones, las cuales se resumen en: Estación de Mezclado IPA2, Estación de Almacenamiento Intermedio IMS10, Estación de Llenado IPA3, Estación de Sellado IPA4, Estación de Almacenamiento IMS8, Estación de Descorchado IPA5 y un brazo robótico Kawasaki RS03N como se muestra en la Figura 2.1.



**Figura 2.1: Sistema IPA**

En el año 2016, en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, se realizó la primera investigación e implementación como parte de Titulación del Ing. Livingston Miranda, y el Ing. Ernesto Férrez, en donde el objetivo principal era darle vida parcialmente al sistema IPA de manera académica. Los esfuerzos fueron enfocados a mejorar la enseñanza en el campo de control y automatización, mediante la creación de prácticas didácticas en el uso de la Estación de Mezclado IPA2, la Estación de Llenado IPA3 y la Estación de Sellado IPA4 en conjunto.

Estas tres estaciones juntas se las conoce como IPA23y para lograr su correcto funcionamiento se utilizó de forma profunda conocimientos tanto de control como de automatización e instrumentación.

En el proyecto de titulación mencionado, se realizó la programación del sistema IPA23 que consiste en la producción automática de un sixpack, para lo cual se utilizó las gráficas de control de transición/etapas (GRAFCET), este flujograma fue utilizado por la facilidad al momento de interpretar las secuencias de programación de los procesos que corresponden a las diferentes estaciones de trabajo.

La programación fue desarrollada en el software TIA PORTAL V13 SP1 debido a que el laboratorio de control de procesos industriales posee un controlador lógico programable SIMATIC S7-300 como maestro PROFIBUS de los subsistemas y una pantalla táctil SIMATIC TP 700 para control y monitoreo de los mismos.

La programación fue desarrollada en el lenguaje de bloque FUP utilizando bloques de programación para separar las condiciones de transición entre etapas y las acciones que deben realizarse en cada etapa, obteniendo así una programación estructurada y entendible para cualquier programador que desee revisar la programación de los procesos del sistema IPA23.

Adicionalmente al proyecto, se elaboró una guía de aprendizaje, una guía de pre prácticas y una guía de prácticas que sirven como material de aprendizaje para los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización. De esta manera, se incentiva a la programación y desarrollo de pantallas HMI aumentando la dificultad a medida que se avance en la guía de prácticas [11].

Es así como nace la necesidad de continuar con la investigación y la implementación de nuevas prácticas enfocadas para la enseñanza de los estudiantes de la ESPOL; y desarrollar nuevas prácticas y funcionalidades relacionadas específicamente con la Estación de Llenado IPA3, mediante el diseño de un sistema SCADA.

El IPA3 es una de las estaciones que componen el sistema IPA, el cual está encargado del proceso de llenado de las botellas, su contribución en el procesamiento de las botellas es muy importante, dado a la gran cantidad de sensores, actuadores y tarjeta de comunicación que trabajan en conjunto con el PLC S7-300, pero pese a las grandes aplicaciones que esta sugiere, no es utilizada durante las prácticas de laboratorio de control de procesos industriales de manera

independiente, no se puede aprovechar todas las funcionalidades que esta por si sola puede ofrecer como herramienta didáctica para los estudiantes de la carrera de Automatización Industrial.

Por lo que para potenciar la eficiencia de sus aplicaciones y poder aplicar de manera óptima todos los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, especialmente en el área de la automatización y control de procesos industriales, es necesario automatizar el proceso de manera aislada.

## **2.1 Marco Teórico**

### **2.1.1 Descripción del IPA3**

El IPA3 como subsistema del procesamiento de llenado de botellas, cumple con la función de llenar los recipientes de un sixpack, recibiendo así el nombre de “Estación de Llenado”, esta se caracteriza porque cuenta con una cinta transportadora que permite el traslado del sixpack hacia la parte del llenado, procurando que pueda alcanzar un nivel exacto. Todo el proceso es comandado a través del PLC S7-300, el cual se comunica a través de la tarjeta de comunicación esclavo PROFIBUS DP (IMS interface), usando protocolo PROFIBUS DP, considerando al PLC S7-300 como el servidor y a los diferentes sensores y actuadores de la planta como esclavos.

Con el uso del IPA3, el estudiante tendrá un acercamiento de manera habitual a bucles cerrados de control y procesos industriales complejos. Se utilizarán exclusivamente actuadores y sensores típicos de la industria. También para los bucles cerrados y el control de la instalación se utilizarán sistemas lógicos programables comunes en la manufacturación, con PROFIBUS y periferia descentralizada.

La estructura física del IPA3, promueve el aprendizaje y la capacidad de desarrollo de parte del estudiante, que lo llevara a trabajar en equipo y aprender independientemente los fundamentos que posibilitan el dominio de los sistemas que conforman las plantas de procesos técnicos.

Cada subestructura está diseñada de manera que, paso a paso, se adquiera la habilidad y el conocimiento necesario para la implementación de un programa automático complejo.

### **2.1.2 Componentes de la Estación de Llenado IPA3**

La Estación de Llenado IPA3 está formada por tres partes principales: un segmento de cinta transportadora doble de 24V, un módulo esclavo PROFIBUS DP y el segmento de llenado de botellas.

A continuación, se detallan cada una de estas partes.

#### **2.1.2.1 Segmento de cinta transportadora doble de 24V**

La estación de llenado IPA3 está montada en una cinta transportadora y permite el llenado preciso de seis botellas colocadas en un portador que se posiciona debajo de la estación de llenado. Las botellas están llenas de un líquido de color a un nivel definido. Una vez que todas las botellas se han llenado, el portador se transporta a la siguiente estación.

La cinta transportadora consta de un módulo mecatrónico básico, accionado por un motor-reductor de 24V a velocidad variable, equipado con sensores de posición final y esclavo PROFIBUS DP integrado. Diseñado para experimentos básicos en un sistema transportador o para su incorporación en un sistema mecatrónico complejo para controlar el flujo de materiales. La cinta transportadora lleva las piezas de trabajo en soportes y se puede utilizar para enlazar subsistemas individuales. Está diseñada para su conexión a un sistema de control PLC. Se puede combinar con otras cintas transportadoras de forma conjunta a través de PROFIBUS.

En la Figura 2.2 [4] se puede observar la cinta transportadora con la respectiva descripción de sus componentes:

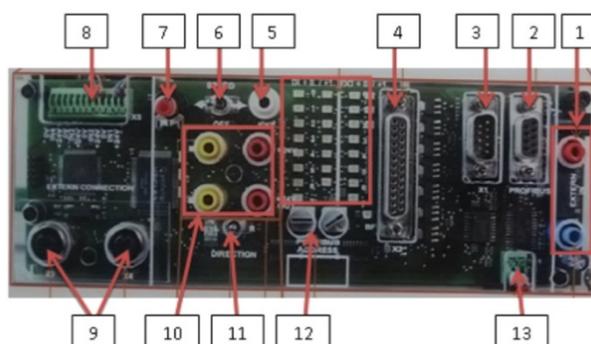


**Figura 2.2: Cinta doble de Transporte**

- (1) Correa de transporte, Longitud = 600mm.
- (2) Motor reductor de 24 VDC.
- (3) Sensor magnético de posición final derecha.
- (4) Módulo esclavo PROFIBUS DP.
- (5) Sensor magnético de posición final izquierda.

### 2.1.2.2 Modulo esclavo PROFIBUS DP

En la Figura 2.3 [4] se puede observar la tarjeta electrónica de comunicación PROFIBUS de la que hace uso la cinta transportadora y a continuación una descripción de sus componentes.

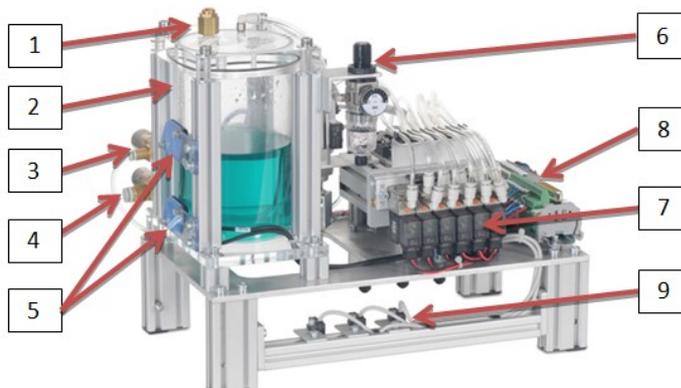


**Figura 2.3: Modulo esclavo PROFIBUS DP.**

- (1) Alimentación de tensión "EXTERN IN" de la tarjeta electrónica (24VDC).
- (2) Puerto de comunicación para esclavo PROFIBUS DP.
- (3) Puerto D-SUB 9 polos para conexión directa con el controlador lógico programable.
- (4) Puerto D-SUB de 25 polos para conexión con los sub-sistemas de entrenamiento.
- (5) Entrada analógica externa "EXT" de 0-10 V para variar la velocidad de la cinta.
- (6) Interruptor "SPEED" para selección de variación de velocidad de la cinta entre INT o EXT.
- (7) Potenciómetro "INT" para variación de velocidad de la cinta.
- (8) Bornes de entradas digitales para conexión de sensores.
- (9) Conectores M12 para conexión de sensores y actuadores adicionales.
- (10) Casquillos para la puesta en marcha de la cinta transportadora.
- (11) Interruptor "DIRECTION" para selección del sentido de dirección derecha o izquierda de la cinta.
- (12) Conmutador para seleccionar la dirección del esclavo PROFIBUS DP.
- (13) Conexión del motor de la cinta transportadora.

### **2.1.2.3 Segmento de Llenado de Botellas**

En el segmento de llenado de botellas, se lleva a cabo la dosificación del líquido en los recipientes del Sixpack, a través de una secuencia de control comandada por el controlador, que envía las señales de mando a los diferentes actuadores de la planta.



**Figura 2.4: Segmento de Llenado de Botellas.**

En la Figura 2.4 [5] se puede observar los componentes que conforman el segmento de llenado de botellas, los cuales se detallan a continuación:

- (1) Válvula de seguridad.
- (2) Tanque de almacenamiento, para la sustancia a llenar.
- (3) Válvula de distribución de 3/2 vías, para entrada de agua.
- (4) Válvula de distribución de 2/2 vías, para salida de agua.
- (5) Sensores capacitivos, para alarma de nivel de líquido.
- (6) Regulador de presión con manómetro.
- (7) Válvulas de distribución de 3/2 y de 4/2 vías.
- (8) Conexión para cable SUB-D 25.
- (9) Sensores magnéticos, para posición de pieza de trabajo.

### 2.1.3 Instrumentación de la Estación de Llenado IPA3

El sistema de llenado de botellas IPA3, cuenta con sensores y actuadores que lo posibilitan en realizar diferentes procesos de control, tal instrumentación se describe a continuación:

### 2.1.3.1 Sensor Ultrasónico

En la Figura 2.5 [6] se muestra el sensor ultrasónico que posee la Estación de Llenado, dentro del proceso tiene el objetivo de censar las botellas del sixpack que pasan a través de la cinta transportadora.

Está equipado con un conector M12 para conectar el sensor directamente al módulo esclavo PROFIBUS DP.



**Figura 2.5: Sensor Ultrasónico.**

### 2.1.3.2 Sensor Capacitivo

EL sensor capacitivo mostrado a continuación, tiene como objetivo principal censar el nivel del líquido en el recipiente de almacenamiento.

Este tipo de sensores son de sencilla instalación, se ubican al exterior del recipiente tal como se muestra a continuación en la Figura 2.6.



**Figura 2.6: Sensor Capacitivo.**

### 2.1.3.3 Sensor Magnético

Mediante los sensores magnéticos del IPA3, se puede obtener la posición del sixpack presente en la estación.

La Figura 2.7 muestra un sensor magnético detectando una pieza de trabajo en la entrada de la Estación de Llenado IPA3.



**Figura 2.7: Sensor Magnético.**

#### **2.1.3.4 Caudalímetro**

En la Figura 2.8 se muestra este elemento que sirve para medir la cantidad de líquido que pasa a través de él, de esta manera, se logra tener una dosificación del líquido en cada botella del sixpack.



**Figura 2.8: Caudalímetro.**

#### **2.1.3.5 Motor reductor DC**

El sistema de transporte se encuentra gobernado por un motor reductor DC acoplado con dos correas de 60 cm que le da el movimiento a la pieza del sixpack por las diferentes estaciones de trabajo.

La tensión nominal de operación del motor es de 24 VDC y puede girar hasta 1500 rpm. Dentro del sistema IPA se cuenta con uno de

estos motores por cada estación que conforma el sistema de entrenamiento, de esta forma, cada estación establece el vínculo que une los subsistemas individuales de la planta.

En la Figura 2.9 se puede observar el motor con accionamiento de corriente continua el cual se encarga de dar el movimiento a la doble cinta transportadora.



**Figura 2.9: Motor reductor DC.**

#### **2.1.3.6 Válvula de distribución de 2/2 vías**

La válvula que se muestra en la Figura 2.10 tiene como finalidad darle dirección al líquido, en la Estación de Llenado IPA3 nos permite realizar el llenado manual del reservorio de agua.

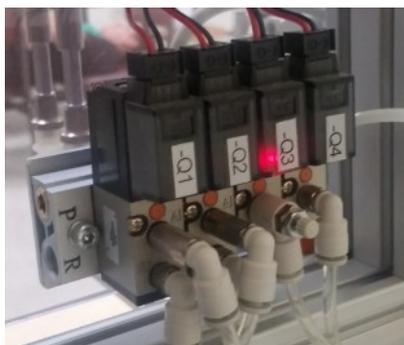


**Figura 2.10: Válvula de distribución de 2/2 vías.**

#### **2.1.3.7 Válvula de distribución de 3/2 vías y 4/2 vías**

La Figura 2.11 muestra las válvulas de distribución de 3/2 vías (Q3 y Q4) y de 4/2 vías (Q1 y Q2) de la Estación de Llenado IPA 3. Las válvulas de distribución de 3/2 vías sirven para enviar la presión necesaria a los recipientes con líquido de la Estación de Llenado;

mientras que las válvulas de distribución de 4/2 vías sirven para controlar el accionamiento de los ejes móviles y de los cilindros de doble efecto que realizan la parada de la pieza de trabajo en las diferentes posiciones existentes.



**Figura 2.11: Válvulas de distribución de 3/2 vías y 4/2 vías.**

## 2.1.4 Etapa de Control

### 2.1.4.1 Controlador Lógico Programable SIMATIC S7 – 300

Para realizar la programación del control secuencial del sistema de entrenamiento IPA3 se cuenta con un equipo de marca reconocida a nivel industrial como lo es Siemens, con su producto de la línea de controladores lógicos programables SIMATIC S7-300 [11].

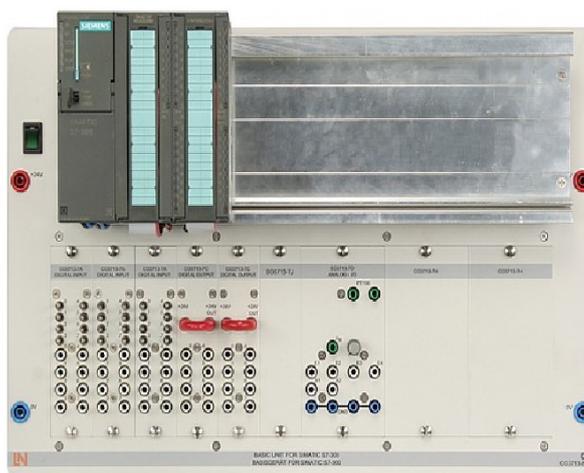


**Figura 2.12: PLC SIEMENS SIMATIC S7-300.**

La Figura 2.12 el controlador que cuenta con una amplia gama de aplicaciones para el sector industrial tanto para procesos con arquitectura de control centralizada como descentralizadas.

El PLC SIMATIC S7-300 presenta las siguientes características:

- CPU 314C-2 PN/DP.
- Voltaje de alimentación: 24 VDC.
- Software de programación: STEP 7.
- Memoria de trabajo de 192 Kbyte.
- Memoria incorporada de 512Kbyte (Micro Memory Card).
- Entradas y salidas integradas.
- Interfaz de comunicación integrada: MPI/PROFIBUS DP maestro/esclavo.



**Figura 2.13: Estación de trabajo para PLC SIMATIC S7-300.**

El sistema de entrenamiento moderno IPA3 ofrece además al usuario plataformas y varios accesorios para el uso del PLC formando un sistema modular tal como se muestra en la Figura 2.13.

El tablero está conformado por los siguientes componentes:

- Consola estable con Riel DIN, para poder equipar por más módulos de la línea SIMATIC S7-300.
- 24 entradas digitales de 24 VDC en conectores hembra de 4mm.
- 16 salidas digitales de 24 VDC en conectores hembra de 4mm.
- entradas analógicas de 0-10V en conectores hembra de 4mm.
- salidas analógicas de 0-10V en conectores hembra de 4mm.
- Dimensiones: 297mm\*456mm\*125mm.
- Peso: 7Kg.

#### 2.1.4.2 Panel táctil SIMATIC TP 700

Uno de los avances más grandes en el mundo de la automatización industrial son las interfaces HMI (Interfaz Hombre-Máquina), las cuales sirven para llevar un entorno más cercano entre el usuario y el proceso a controlar o automatizar, permitiendo así convivir con un proceso industrial en tiempo real mediante paneles o pantallas táctiles para supervisión, control y monitoreo de posibles errores del proceso [8].



Figura 2.14: Touch Panel SIEMENS SIMATIC TP 700.

Dentro del sistema de entrenamiento moderno IPA 3 se cuenta con el panel de operación táctil de la marca SIEMENS SIMATIC HMI TP 700, el cual se puede observar en la Figura 2.14 [9] y consta de las siguientes características:

- Pantalla táctil de 16 millones de colores y 7".
- Resolución de 800\*400.
- Software de Programación: TIA PORTAL Win CC Comfort.
- 2 Puertos de comunicación Profinet (Ethernet Industrial).
- 1 Puerto de comunicación MPI/PROFIBUS DP.
- 2 Puertos de comunicación serial (USB).
- Voltaje de alimentación: 24 VDC.
- Dimensiones: 297mm\*228mm\*125mm.
- Peso: 3Kg.

## CAPÍTULO 3

### 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

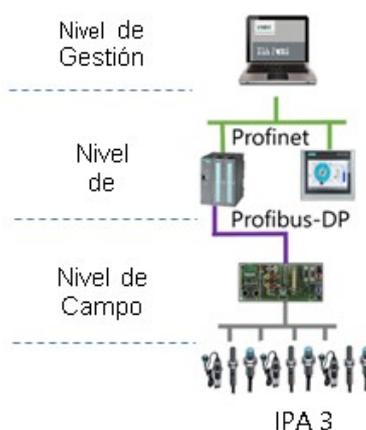
#### 3.1 Arquitectura de Control

En un proceso de escala industrial encontramos distintos sensores y actuadores que cumplen diversas tareas dentro de un mismo proceso, para comunicar dicha instrumentación es necesario cumplir con un conjunto de reglas que permita realizar la transferencia y el intercambio de información de datos de manera ordenada y legible entre sí; por esta razón, se utilizan protocolos de comunicación industrial que sirven para entrelazar los elementos de una red industrial simplificando funciones entre dispositivos.

Dentro del sistema de entrenamiento moderno IPA 3 destacan dos protocolos de uso frecuente en procesos industriales:

- PROFIBUS
- PROFINET

Mediante PROFINET se conecta el PLC y el HMI con el ordenador, mientras que mediante PROFIBUS se conecta la estación de llenado IPA 3 con el PLC.



**Figura 3.1: Arquitectura de Control del Sistema de entrenamiento IPA3.**

La Figura 3.1 muestra la arquitectura de control que se implementa en el sistema IPA3 y sus protocolos de comunicación industrial, donde se observa tres niveles:

- Nivel de gestión.
- Nivel de célula.
- Nivel de campo.

En el nivel de gestión es donde se realiza la programación y se planifican las acciones de control que gobiernan el sistema, la conforma únicamente el programador en este caso [10].

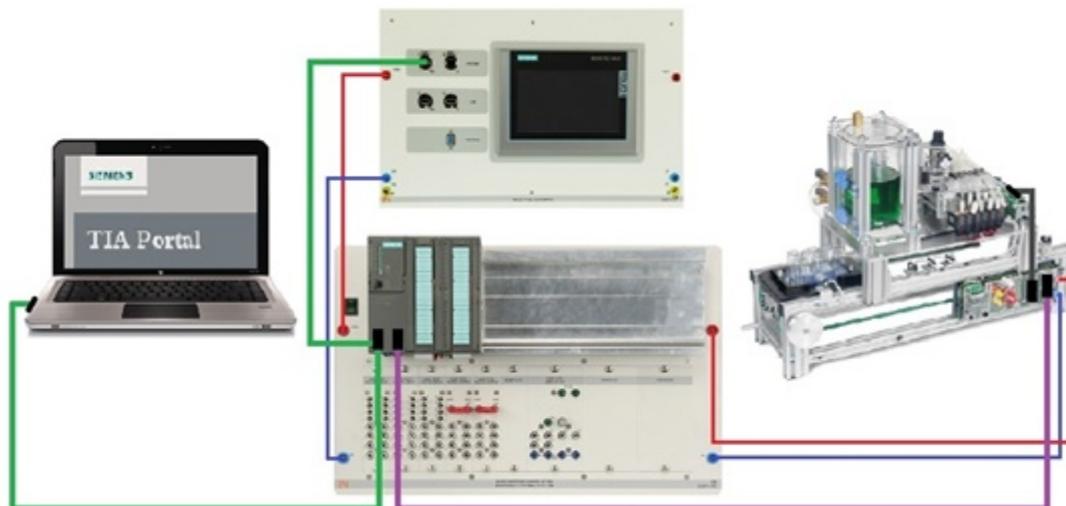
El nivel de célula lo componen el PLC SIMATIC S7-300 y el HMI SIMATIC TP 700, aquí se lleva a cabo la transmisión entre dispositivos de nivel de campo y de gestión [10].

El nivel de campo es el último nivel, es el más bajo de jerarquía, se encuentra conformado por los dispositivos que ejecutan las acciones de control estos son los sensores (capacitivos, magnéticos, ópticos) y los actuadores (cilindros, válvulas, bombas, motores) [10].

### **3.2 Diagrama de Conexión**

Previo a la puesta en marcha de la estación de llenado se requiere conectar de la siguiente manera los equipos que la conforman: de color rojo y azul se representa la alimentación de voltaje tanto para el HMI como para la estación de llenado, de color verde se representa el cable para la conexión PROFINET entre Ordenador - PLC y PLC – HMI mientras que de color púrpura se muestra el cable de conexión PROFIBUS entre la tarjeta de comunicación de la estación y el PLC; finalmente el color gris es para indicar el cable de conexión Sub-D 25 para las entradas y salidas digitales del PLC.

La Figura 3.2 [11] muestra el esquema de conexión de la estación de llenado IPA 3.



**Figura 3.2: Diagrama de conexión del IPA3.**

### 3.3 Metodología de Programación

El Objetivo principal es Automatizar la planta Lucas Nülle IPA 3 para mejorar el uso del sistema, para ello se aprenderá a programar y preparar el desarrollo de un proceso industrial común, el cual abarca las siguientes actividades:

- Programación de controles de secuencia para implementar el funcionamiento de la instalación.
- Creación de un programa flexible para las pantallas de servicio del panel táctil.

Estos dos grandes bloques se subdividen en la programación de las siguientes tareas parciales:

- Llenado del recipiente de almacenamiento.
- Limpieza del recipiente de almacenamiento.
- Envasado.

Por otra parte, además de la creación de las pantallas de servicio se abordan, adicionalmente, los pasos de programación necesarios:

- Pantalla de Inicio
- Envasado limpieza
- Llenado

Dentro de la programación que se puede llevar a cabo en el software TIA Portal, se ha escogido la metodología Grafcet como solución al desarrollo de programas de control para procesos secuenciales.

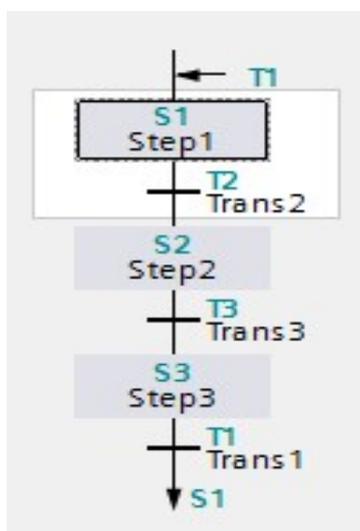
El Grafcet se compone de un conjunto de:

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

### 3.4 Programación y diseño de TIA Portal

En este apartado se presenta la implementación del sistema de control mediante la herramienta de programación GRAFCET, los diagramas de flujo de cada proceso para el sistema de entrenamiento IPA3.

#### 3.4.1 Proceso de llenado manual del tanque – IPA3



**Figura 3.3: GRAFCET – Proceso de Llenado manual del tanque.**

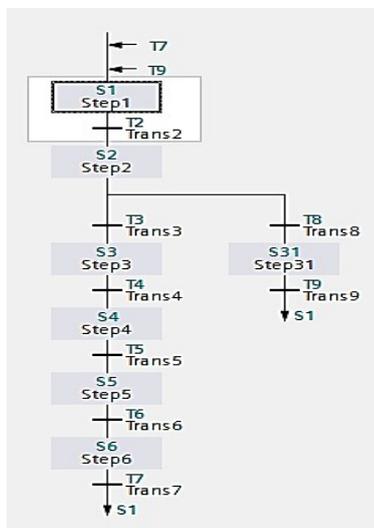
La Figura 3.3 muestra el diagrama de control GRAFCET implementado en TIA Portal para el proceso de llenado manual de tanque correspondiente al IPA3.

En la Tabla 1 se puede observar con detalle el listado de instrucciones por etapas y condiciones de transición para el proceso de llenado manual del tanque de reservorio principal del IPA3.

<b>Secuencia de transición del estado 3 al estado 1</b>	El botón virtual de tanque está lleno programado en el HMI (M_IPA3_But_full = 1) es pulsado
<b>Comandos del estado 1</b>	Nada.
<b>Secuencia de transición del estado 1 al estado 2</b>	El botón virtual de iniciar llenado programado en el HMI (M_IPA3_Start_color = 1) es pulsado.
<b>Comandos del estado 2</b>	Se desactiva la presión del recipiente de llenado. (Q_IPA3_Q6 = 0).
<b>Secuencia de transición del estado 2 al estado 3</b>	Tiempo de espera de 25 segundos.
<b>Comandos del estado 3</b>	Se mantiene la presión desactivada. (Q_IPA3_A6 = 0). Se activa la válvula de admisión de agua. (Q_IPA3_Q7 = 1).

**Tabla 1: Detalle de las instrucciones del proceso de llenado manual del tanque del IPA3**

### 3.4.2 Proceso de Limpieza y Vaciado – IPA3



**Figura 3.4: GRAFCET – Proceso de Limpieza y Vaciado del IPA3.**

La Figura 3.4 muestra el diagrama de control GRAFCET implementado en TIA Portal para el proceso de limpieza y Vaciado del tanque correspondiente al IPA3.

En la Tabla 2 se puede observar con detalle el listado de instrucciones por etapas y condiciones de transición para el proceso de limpieza del reservorio principal del IPA3.

<b>Secuencia de transición del estado 6 al estado 1</b>	El botón virtual de tanque está vacío (M_IPA3_But_empty = 1) programado en el HMI es pulsado.
<b>Secuencia de transición del estado 3.1 al estado 1</b>	El botón virtual de tanque está vacío (M_IPA3_But_empty = 1) programado en el HMI es pulsado.
<b>Comandos del estado 1</b>	Nada.
<b>Secuencia de transición del estado 1 al estado 2</b>	El botón virtual de iniciar limpieza (M_IPA3_Start_Cleaning = 1)

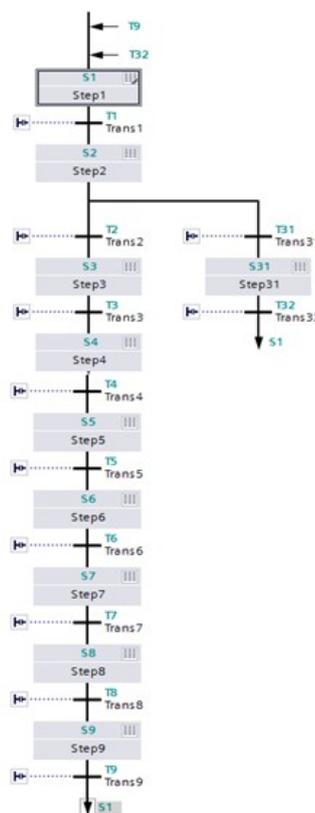
	programado en el HMI es pulsado.
<b>Comandos del estado 2</b>	Se activa la válvula de salida de fluido (Q_IPA3_Q8 = 1).
<b>Secuencia de transición del estado 2 al estado 3</b>	Pulsar el botón virtual de tanque está vacío (M_IPA3_But_empty = 1) y dar clic al botón virtual de "limpieza/vaciado" (M_IPA3_But_onlydrain = 0) para que se realice la "limpieza".
<b>Secuencia de transición del estado 2 al estado 3.1</b>	Pulsar el botón virtual de tanque está vacío (M_IPA3_But_empty = 1) y dar clic al botón virtual de "limpieza/vaciado" (M_IPA3_But_onlydrain = 1) para que se realice el "vaciado".
<b>Comandos del estado 3</b>	Se desactiva la presión en el tanque (Q_IPA3_Q6 = 0).
<b>Comandos del estado 3.1</b>	Nada.
<b>Secuencia de transición del estado 3 al estado 4</b>	Tiempo de espera de 25 segundos.
<b>Comandos del estado 4</b>	Se enciende la bomba (Q_IPA2_Pump_on = 1). El bombeo es lento (Q_IPA2_Pumping_speed = 7500). Se activa la válvula de salida de bombeo (Q_IPA2_Pump_off_B102 = 1). Se activa la válvula de admisión de fluido (Q_IPA3_Q7 = 1). Se mantiene desactivada la presión del tanque de IPA 3 (Q_IPA3_Q6 = 0).

---

<b>Secuencia de transición del estado 4 al estado 5</b>	El sensor de nivel mínimo (I_IPA3_B8 = 1) se activa.
<b>Comandos del estado 5</b>	Nada.
<b>Secuencia de transición del estado 5 al estado 6</b>	Tiempo de espera de dos segundos.
<b>Comandos del estado 6</b>	Se activa la válvula de salida de fluido (Q_IPA3_Q8 = 1).

**Tabla 2: Detalle de las instrucciones del proceso de limpieza del IPA3**

### 3.4.3 Proceso de Llenado de Botellas – IPA3



**Figura 3.5: GRAFCET – Rutina principal de llenado de botellas del IPA3.**

La Figura 3.5 muestra el diagrama de control GRAFCET implementado en TIA Portal para la rutina principal de llenado de botellas correspondiente al IPA3.

En la Tabla 3 se puede observar con detalle el listado de instrucciones por etapas y condiciones de transición para el proceso de la rutina principal de llenado de botellas correspondiente al IPA3.

<b>Secuencia de transición del estado 9 al estado 1</b>	El contenedor del sixpack llega al sensor magnético de posición final derecha ( $I\_IPA3\_IR = 1$ ) de la cinta transportadora.
<b>Secuencia de transición del estado 3.1 al estado 1</b>	El contenedor del sixpack llega al sensor magnético de posición final izquierda ( $I\_IPA3\_IL = 1$ ) de la cinta transportadora.
<b>Comandos del estado 1</b>	Nada.
<b>Secuencia de transición del estado 1 al estado 2</b>	El contenedor del sixpack se encuentra en la posición final izquierda ( $I\_IPA3\_IL = 1$ ), el eje lineal X se encuentra en la posición izquierda ( $I\_IPA3\_B4 = 1$ ), el eje lineal Z se encuentra en la posición superior ( $I\_IPA3\_B6 = 1$ ), el nivel del tanque debe ser superior al nivel mínimo permitido ( $I\_IPA3\_B8 = 1$ ), el contenedor de sixpack debe estar en la posición inicial para el llenado ( $M\_IPA3\_Err\_WPC = 0$ ) y se debe pulsar el botón virtual de iniciar llenado – sellado ( $M\_IPA23\_Start = 1$ ) programado en el HMI. Este último queda enclavado para el funcionamiento del proceso.

<b>Comandos del estado 2</b>	El contenedor de sixpack avanza lentamente hacia la derecha ( $Q\_IPA3\_QR = Q\_IPA3\_QS = 1$ ).
<b>Secuencia de transición del estado 2 al estado 3</b>	Después de un tiempo de espera de dos segundos y de contar tres botellas de lado derecho y tres botellas de lado izquierdo ( $C\_IPA3\_WPC\_r = C\_IPA3\_WPC\_l = 0$ ) se procede al tercer estado.
<b>Secuencia de transición del estado 2 al estado 3.1</b>	Después de un tiempo de espera de dos segundos, al menos hace falta una botella en el contenedor del sixpack.
<b>Comandos del estado 3</b>	El contenedor de sixpack avanza lentamente a la derecha ( $Q\_IPA3\_QR = Q\_IPA3\_QS = 1$ ) y se activa el cilindro de parada posición 1 ( $Q\_IPA3\_Q1 = 1$ ).
<b>Comandos del estado 3.1</b>	Se muestra por pantalla error de contenedor de sixpack ( $M\_IPA3\_Err\_WPC = 1$ ) y se da marcha lenta a la izquierda de la cinta transportadora. ( $Q\_IPA3\_QL = Q\_IPA3\_QS = 1$ ).
<b>Secuencia de transición del estado 3 al estado 4</b>	EL contenedor de sixpack se encuentra en la primera posición de llenado ( $I\_IPA3\_B1 = 1$ ).
<b>Comandos del estado 4</b>	Llamar a subrutina de dosificado ( $M\_IPA3\_Start\_Charging = 1$ ).
<b>Secuencia de transición del estado 4 al estado 5</b>	La subrutina finaliza y se activa la bandera ( $M\_IPA3\_Charging\_com = 1$ ).

<b>Comandos del estado 5</b>	El contenedor de sixpack avanza lentamente a la derecha (Q_IPA3_QR = Q_IPA3_QS = 1) y se activa el cilindro de parada posición 2 (Q_IPA3_Q2 = 1).
<b>Secuencia de transición del estado 5 al estado 6</b>	EL contenedor de sixpack se encuentra en la segunda posición de llenado (I_IPA3_B2 = 1).
<b>Comandos del estado 6</b>	Llamar a subrutina de dosificado (M_IPA3_Start_Charging = 1).
<b>Secuencia de transición del estado 6 al estado 7</b>	La subrutina finaliza y se activa la bandera (M_IPA3_Charging_com = 1).
<b>Comandos del estado 7</b>	El contenedor de sixpack avanza lentamente a la derecha (Q_IPA3_QR = Q_IPA3_QS = 1) y se activa el cilindro de parada posición 3 (Q_IPA3_Q3 = 1).
<b>Secuencia de transición del estado 7 al estado 8</b>	EL contenedor de sixpack se encuentra en la tercera posición de llenado (I_IPA3_B2 = 1).
<b>Comandos del estado 8</b>	Llamar a subrutina de dosificado (M_IPA3_Start_Charging = 1).
<b>Secuencia de transición del estado 8 al estado 9</b>	La subrutina finaliza y se activa la bandera (M_IPA3_Charging_com = 1).
<b>Comandos del estado 9</b>	El contenedor de sixpack avanza a la derecha (Q_IPA3_QR = 1).

**Tabla 3: Instrucciones de la rutina principal de llenado de botellas del IPA3.**

### 3.4.4 Proceso de Dosificación de Botellas – IPA3

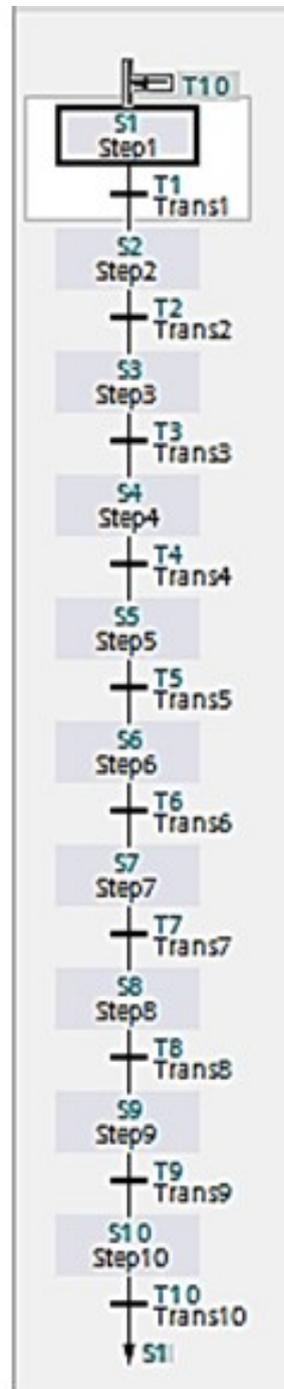


Figura 3.6: GRAFCET – Subrutina de dosificado de botellas del IPA3.

La Figura 3.6 se muestra el diagrama de control GRAFCET implementado en TIA Portal para la subrutina de dosificado de botellas correspondiente al IPA3, el detalle del listado de las instrucciones por etapas y condiciones de transición se presenta en la Tabla 4.

<b>Secuencia de transición del estado 10 al estado 1</b>	Tiempo de espera de 100 milisegundos.
<b>Comandos del estado 1</b>	Nada.
<b>Secuencia de transición del estado 1 al estado 2</b>	El eje lineal X se encuentra en la posición izquierda ( $I\_IPA3\_B4 = 1$ ), el eje lineal Z se encuentra en la posición superior ( $I\_IPA3\_B6 = 1$ ) y la subrutina de dosificado es activada ( $M\_IPA3\_Start\_Charging = 1$ ).
<b>Comandos del estado 2</b>	El eje lineal Z se desplaza hacia la posición inferior con un comando persistente ( $Q\_IPA3\_Q5 := 1$ ).
<b>Secuencia de transición del estado 2 al estado 3</b>	Se detecta el eje lineal Z en la posición inferior ( $I\_IPA3\_B7 = 1$ ).
<b>Comandos del estado 3</b>	Se activa la válvula de salida de fluido ( $Q\_IPA\_Q8 = 1$ ).
<b>Secuencia de transición del estado 3 al estado 4</b>	EL volumen de llenado de botella es alcanzado ( $C\_IPA3\_Charging = 0$ ).
<b>Comandos del estado 4</b>	El eje lineal Z regresa a la posición superior ( $Q\_IPA3\_Q5 := 0$ ).
<b>Secuencia de transición del estado 4 al estado 5</b>	Se detecta el eje lineal Z en la posición superior ( $I\_IPA3\_B6 = 1$ ).

<b>Comandos del estado 5</b>	El eje lineal X se desplaza a la derecha con un comando persistente (Q_IPA3_Q4:= 1).
<b>Secuencia de transición del estado 5 al estado 6</b>	Se detecta el eje lineal X en la posición derecha (I_IPA3_B5 = 1).
<b>Comandos del estado 6</b>	El eje lineal Z se desplaza hacia abajo (Q_IPA3_Q5:= 1).
<b>Secuencia de transición del estado 6 al estado 7</b>	Se detecta el eje lineal Z en la posición inferior.
<b>Comandos del estado 7</b>	Se activa la válvula de salida de fluido (Q_IPA_Q8 = 1).
<b>Secuencia de transición del estado 7 al estado 8</b>	El volumen de llenado de botella es alcanzado (C_IPA3_Charging = 0).
<b>Comandos del estado 8</b>	EL eje lineal Z regresa a la posición superior (Q_IPA3_Q5:= 0).
<b>Secuencia de transición del estado 8 al estado 9</b>	Se detecta el eje lineal Z en la posición superior (I_IPA3_B6 = 1).
<b>Comandos del estado 9</b>	El eje lineal X retorna a la posición izquierda (Q_IPA3_Q4:= 0).
<b>Secuencia de transición del estado 9 al estado 10</b>	Se detecta el eje lineal X en la posición izquierda (I_IPA3_B4 = 1).
<b>Comandos del estado 10</b>	(M_IPA3_Charging_com = 1).

**Tabla 4: Instrucciones de la subrutina de dosificado de botellas del IPA3.**

## CAPÍTULO 4

### 4. RESULTADOS

Dentro de este capítulo podremos encontrar los resultados obtenidos tanto en la programación del PLC como el diseño del Sistema SCADA, cabe destacar lo siguiente:

- Para efectos de la programación del PLC se utilizó el Software Step7 V13 SP1, y para el diseño del Sistema SCADA el software WinCC Advanced V13 SP1, todo esto dentro de la plataforma que nos ofrece Siemens a través de TIA Portal.
- De lo correspondiente a la Programación del PLC, se empleó el SIMATIC S7 300 con la unidad de CPU 314C-2 PN/DP en su versión 3.3
- Con respecto a la visualización del Sistema SCADA se utilizó un HMI SIMATIC Comfort Panel en su serie TP700 versión 13.0.0.0.

La conexión realizada entre el SIMATIC S7 300 y el HMI se la realizó mediante un puerto PROFINET, como se ve a continuación en la Figura 4.1:

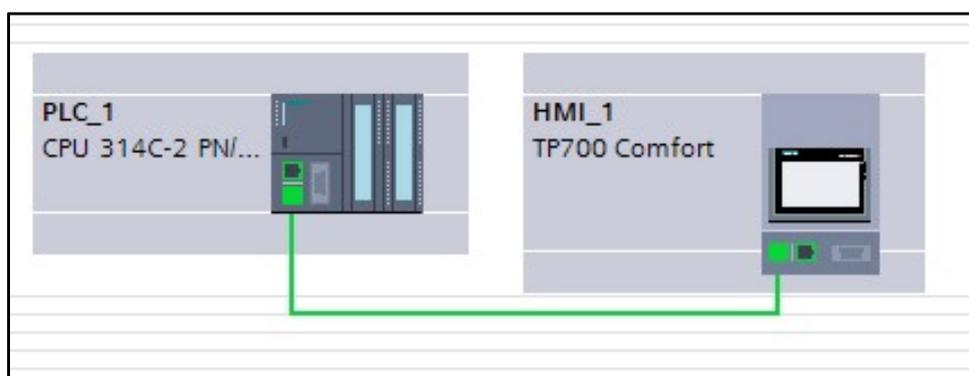
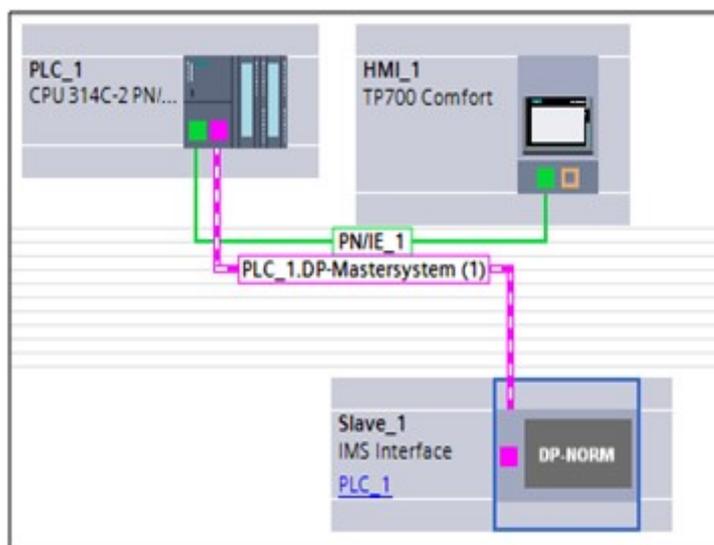


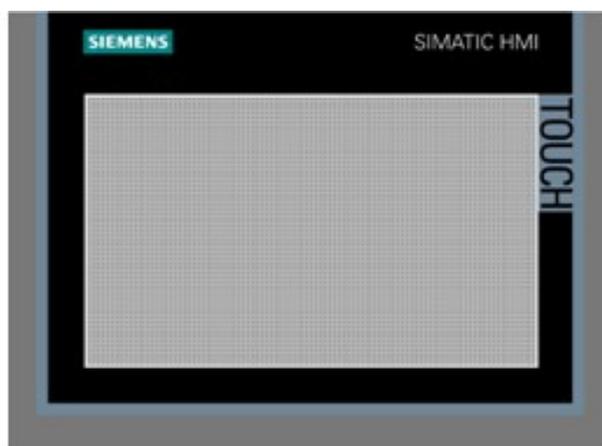
Figura 4.1: Vista Topológica.

La conexión realizada entre el SIMATIC S7 300 y el IMS interface se realizó mediante PROFIBUS, como se puede observar a continuación en la Figura 4.2:



**Figura 4.2: Vista de Redes.**

#### 4.1 Pantalla de Trabajo



**Figura 4.3: Pantalla HMI – Plantilla de Trabajo.**

La Figura 4.3 muestra la interfaz principal la cual se usa como plantilla para las pantallas HMI que se crearon para el sistema de entrenamiento IPA3.

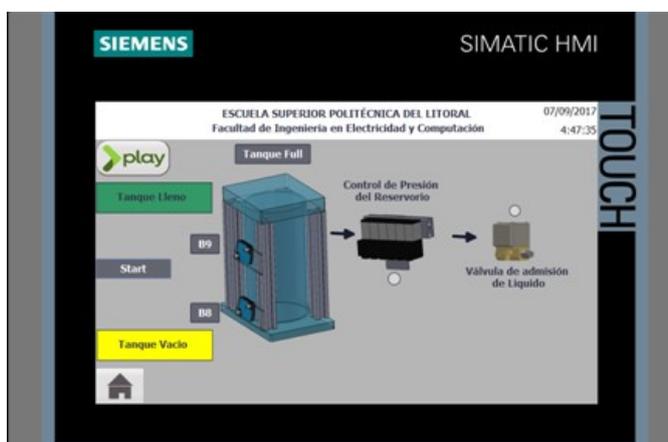
## 4.2 Pantalla Inicial



**Figura 4.4: Pantalla HMI – Pantalla Inicial.**

La Figura 4.4 muestra la pantalla inicial del programa para el sistema de entrenamiento IPA3.

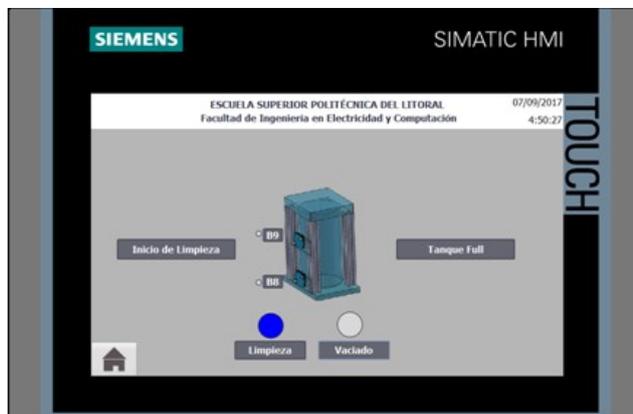
## 4.3 Proceso de Llenado IPA3



**Figura 4.5: Pantalla HMI – Proceso de Llenado Manual.**

La Figura 4.5 muestra la pantalla HMI para el proceso de llenado manual del reservorio de líquido correspondiente al IPA3.

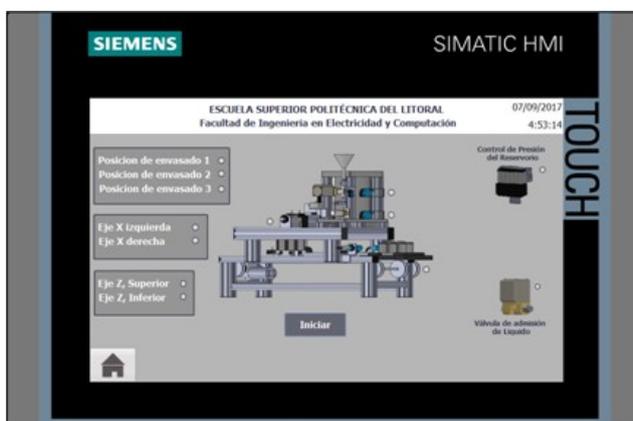
#### 4.4 Proceso de Limpieza y Vaciado del IPA3



**Figura 4.6: Pantalla HMI – Proceso de Limpieza y Vaciado.**

La Figura 4.6 muestra la pantalla HMI para el proceso de limpieza y vaciado correspondiente al IPA3.

#### 4.5 Proceso de Llenado de Botellas del IPA3



**Figura 4.7: Pantalla HMI – Proceso de Llenado de Botellas.**

La Figura 4.7 muestra la pantalla HMI para el proceso de llenado de botellas del sixpack correspondiente al IPA3.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se automatizó la Estación de Llenado IPA3, para lo cual se utilizó el lenguaje de programación GRAFCET en su totalidad, dando como resultado una mayor facilidad de comprensión en la programación.

Se logró independizar la estación IPA3 del sistema IPA que se tiene en el laboratorio de Control de Procesos Industriales, trabajando de manera autónoma, logrando así tener procesos de llenado de Botellas de manera independiente.

Se desarrolló un manual de prácticas de la estación IPA3, la cual servirá para el desarrollo académico de los estudiantes en Ing. Electrónica y Automatización.

Aunque SolidWorks nos permitió modelar la Estación de envasado no se pudo hacer una simulación del proceso, ni se lo pudo comunicar con el software de programación TIA Portal.

Se recomienda buscar los modelos que ya existen de los sensores y actuadores en la página web de los fabricantes antes de comenzar a realizar el modelamiento 3D.

Se recomienda que para simulaciones en 3D con TIA Portal se utilice otro software de simulación como Factory IO que permite la comunicación directa con PLCs.

Para lograr la simulación de la Estación de Llenado utilizando el modelo CAD 3D que se diseñó en SolidWorks, se recomienda utilizar el software MATLAB.

Para un próximo estudio se propone realizar la comunicación entre los programas SolidWorks, MATLAB y TIA Portal, para poder observar, por computador, el comportamiento en tiempo real del proceso de la Estación de Llenado IPA3.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Rouse, (2016, Abril), 3D modeling, [online]. Disponible en: <http://whatis.techtarget.com/definition/3D-modeling>
- [2] Ministerio de Educación, Tutorial de SketchUp, [online]. Disponible en: <http://www.tallertecno.com/sketchup/Tutorial-Sketchup-8.pdf>
- [3] M. Soriano, (2009, Diciembre 29), Google SketchUp - Diseño y Modelaje 3D, [online]. Disponible en: <http://edutallertics.blogspot.com/2009/12/google-sketchup-diseno-y-modelaje-3d.html>
- [4] Lucas Nülle GmbH, Quickchart IMS 1.2: Sistema de transferencia con accionamiento de cc, 1th ed., Kerpen –Colonia. 2016.
- [5] Lucas Nülle GmbH, Quickchart IPA 3: Estación de llenado, 1th ed., Kerpen – Colonia. 2016.
- [6] Lucas Nülle GmbH, (2016), IMS Sensor capacitivo para cinta incl. Soporte, [online]. Disponible en: <https://www.lucas-nuelle.com/317/pid/16082/apg/8242/IMS-capacitive-sensor-for-conveyor-belt,-inclAe-mounting.htm>
- [7] N. Becker – M. Eggeling, IPA production facilities, 1th ed, Lucas Nülle, Kerpen - Sindorf. 2016.
- [8] Siemens AG, (2017, Septiembre 22), Hoja de datos 6AV2124-0GC01-0AX0, [online]. Disponible en: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6AV2124-0GC01-0AX0>
- [9] Siemens AG, (2017, Septiembre 23), Hoja de datos 6AV2144-8GC10-0AA0, [online]. Disponible en: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6AV2144-8GC10-0AA0>

[10] J. M. Muñoz, ESTUDIO DE APLICACIÓN DE LOS ESTÁNDARES DEVICENET Y CONTROLNET DE COMUNICACIONES INDUSTRIALES COMO SOLUCIÓN DE RED DE CAMPO Y PROCESO EN UNA PLANTA INDUSTRIAL, Trabajo de Titulación, Facd. Ing. Elect., Univ. Austral de Chile, Valdivia, Chile, 2007.

[11] L. Miranda y E. Fèrez, CONTROL SECUENCIAL MEDIANTE GRAFCET DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO MODERNO IPA-23 DE LUCAS NULLE: MEZCLADO, LLENADO Y ENVASADO DE BOTELLAS, Trabajo de Titulación, FIEC, Univ. ESPOL, Guayaquil, Ecuador, 2016.

[12] 3D CAD Portal, (2017, Septiembre 21), SOLIDWORKS, [online]. Disponible en: <http://www.3dcadportal.com/solid-works.html>

[13] J. Herrera, (2012), Blender 3D en la Educación, [online]. Disponible en: [http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/181/cd/pdf/guia\\_del\\_alumnado\\_PDF.pdf](http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/181/cd/pdf/guia_del_alumnado_PDF.pdf)

[14] M. Gonzalez, (2012, Noviembre 9), Autodesk 123D Design, modelado 3D multiplataforma, gratuito y en la nube, [online]. Disponible en: <https://www.genbeta.com/herramientas/autodesk-123d-design-modelado-3d-multiplataforma-gratuito-y-en-la-nube>

## ANEXO A

### MODELADO 3D

El modelado tridimensional es el uso del software para crear un modelo virtual en tres dimensiones de un objeto físico. [1]

Este software de producción 3D especializado permite crear un modelo manipulando polígonos, aristas y vértices en un espacio tridimensional simulado o escanear objetos del mundo real en un conjunto de puntos de datos que se pueden utilizar para representar el objeto digitalmente.

El modelado en 3D se lo utiliza en amplia gama de campos como: la ingeniería, diseño de entretenimiento, cine, efectos visuales, desarrollo de juegos, publicidad comercial, diseño y fabricación asistidos por computador CAD/CAM (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing).

#### 1. Software de Diseño CAD 3D

##### 1.1. SketchUp

SketchUp es un programa de diseño 3D muy fácil de usar que permite crear, compartir y presentar modelos 3D como el que se muestra en la Figura A.1. [2]

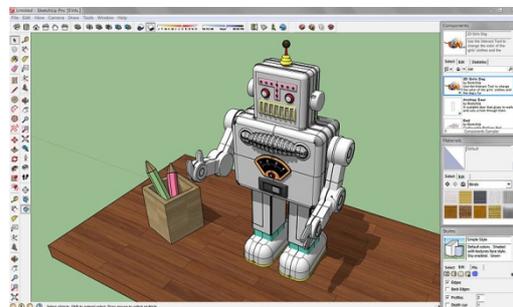


Figura A.1: Modelo de diseño 3D en SketchUp.

Este software fue diseñado para usarlo de una manera intuitiva y flexible, facilitando ampliamente su uso en comparación con otros programas de modelado 3D. Cualquier persona, desde un niño hasta un adulto, pueden de manera muy sencilla aprender a utilizar esta herramienta para diseño tridimensional. El programa también incluye en sus recursos un tutorial en vídeo para ir aprendiendo paso a paso cómo se puede ir diseñando y modelando el propio ambiente. [3]

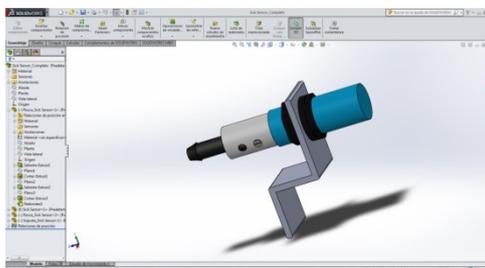
La potencialidad de este software se incrementa con los plug-in (complementos) que se pueden descargar e instalar. Por ejemplo, el plug-in Sketchyphysics, simula el efecto de gravedad en los objetos. [2]

SketchUp permite conceptualizar y modelar imágenes en 3D de edificios, coches, personas y cualquier objeto o artículo dentro de la imaginación del diseñador o dibujante.

Además, los modelos pueden ser subidos a la red mediante el propio programa y almacenarse directamente en la base de datos. [3]

## 1.2. SolidWorks

SolidWorks es un programa de diseño mecánico en 3D con el que se puede crear geometría tridimensional usando sólidos paramétricos, la aplicación está enfocada a diseño de producto, diseño mecánico, ensambles, y dibujos para taller, como se muestra en la Figura A.2



**Figura A.2: Modelo de diseño 3D en SolidWorks.**

SolidWorks diseña de forma que va dejando un historial de operaciones para que se pueda hacer referencia a ellas en cualquier momento.

Como herramienta de diseño 3D es fácil de usar, con SolidWorks se puede diseñar piezas mecánicas en 3D, evaluar ensambles de varias piezas y producir dibujos de fabricación para el taller.

Al diseñar se puede, simular virtualmente las condiciones y análisis del diseño en situaciones reales y optimizar su desempeño. El programa está basado en un motor de modelado de sólidos y también contiene comandos de creación, edición de superficies complejas, además es asociativo entre los modelos 3D y sus dibujos. [12]

### 1.3. Blender

Blender es un software destinado, en primera instancia, al modelado 3D de objetos como el mostrado en la Figura A.3. Incluye las tecnologías más utilizadas en el diseño 3D: mallas, textos, meta-objetos, curvas, superficies y modelado escultórico.

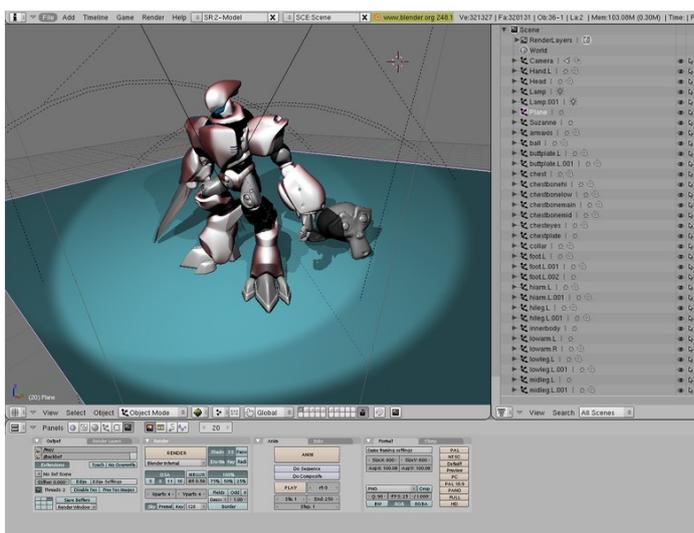


Figura A.3: Modelo de diseño 3D en Blender.

Permite crear animaciones de los modelados; desde mecánicas restringidas de artilugios robóticos hasta emisiones de partículas para explosiones, pasando por todo tipo de cinemáticas para mover personajes. Además, brinda muchas posibilidades en las simulaciones físicas.

Incorpora la potente tecnología de edición de nodos que permite disponer de cada uno de los efectos por separado y no en un orden secuencial (tipo historial) donde al anular uno de ellos, desaparecerían todos los posteriores. [13]

#### 1.4. Autodesk 123D Design

Autodesk 123D Design es una herramienta de modelado 3D gratuita y, además, multiplataforma. El usuario puede acceder a ella directamente desde su navegador, bajarse el software de escritorio para hacer sus modelos en PC o Mac como el que se muestra en la Figura A.4, o hacer sus proyectos desde la aplicación para iOS.

Para los más expertos del modelado, este programa no es el más adecuado, pero para los principiantes es bastante completo y además es muy sencillo de utilizar.



Figura A.4: Modelo de diseño 3D en Autodesk 123D Design.

Existe también una galería de proyectos, en la que los usuarios pueden ir subiendo sus creaciones. Desde allí se pueden editar los modelos o directamente descargarlos en el ordenador para trabajar con ellos o modificarlos. Este software es de mayor utilidad para aquellos que necesitan capacidades básicas de modelado y no quieren pagar una suma considerable de dinero por una aplicación que sólo van a utilizar ocasionalmente. [14]

## **2. Selección del Software de Diseño CAD 3D**

Para realizar el modelado 3D de la Estación de Envasado Lucas Nülle IPA3, se seleccionara un software de diseño CAD 3D tomando en cuenta que el software debe:

- Hacer la simulación mecánica del modelo.
- Tener compatibilidad con las librerías CAD 3D de SMC Corporation, esto debido a que la mayoría de los sensores y actuadores que conforman el subsistema IPA3 son de esta marca.
- Ser una herramienta gratuita o caso contrario con un costo de licencia.
- Ser de fácil uso para los estudiantes, en otras palabras, tiene que ser un software conocido o utilizado previamente.
- Tener si es posible una plataforma online.

La Tabla 5 muestra los criterios de selección que se van a tomar en cuenta para la selección del software de diseño CAD 3D y si este cumple o no con dichas características.

Hay 5 criterios de selección, se tomaran como de mayor importancia los que se encuentren en la parte superior de la tabla y como de menor importancia los que se encuentren en la parte inferior.

Al primer criterio se le puntuara con 5 cuando el software lo cumpla y con 0 cuando no. De la misma manera se hará con los siguientes criterios, es decir, el

segundo criterio se le puntuara con 4 cuando el software lo cumpla y con 0 cuando no. Así sucesivamente a medida que se desciende en la tabla.

Finalmente se mostrara la suma total del puntaje, mostrando así cual es el software de diseño CAD 3D más apropiado para el presente proyecto.

<b>Criterio</b>	<b>SketchUp</b>	<b>SolidWorks</b>	<b>Blender</b>	<b>Autodesk 123D Design</b>
<b>Simulación mecánica</b>	5	5	5	0
<b>Compatibilidad con librerías</b>	0	4	0	0
<b>Facilidad de uso</b>	0	3	0	0
<b>Software Gratuito</b>	2	0	2	2
<b>Plataforma Online</b>	0	0	0	1
<b>Resultados</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>3</b>

**Tabla 5: Criterios de Selección**

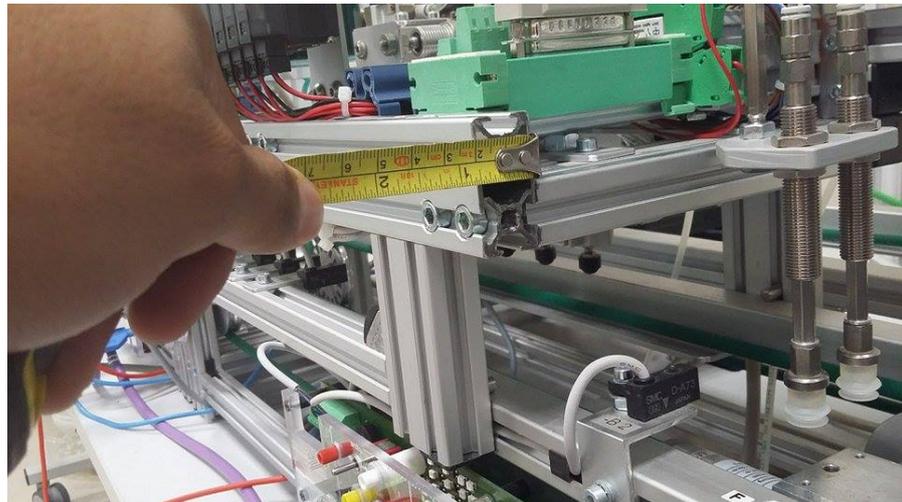
Como podemos notar en los resultados de la Tabla 5, el software de diseño CAD 3D SolidWorks es el que cumple con los criterios más importantes y aunque no es un software gratuito, esto no presentara ninguna traba para la realización del proyecto ya que en el laboratorio si se cuenta con la licencia.

### 3. Diseño de Piezas

#### 3.1. Piezas sin manual de dimensiones

Las piezas sin manual de dimensiones, son las partes de la Estación de Envasado que no cuentan con una guía que nos permita saber el ancho, el alto o el grueso de sus componentes para poder modelarlos o caso contrario, si cuentan con uno, este es poco entendible.

En la Figura A.5 se muestra la estructura del subsistema IPA3, en este caso no se contaba con un manual de dimensiones que nos permitiera modelarla.



**Figura A.5: Estructura del subsistema IPA3.**

Por lo tanto se tomaron medidas para la realización de los perfiles de la estructura en el software de diseño SolidWorks, como se muestra en la Figura A.6

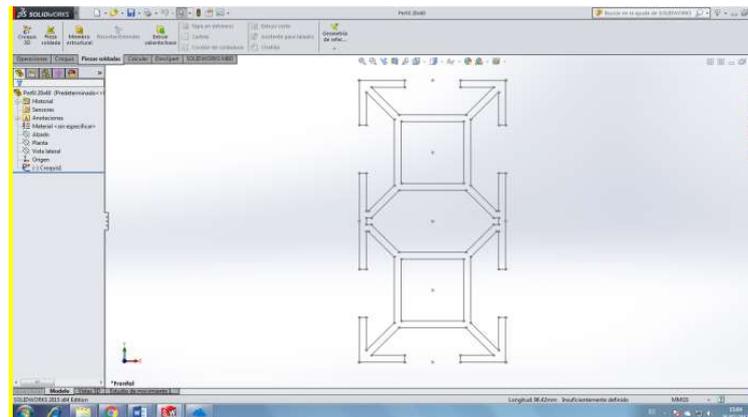


Figura A.6: Perfil de la estructura del subsistema IPA3 en SolidWorks.

### 3.2. Piezas con manual de dimensiones

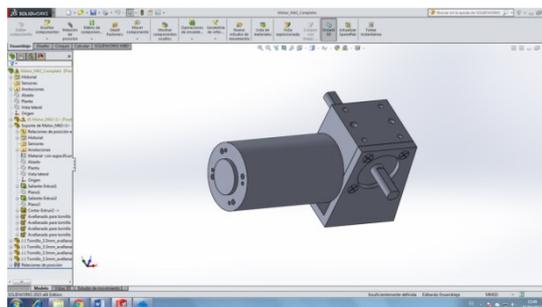
Las piezas con manual de dimensiones son aquellas cuyo fabricante proporciona las medidas necesarias para lograr un modelamiento en 3D del elemento.

En la Figura A.7 se muestra la sección del manual en la que se encuentra el dimensionamiento del motor de la banda transportadora de la Estación de Envasado.



Figura A.7: Dimensionamiento del motor de la banda transportadora del subsistema IPA3.

En la Figura A.8 se muestra el motor de la banda transportadora de la Estación de Envasado una vez que ha sido modelado en SolidWorks.



**Figura A.8: Motor de la banda transportadora del subsistema IPA3 en SolidWorks.**

### 3.3. Piezas de librería

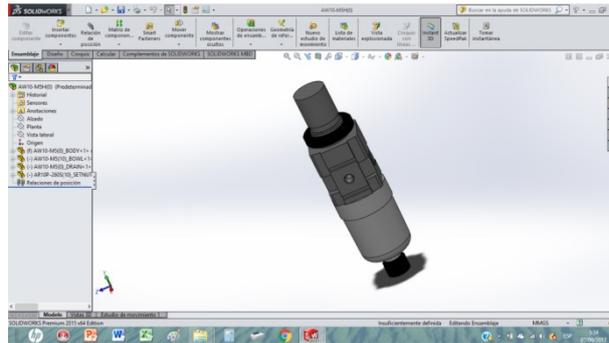
Las piezas de librería son partes que el fabricante proporciona al diseñador en un formato compatible con el software de diseño.

En la Figura A.9 se muestra uno de los modelos CAD 3D que ofrece el fabricante, este modelo se lo puede descargar en un formato compatible con SolidWorks.



**Figura A.9: Filtro del subsistema IPA3 de la librería CAD 3D de SMC Corporation.**

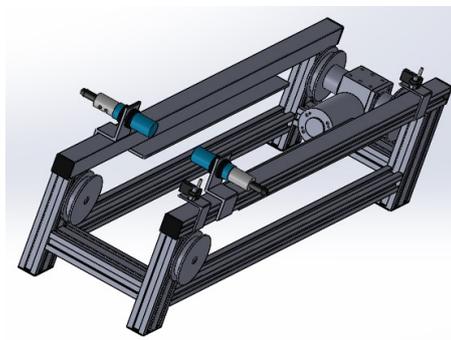
En la Figura A.10 se puede observar el diseño CAD 3D del fabricante siendo ejecutado en el software de diseño CAD 3D SolidWorks. Esto ahorra mucho trabajo en el diseño de la Estación de Envasado ya que estas partes no se tienen que elaborar.



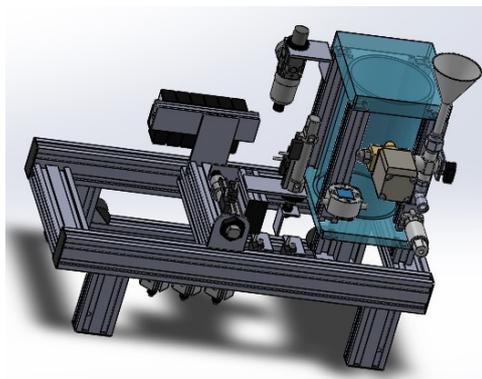
**Figura A.10: Filtro del subsistema IPA3 en SolidWorks.**

#### **4. Ensamblaje de Piezas**

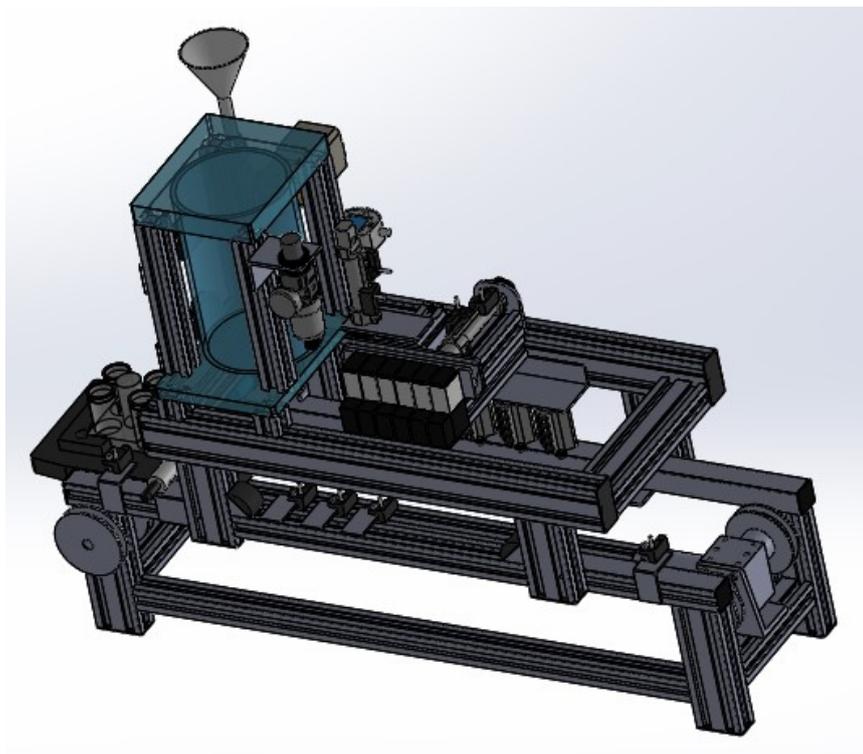
Finalmente una vez terminadas todas las piezas que conforman la Estación de Llenado IPA3, se procedió a ensamblar la estructura inferior, luego la estructura superior y por último se unió estas dos partes para terminar de formar la IPA3 como se muestra en las Figuras A.11, A.12 y A.13 respectivamente.



**Figura A.11: Estructura Inferior de la IPA3 en SolidWorks.**



**Figura A.12: Estructura Superior de la IPA3 en SolidWorks.**



**Figura A.13: Estación de Llenado IPA3 en SolidWorks.**

## ANEXO B

### MANUAL DE PRÁCTICAS

#### INTRODUCCION

En el siguiente apartado, podremos encontrar un manual de prácticas, el cual detalla paso a paso la programación del controlador utilizado (PLC S7 300), así como también el diseño de un sistema SCADA.

Para lo escrito anteriormente abarcaremos las siguientes actividades:

- Programación de controles de secuencia para implementar el funcionamiento de la instalación.
- Creación con un programa flexible de las pantallas de servicio de un panel táctil.

Estos dos grandes bloques se subdividen en la programación de las siguientes tareas parciales:

- Llenado manual del recipiente de almacenamiento.
- Limpieza y Vaciado del recipiente de almacenamiento.
- Envasado de Botellas.

Por otra parte, además de la creación de las pantallas de servicio se abordan, adicionalmente, los pasos de programación necesarios:

- Limpieza
- Llenado
- Proceso de Llenado

Dentro de la programación que se puede llevar a cabo dentro de tía portal, se ha escogido la metodología Grafcet como solución al desarrollo de programas de control para procesos secuenciales.

El Grafcet se compone de un conjunto de:

- Etapas o Estados a las que van asociadas acciones.
- Transiciones a las que van asociadas receptividades.

## PRIMEROS PASOS

Antes de empezar con la programación se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

En lo que corresponde al Software, se necesitara lo siguiente:

- TIA PORTALV13 SP1
- SIMATIC S7 plcsim v13 sp1
- Step 7 v13 sp1
- Wincc Advanced v13 sp1

Una vez instalado lo necesario en software tanto para la programación y simulación, empezamos:

## ASIGNACION DE CONTROLADOR Y HMI EN TIA PORTAL

Una vez instalado el Software, damos doble clic sobre el icono de TIA PORTAL para abrirlo,

Doble clic para abrir el programa



Una vez abierto el programa, seleccionamos la pestaña Dispositivos y redes, y seleccionamos agregar dispositivo (en este apartado se podrá elegir tanto el controlador PLC y el HMI), como vemos a continuación:

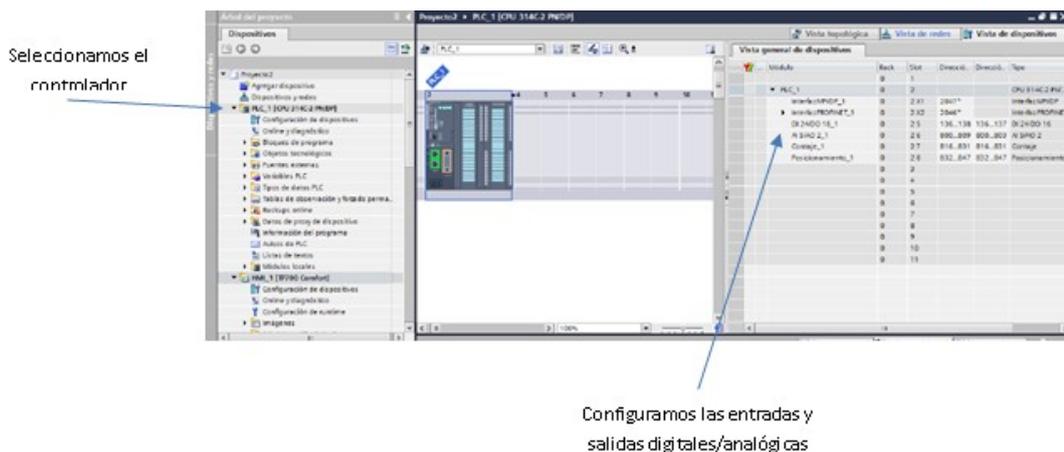


Como se observa en la pantalla previa, seleccionamos el hardware a utilizar en nuestro caso sería el siguiente:

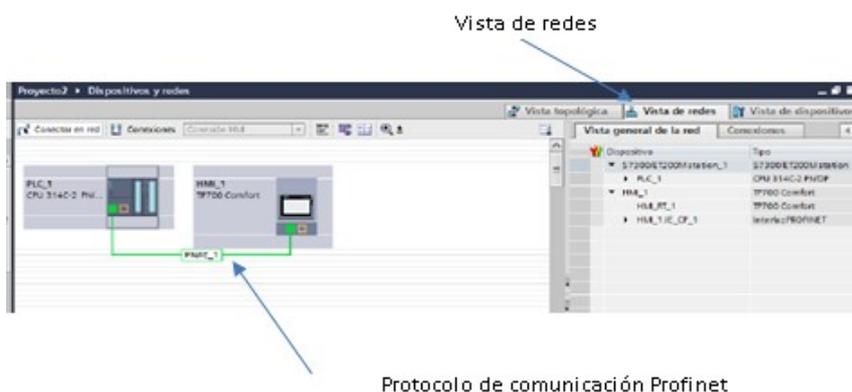
- Controladores
  - SIMATIC S7 – 300
    - CPU
      - CPU 314C-2 PN/DP
        - 6ES7 314-6EH04-0ABO
          - V3.3
- HMI
  - SIMATIC COMFORT PANEL
    - 7" DISPLAY
      - TP700 COMFORT
        - 6AV2 124-0GC01-0AXO
          - V 13.0.0

El siguiente paso es la configuración tanto de las direcciones digitales/analógicas, como el protocolo de comunicación a utilizar:

En la siguiente grafica damos clic en el PLC y configuramos las direcciones tanto digitales como analógicas, tal como se muestra en la siguiente figura:

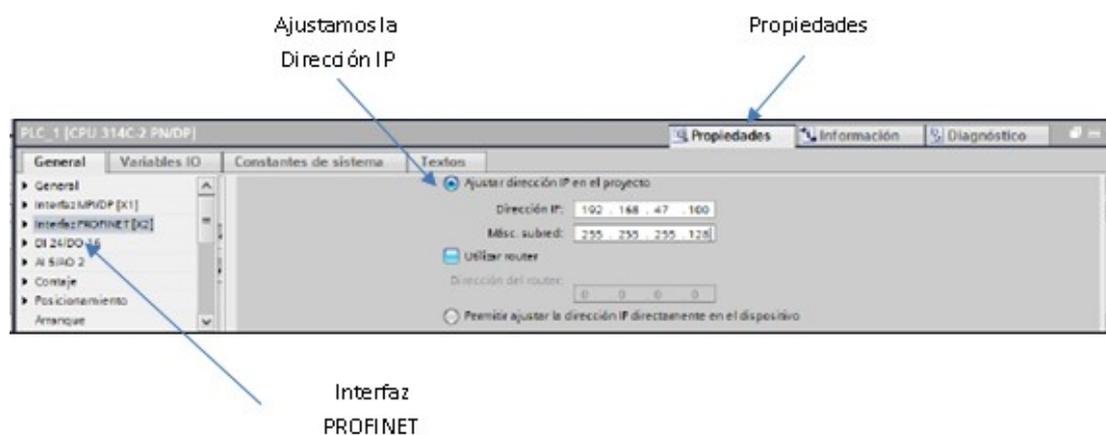


En vista de redes utilizamos el protocolo PROFINET de comunicación entre el PLC y el HMI, uniendo estos dos dispositivos (línea color verde), como se muestra a continuación:

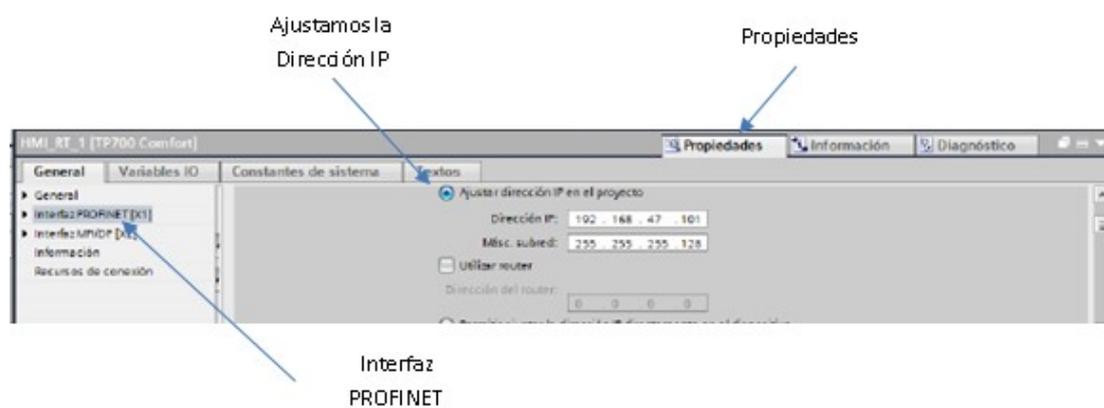


A continuación, asignamos dirección IP a nuestro controlador PLC,

Para aquello damos clic sobre el controlador (PLC), y nos colocamos en Propiedades/Interfaz PROFINET/Ajustar dirección IP del proyecto, como se ve a continuación:

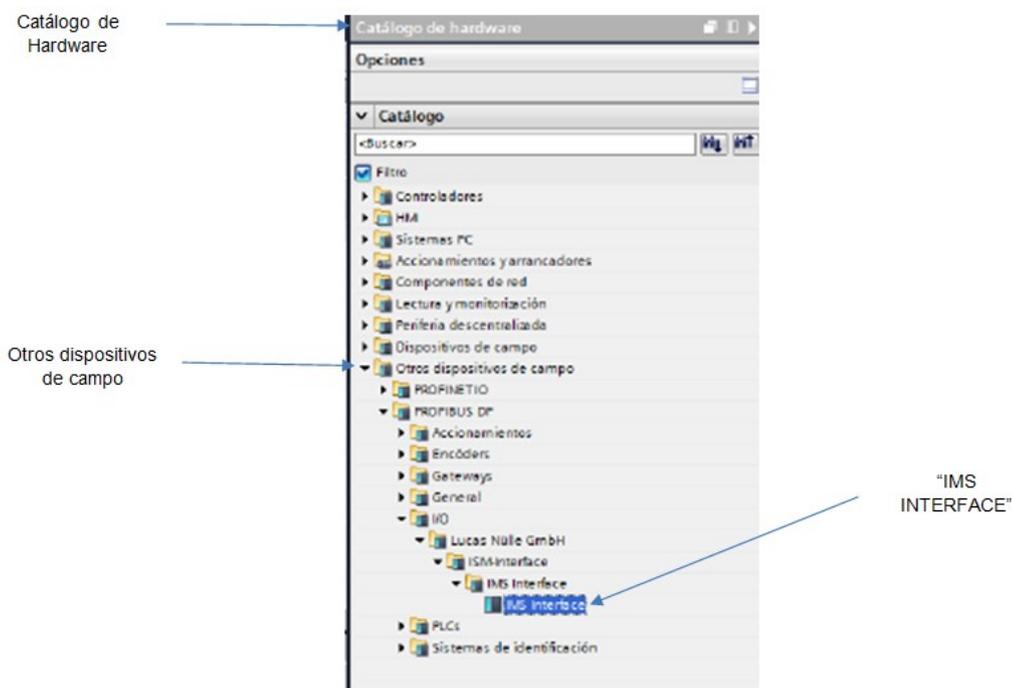


Realizamos el mismo procedimiento para configurar la Dirección IP del HMI

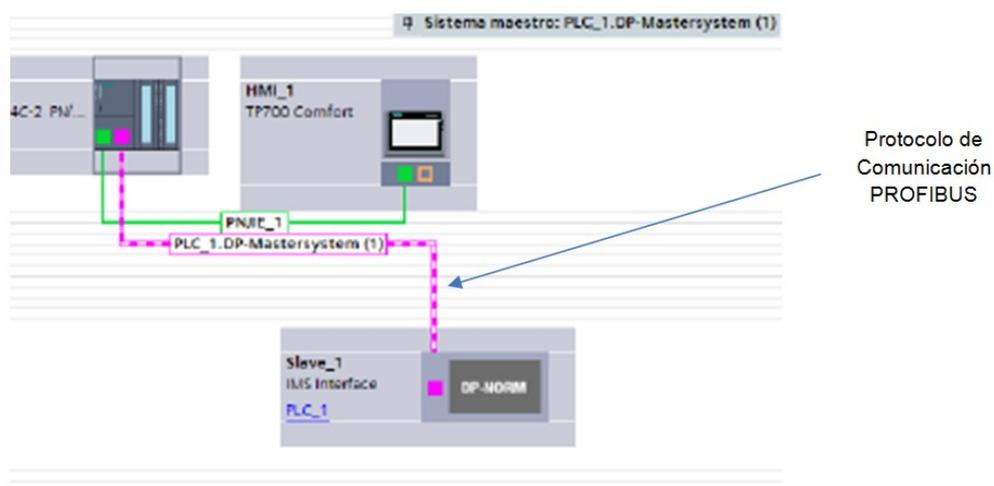


Queda colocar la tarjeta electrónica del fabricante del IPA (interface IMS), para lo cual realizamos lo siguiente:

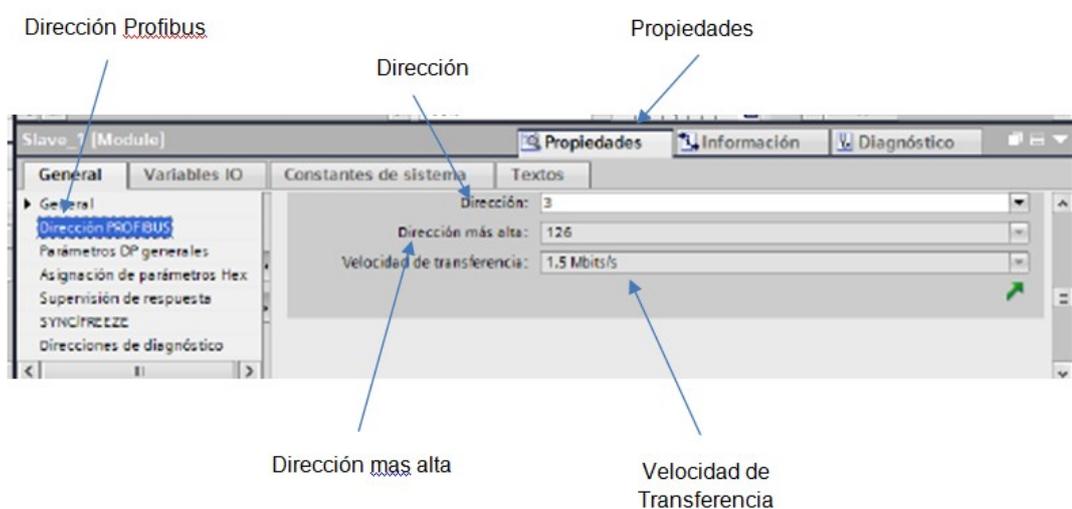
En el recuadro de "Catalogo de Hardware", seleccionamos IMS INTERFACE, tal como se muestra a continuación:



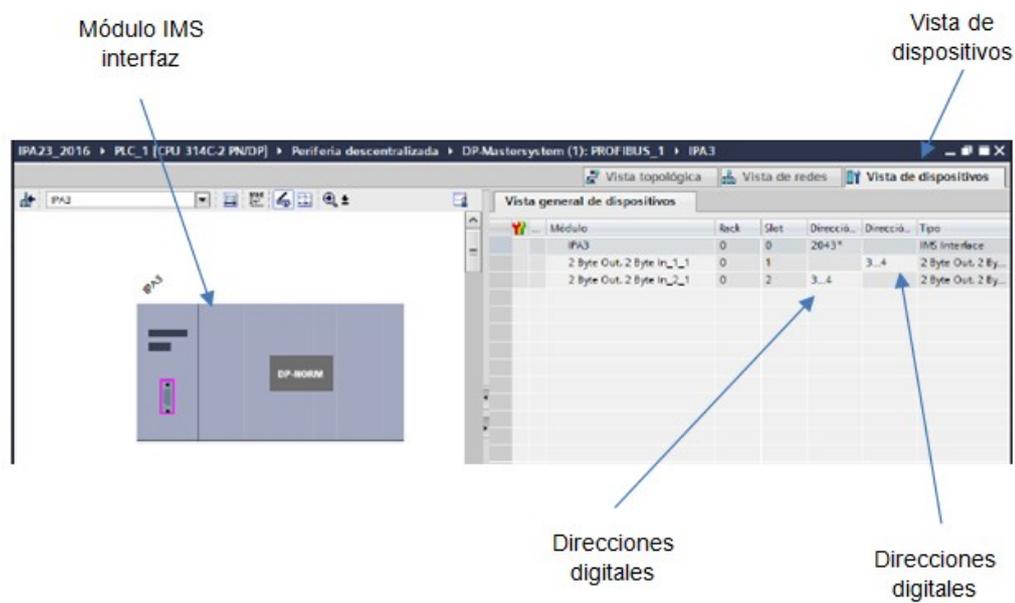
Una vez realizada la selección del IMS, configuramos su protocolo de comunicación, que para efectos de las practicas sera PROFIFUS:



A continuación, se muestra la configuración del protocolo de comunicación PROFIBUS entre el PLC y el IMS:



Por último, asignamos las direcciones digitales del interfaz IMS, como se muestra a continuación:

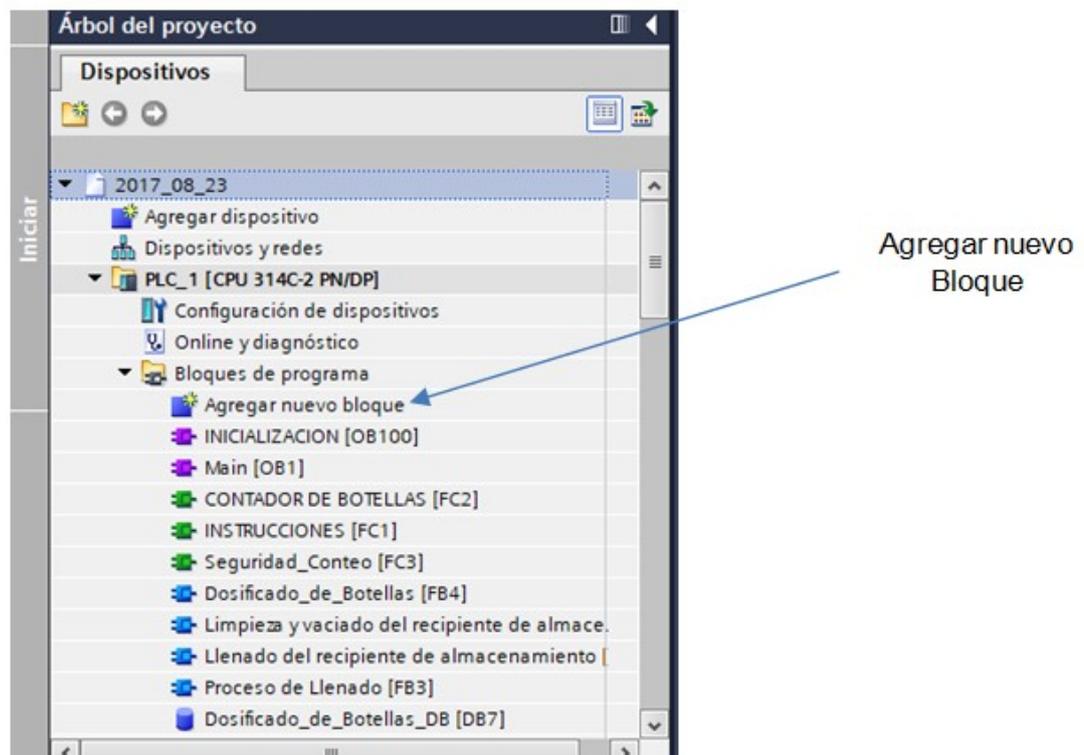


Una vez realizado anteriormente, ya estamos listos para empezar con la programación tanto del controlador como del hmi.

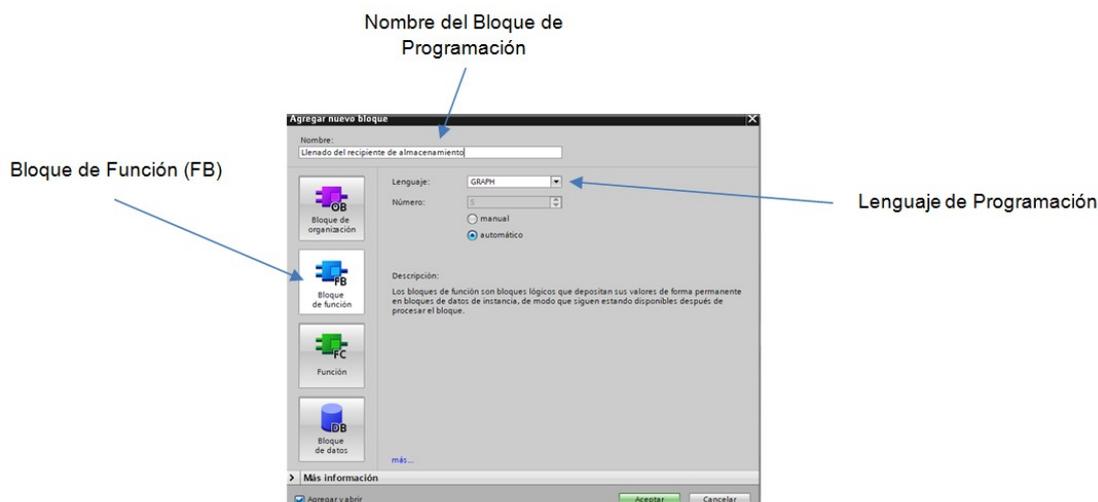
## PRACTICA 1

### Llenado Manual del Tanque

Para empezar con la Programación, en Árbol del Proyecto seleccionamos Bloques de programa/Agregar nuevo Bloque, como se muestra a continuación:



Damos clic en “Agregar nuevo Bloque”, y seleccionamos FB, tal como se muestra a continuación:



Una vez creado el bloque de Función, seguimos el siguiente listado de instrucciones por etapas y condiciones de transición para la programación del llenado manual del recipiente:

**Secuencia de transición del estado 3 al estado 1**

El botón virtual de tanque está lleno programado en el HMI ( $M\_IPA3\_But\_full = 1$ ) es pulsado.

**Comandos del estado 1**

Nada.

**Secuencia de transición del estado 1 al estado 2**

El botón virtual de iniciar llenado programado en el HMI ( $M\_IPA3\_Start\_color = 1$ ) es pulsado.

**Comandos del estado 2**

Se desactiva la presión del recipiente de llenado. ( $Q\_IPA3\_Q6 = 0$ ).

**Secuencia de transición del estado 2 al estado 3**

Tiempo de espera de 25 segundos.

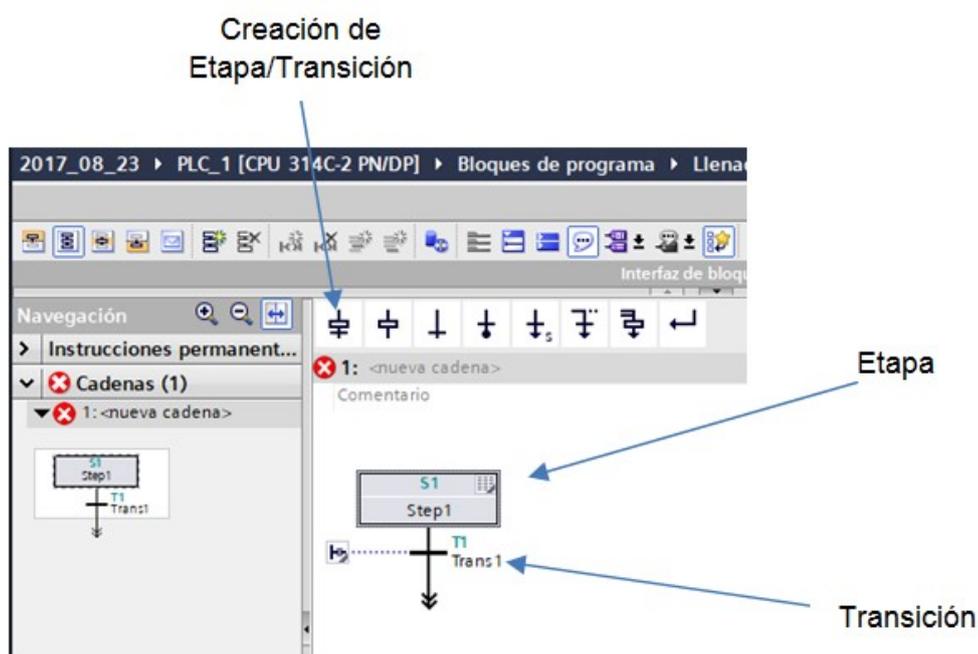
**Comandos del estado 3**

Se mantiene la presión desactivada. ( $Q\_IPA3\_A6 = 0$ ).

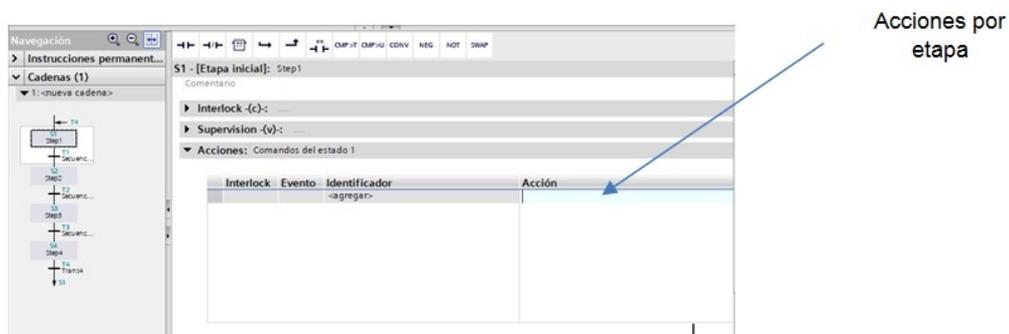
Se activa la válvula de admisión de agua. ( $Q\_IPA3\_Q7 = 1$ ).

Nota: El apartado de direcciones digitales del IMS utilizada en la programación se adjunta al final del documento

Dentro del Bloque vamos a crear etapas y condiciones de transición como se muestra a continuación:



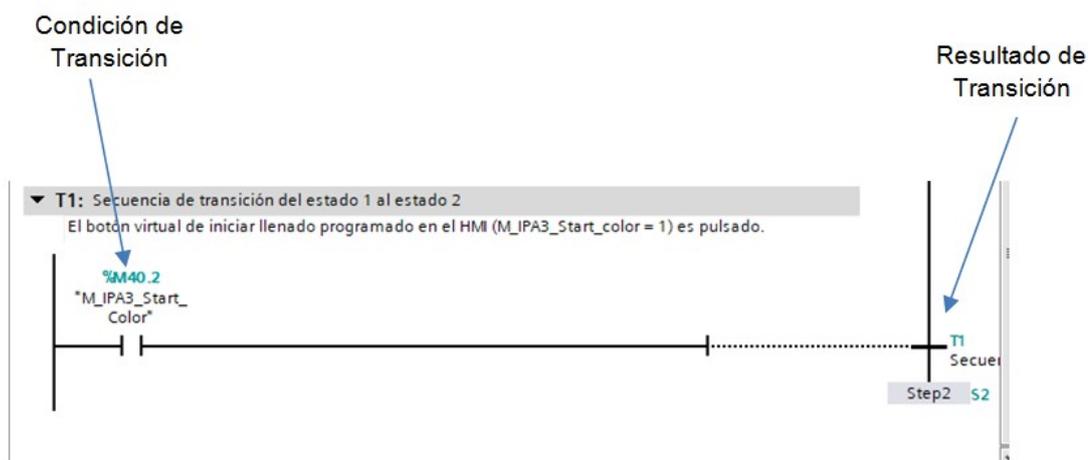
Dentro de Etapa se va a asignar las acciones mostradas en las instrucciones, y en transición se va a asignar las condiciones de transición de una etapa a otra, como se muestra a continuación:



En acciones por etapa tengo lo siguiente:

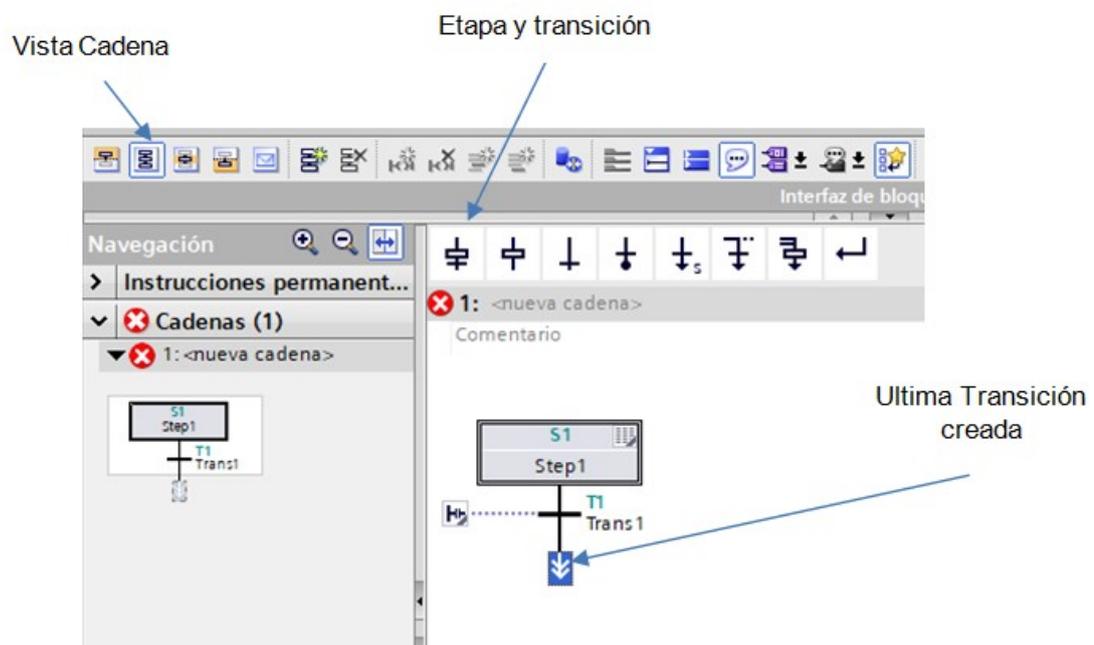
- Identificador: Es donde se elige la salida digital.
- Acción: Es donde se da un estado a mi salida digital ("0" o "1").

En lo que concierne a condiciones de transición se tiene lo siguiente:

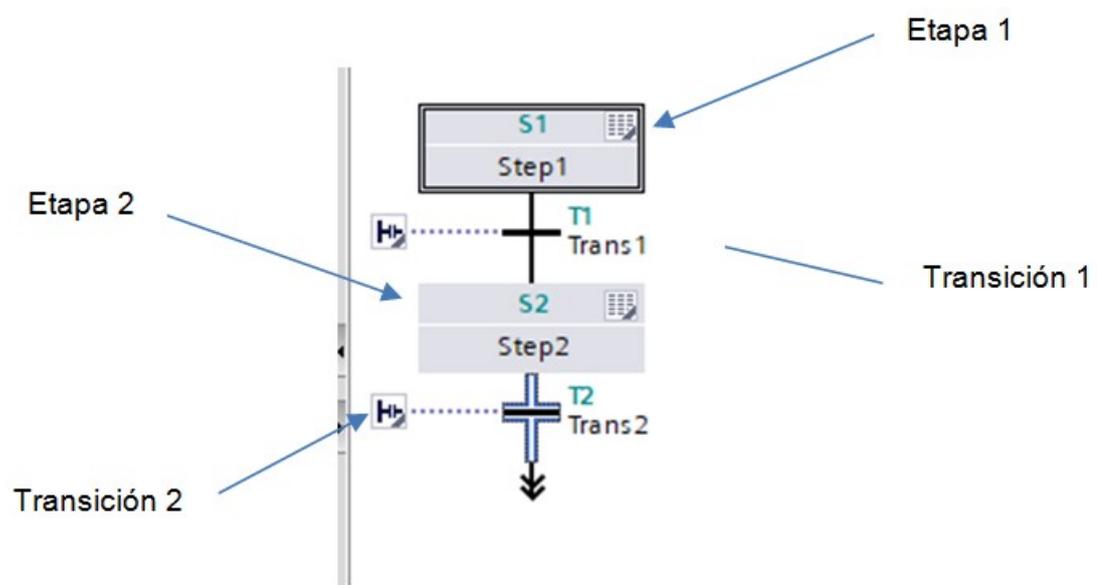


En esta línea se coloca la condición de transición de cambio de estado (las condiciones de transición son las señales enviadas tanto de entradas digitales como de marcas asignadas).

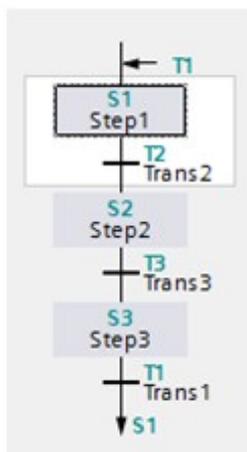
Para poder crear otro Estado/Transición, nos colocamos en la última transición creada en vista de cadena, y damos clic en Etapa y transición, como se muestra a continuación:



Dando como resultado la creación de otra etapa

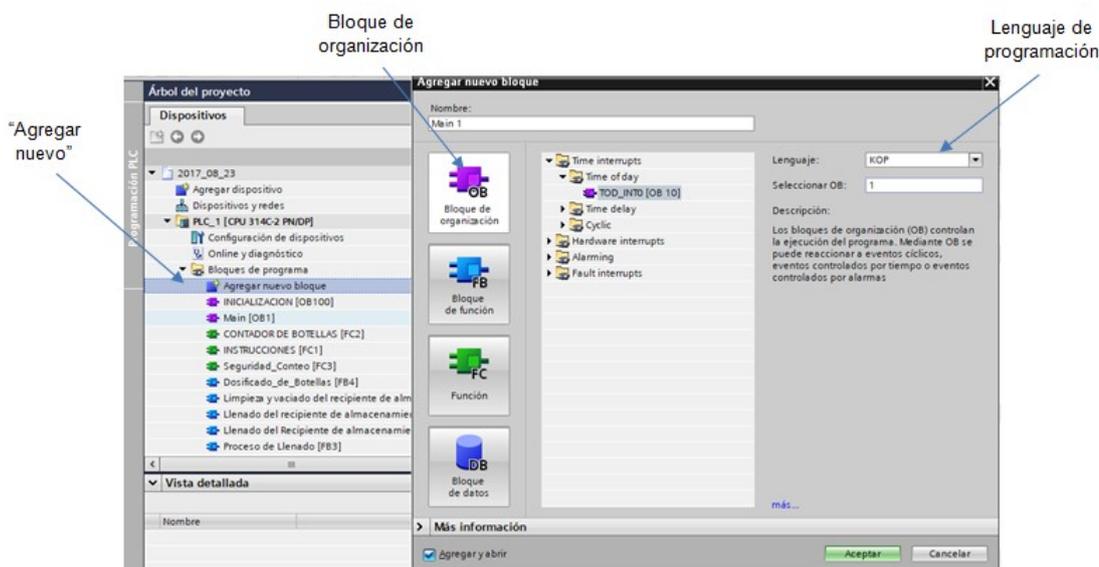


Todo lo mostrado anteriormente, se lo hace de forma secuencial, asignando a cada etapa y transición de etapa las instrucciones mostradas inicialmente en la tabla de instrucciones, dando como resultado lo siguiente:

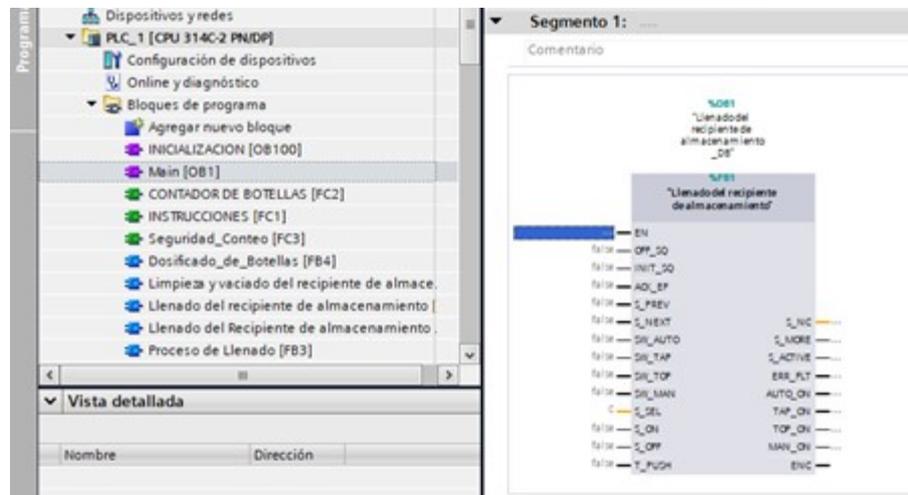


Una vez realizada la programación, se debe crear un Bloque de Organización llamada "OB", que es la encargada de ejecutar secuencialmente cada Bloque de Función y funciones de mi programa.

Para aquello debemos "Agregar nuevo Bloque" en Bloques de programa dentro del PLC, y Seleccionamos "Bloque de organización" como se muestra a continuación:



Dentro del Bloque de Organización (OB1), arrastramos nuestro Bloque de Función que deseamos que se ejecute secuencialmente.



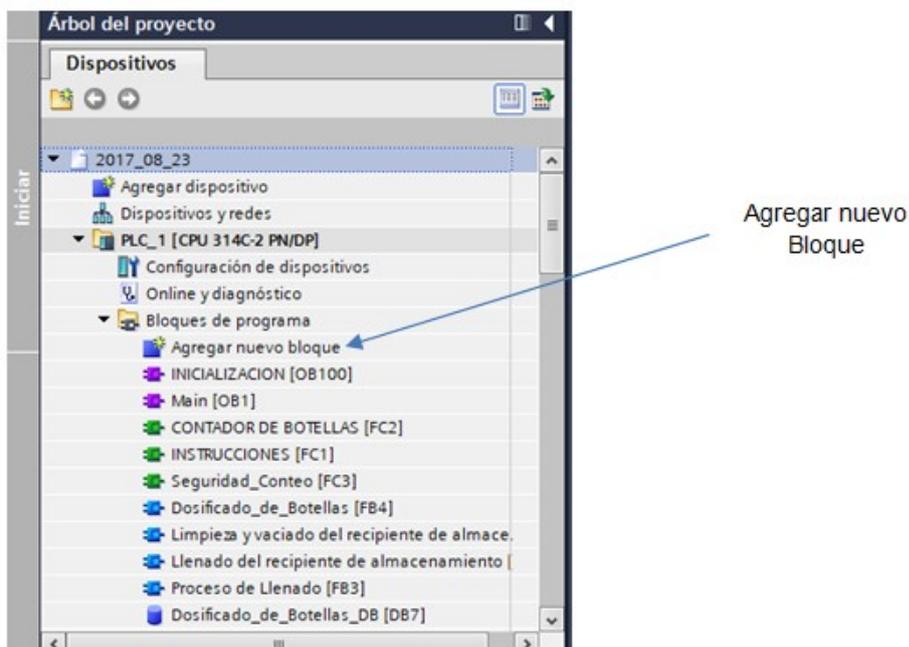
Cuando colocamos un bloque de función (FC) en un bloque de organización(OB), automáticamente se me crea un bloque de datos(DB) a la cual debemos asignar un nombre que tendría que ser el mismo que el nombre del bloque de función(FC).

El bloque de datos(DB) es un tipo de variables globales que serán utilizados en cualquier parte del programa.

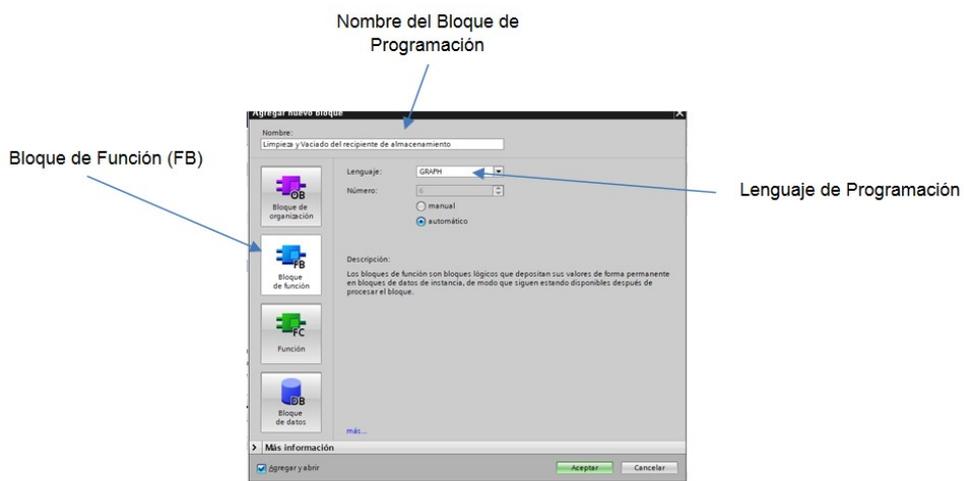
## PRACTICA 2

### Proceso de Limpieza y Vaciado

Para empezar con la Programación, en Árbol del Proyecto seleccionamos Bloques de programa/Agregar nuevo Bloque, como se muestra a continuación:



Damos clic en “Agregar nuevo Bloque”, y seleccionamos FB, tal como se muestra a continuación:



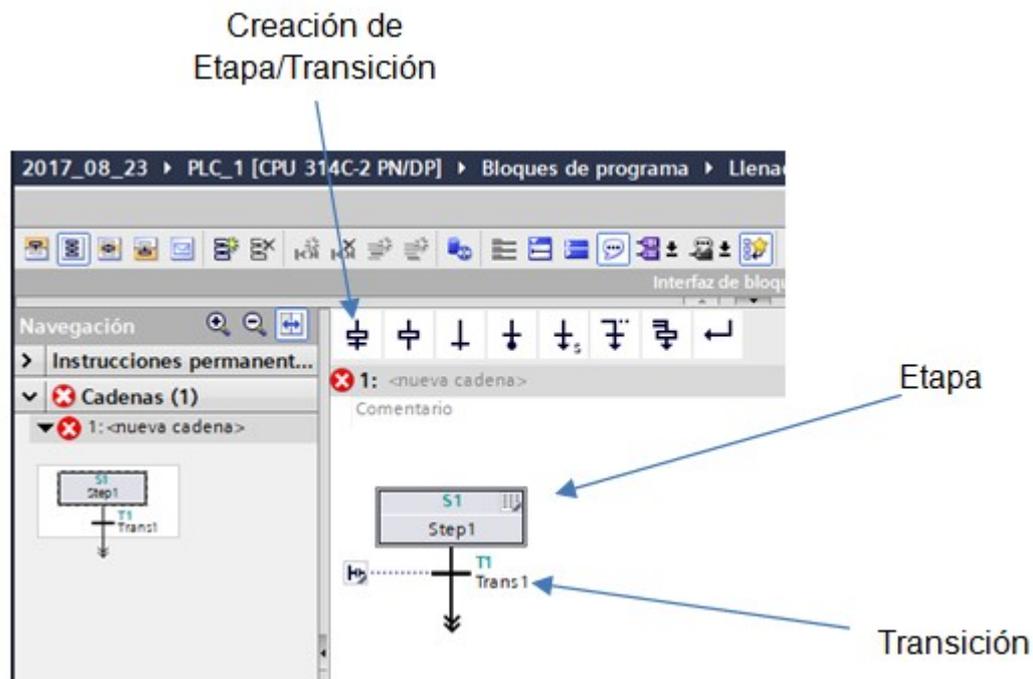
Una vez creado el bloque de Función, seguimos el siguiente listado de instrucciones por etapas y condiciones de transición para la programación de Limpieza y vaciado del recipiente:

<b>Secuencia de transición del estado 6 al estado 1</b>	El botón virtual de tanque está vacío (M_IPA3_But_empty = 1) programado en el HMI es pulsado.
<b>Secuencia de transición del estado 3.1 al estado 1</b>	El botón virtual de tanque está vacío (M_IPA3_But_empty = 1) programado en el HMI es pulsado.
<b>Comandos del estado 1</b>	Nada.
<b>Secuencia de transición del estado 1 al estado 2</b>	El botón virtual de iniciar limpieza (M_IPA3_Start_Cleaning = 1) programado en el HMI es pulsado.
<b>Comandos del estado 2</b>	Se activa la válvula de salida de fluido (Q_IPA3_Q8 = 1).
<b>Secuencia de transición del estado 2 al estado 3</b>	Pulsar el botón virtual de tanque está vacío (M_IPA3_But_empty = 1) y dar clic al botón virtual de "limpieza/vaciado" (M_IPA3_But_onlydrain = 0) para que se realice la "limpieza".
<b>Secuencia de transición del estado 2 al estado 3.1</b>	Pulsar el botón virtual de tanque está vacío (M_IPA3_But_empty = 1) y dar clic al botón virtual de "limpieza/vaciado" (M_IPA3_But_onlydrain = 1) para que se realice el "vaciado".
<b>Comandos del estado 3</b>	Se desactiva la presión en el tanque (Q_IPA3_Q6 = 0).
<b>Comandos del estado 3.1</b>	Nada.

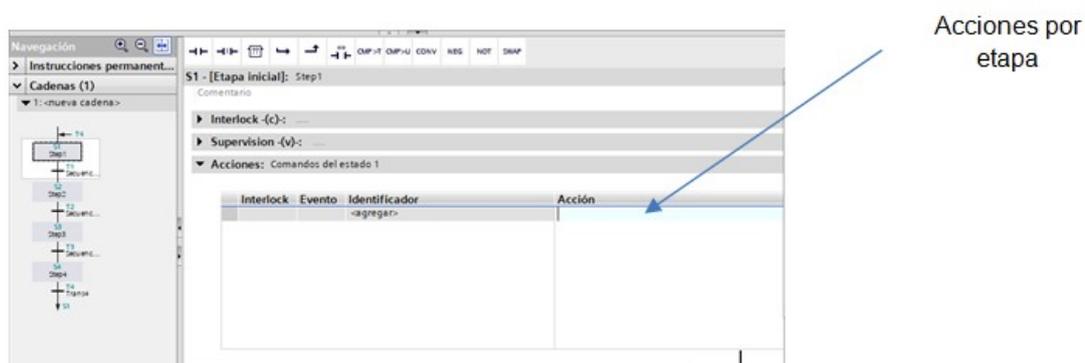
<b>Secuencia de transición del estado 3 al estado 4</b>	Tiempo de espera de 25 segundos.
<b>Comandos del estado 4</b>	<p data-bbox="810 434 1418 506">Se enciende la bomba (Q_IPA2_Pump_on = 1).</p> <p data-bbox="810 539 1418 611">El bombeo es lento (Q_IPA2_Pumping_speed = 7500).</p> <p data-bbox="810 645 1418 716">Se activa la válvula de salida de bombeo (Q_IPA2_Pump_off_B102 = 1).</p> <p data-bbox="810 750 1418 822">Se activa la válvula de admisión de fluido (Q_IPA3_Q7 = 1).</p> <p data-bbox="810 855 1418 927">Se mantiene desactivada la presión del tanque de IPA 3 (Q_IPA3_Q6 = 0).</p>
<b>Secuencia de transición del estado 4 al estado 5</b>	El sensor de nivel mínimo (I_IPA3_B8 = 1) se activa.
<b>Comandos del estado 5</b>	Nada.
<b>Secuencia de transición del estado 5 al estado 6</b>	Tiempo de espera de dos segundos.
<b>Comandos del estado 6</b>	Se activa la válvula de salida de fluido (Q_IPA3_Q8 = 1).

Nota: El apartado de direcciones digitales del IMS utilizada en la programación se adjunta al final del documento

Dentro del Bloque vamos a crear etapas y condiciones de transición como se muestra a continuación:



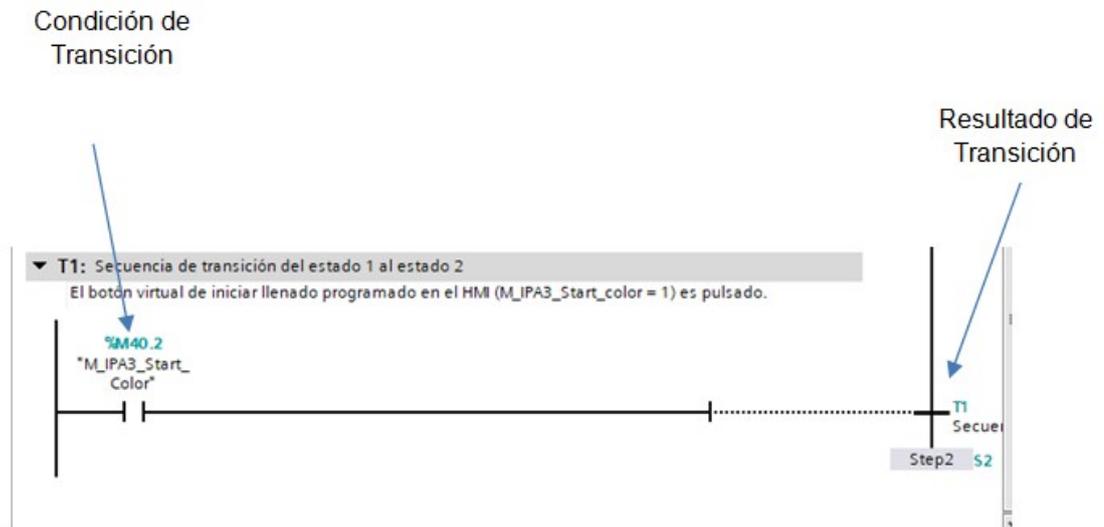
Dentro de Etapa se va a asignar las acciones mostradas en las instrucciones, y en transición se va a asignar las condiciones de transición de una etapa a otra, como se muestra a continuación:



En acciones por etapa tengo lo siguiente:

- Identificador: Es donde se elige la salida digital.
- Acción: Es donde se da un estado a mi salida digital ("0" o "1").

En lo que concierne a condiciones de transición se tiene lo siguiente:

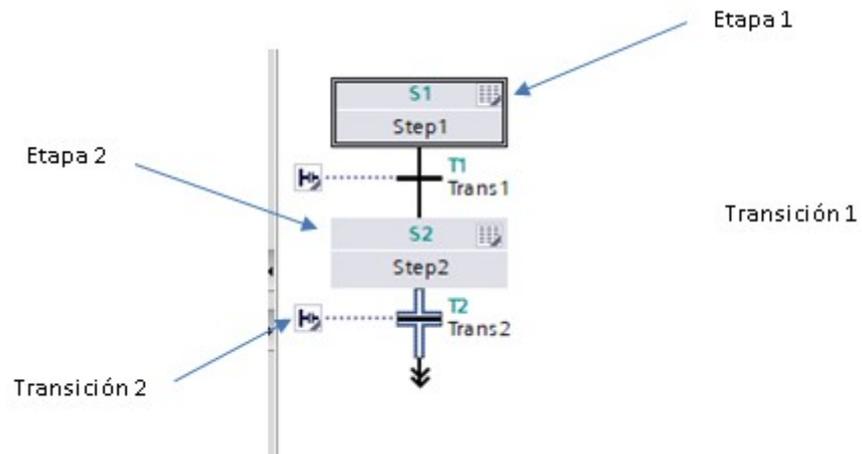


En esta línea se coloca la condición de transición de cambio de estado (las condiciones de transición son las señales enviadas tanto de entradas digitales como de marcas asignadas).

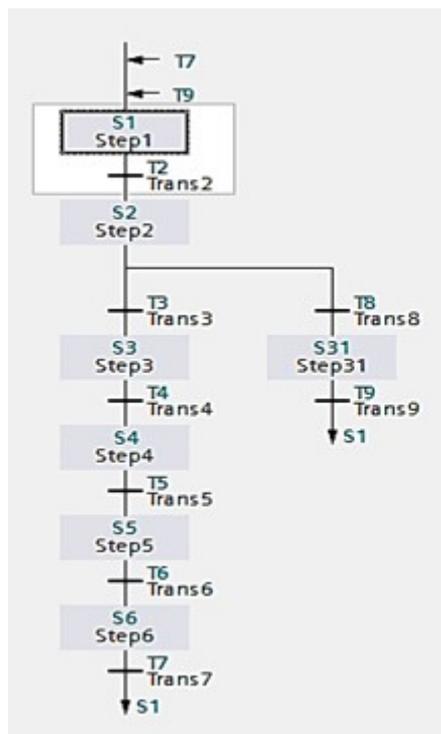
Para poder crear otro Estado/Transición, nos colocamos en la última transición creada en vista de cadena, y damos clic en Etapa y transición, como se muestra a continuación:



Dando como resultado la creación de otra etapa

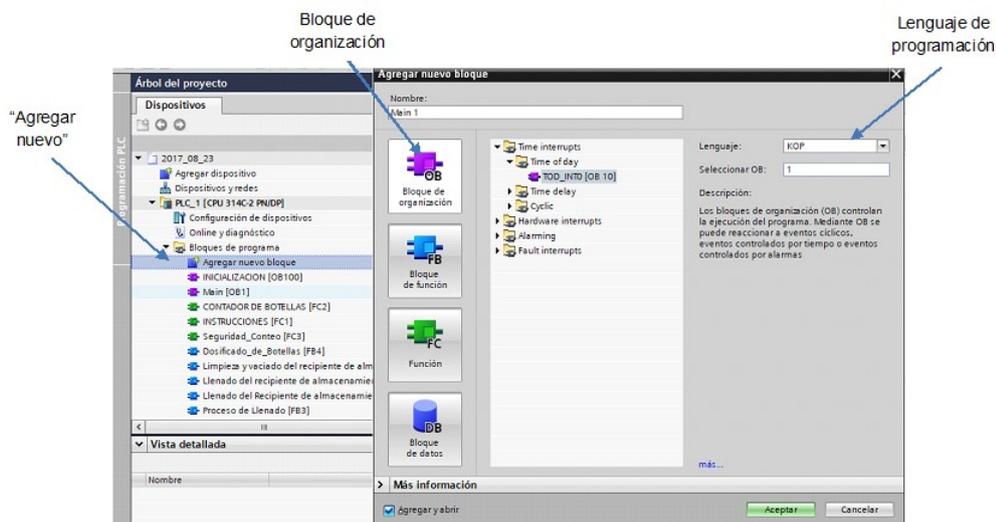


Todo lo mostrado anteriormente, se lo hace de forma secuencial, asignando a cada etapa y transición de etapa las instrucciones mostradas inicialmente en la tabla de instrucciones, dando como resultado lo siguiente:



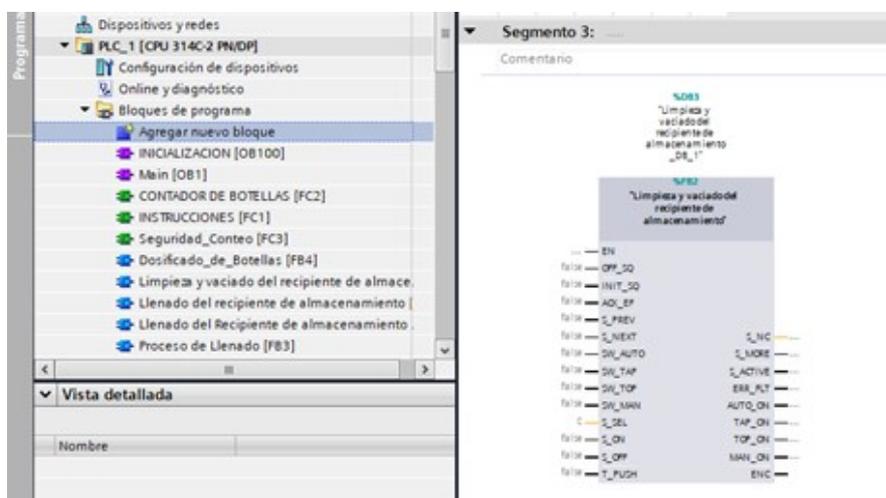
Una vez realizada la programación, se debe crear un Bloque de Organización llamada "OB", que es la encargada de ejecutar secuencialmente cada Bloque de Función y funciones de mi programa.

Para aquello debemos “Agregar nuevo Bloque” en Bloques de programa dentro del PLC, y Seleccionamos “Bloque de organización” como se muestra a continuación:



Dentro del Bloque de Organización (OB1), arrastramos nuestro Bloque de Función que deseamos que se ejecute secuencialmente.

Nota: como este bloque ya se creo en la practica 1 no se necesita crear otro, solo si no se realizo la practica 1 se debe crear el bloque de organización.



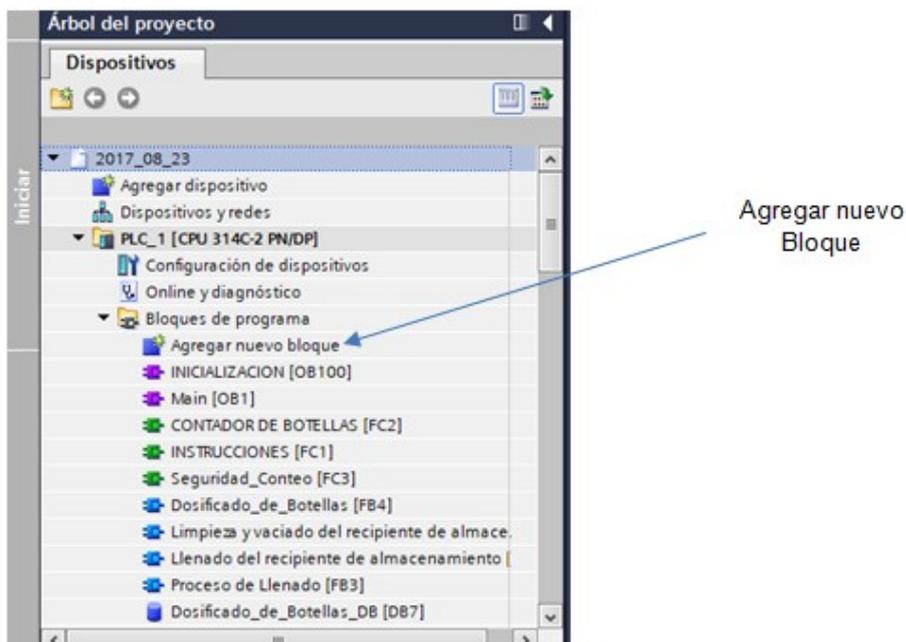
Cuando colocamos un bloque de función (FC) en un bloque de organización (OB), automáticamente se me crea un bloque de datos (DB) a la cual debemos asignar un nombre que tendría que ser el mismo que el nombre del bloque de función (FC).

El bloque de datos (DB) es un tipo de variables globales que serán utilizados en cualquier parte del programa.

## PRACTICA 3

### Proceso de Llenado de botellas

Para empezar con la Programación, en Árbol del Proyecto seleccionamos Bloques de programa/Agregar nuevo Bloque, como se muestra a continuación:



Damos clic en “Agregar nuevo Bloque”, y seleccionamos FB, tal como se muestra a continuación:



Una vez creado el bloque de Función, seguimos el siguiente listado de instrucciones por etapas y condiciones de transición para la programación del Proceso de Llenado de Botellas:

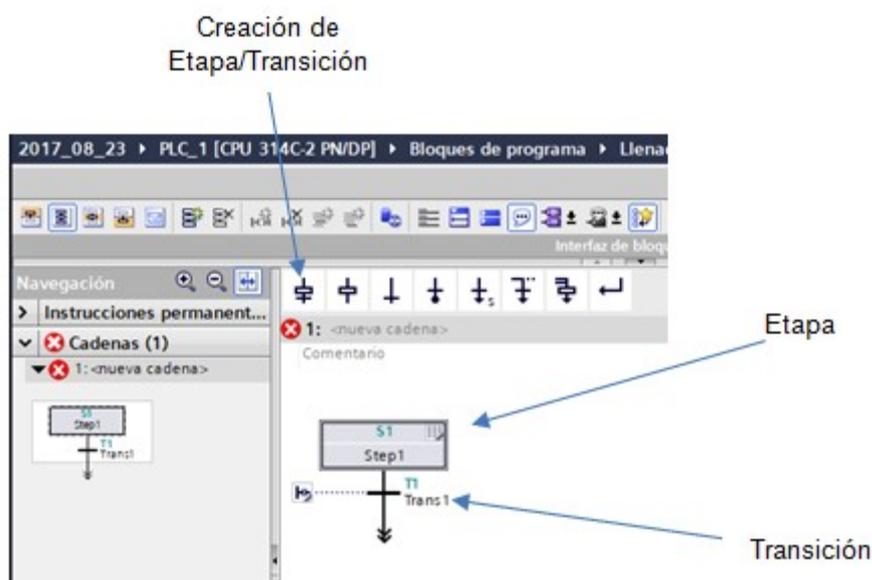
<b>Secuencia de transición del estado 9 al estado 1</b>	El contenedor del sixpack llega al sensor magnético de posición final derecha (I_IPA3_IR = 1) de la cinta transportadora.
<b>Secuencia de transición del estado 3.1 al estado 1</b>	El contenedor del sixpack llega al sensor magnético de posición final izquierda (I_IPA3_IL = 1) de la cinta transportadora.
<b>Comandos del estado 1</b>	Nada.
<b>Secuencia de transición del estado 1 al estado 2</b>	El contenedor del sixpack se encuentra en la posición final izquierda (I_IPA3_IL = 1), el eje lineal X se encuentra en la posición izquierda (I_IPA3_B4 = 1), el eje lineal Z se encuentra en la posición superior (I_IPA3_B6 = 1), el nivel del tanque debe ser superior al nivel mínimo permitido (I_IPA3_B8 = 1), el contenedor de sixpack debe estar en la posición inicial para el llenado (M_IPA3_Err_WPC = 0) y se debe pulsar el botón virtual de iniciar llenado – sellado (M_IPA23_Start = 1) programado en el HMI. Este último queda enclavado para el funcionamiento del proceso.
<b>Comandos del estado 2</b>	El contenedor de sixpack avanza lentamente hacia la derecha (Q_IPA3_QR = Q_IPA3_QS = 1).
<b>Secuencia de transición del estado 2 al estado 3</b>	Después de un tiempo de espera de dos segundos y de contar tres botellas de lado derecho y tres botellas de lado izquierdo (C_IPA3_WPC_r = C_IPA3_WPC_l = 0) se procede al tercer estado.

<b>Secuencia de transición del estado 2 al estado 3.1</b>	Después de un tiempo de espera de dos segundos, al menos hace falta una botella en el contenedor del sixpack.
<b>Comandos del estado 3</b>	El contenedor de sixpack avanza lentamente a la derecha (Q_IPA3_QR = Q_IPA3_QS = 1) y se activa el cilindro de parada posición 1 (Q_IPA3_Q1 = 1).
<b>Comandos del estado 3.1</b>	Se muestra por pantalla error de contenedor de sixpack (M_IPA3_Err_WPC = 1) y se da marcha lenta a la izquierda de la cinta transportadora. (Q_IPA3_QL = Q_IPA3_QS = 1).
<b>Secuencia de transición del estado 3 al estado 4</b>	EL contenedor de sixpack se encuentra en la primera posición de llenado (I_IPA3_B1 = 1).
<b>Comandos del estado 4</b>	Llamar a subrutina de dosificado (M_IPA3_Start_Charging = 1).
<b>Secuencia de transición del estado 4 al estado 5</b>	La subrutina finaliza y se activa la bandera (M_IPA3_Charging_com = 1).
<b>Comandos del estado 5</b>	El contenedor de sixpack avanza lentamente a la derecha (Q_IPA3_QR = Q_IPA3_QS = 1) y se activa el cilindro de parada posición 2 (Q_IPA3_Q2 = 1).
<b>Secuencia de transición del estado 5 al estado 6</b>	EL contenedor de sixpack se encuentra en la segunda posición de llenado (I_IPA3_B2 = 1).
<b>Comandos del estado 6</b>	Llamar a subrutina de dosificado (M_IPA3_Start_Charging = 1).
<b>Secuencia de transición del estado 6 al estado 7</b>	La subrutina finaliza y se activa la bandera (M_IPA3_Charging_com = 1).

<b>Comandos del estado 7</b>	El contenedor de sixpack avanza lentamente a la derecha ( $Q\_IPA3\_QR = Q\_IPA3\_QS = 1$ ) y se activa el cilindro de parada posición 3 ( $Q\_IPA3\_Q3 = 1$ ).
<b>Secuencia de transición del estado 7 al estado 8</b>	EL contenedor de sixpack se encuentra en la tercera posición de llenado ( $I\_IPA3\_B2 = 1$ ).
<b>Comandos del estado 8</b>	Llamar a subrutina de dosificado ( $M\_IPA3\_Start\_Charging = 1$ ).
<b>Secuencia de transición del estado 8 al estado 9</b>	La subrutina finaliza y se activa la bandera ( $M\_IPA3\_Charging\_com = 1$ ).
<b>Comandos del estado 9</b>	El contenedor de sixpack avanza a la derecha ( $Q\_IPA3\_QR = 1$ ).

Nota: El apartado de direcciones digitales del IMS utilizada en la programación se adjunta al final del documento

Dentro del Bloque vamos a crear etapas y condiciones de transición como se muestra a continuación:



Dentro de Etapa se va asignar las acciones mostradas en las instrucciones, y en transición se va asignar las condiciones de transición de una etapa a otra, como se muestra a continuación:



En acciones por etapa tengo lo siguiente:

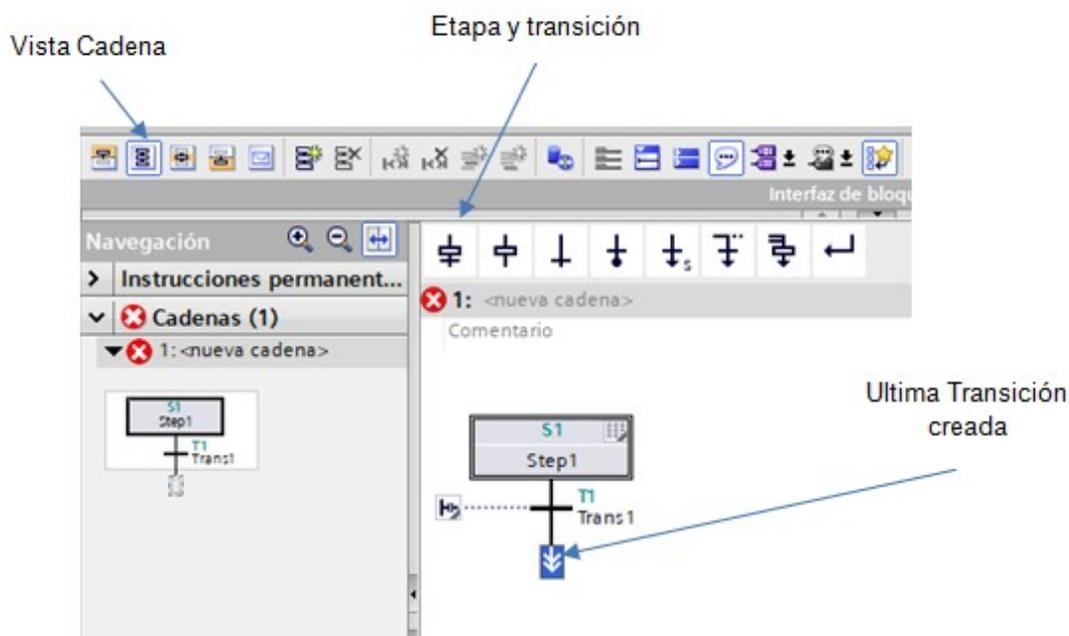
- Identificador: Es donde se elige la salida digital.
- Acción: Es donde se da un estado a mi salida digital ("0" o "1").

En lo que concierne a condiciones de transición se tiene lo siguiente:

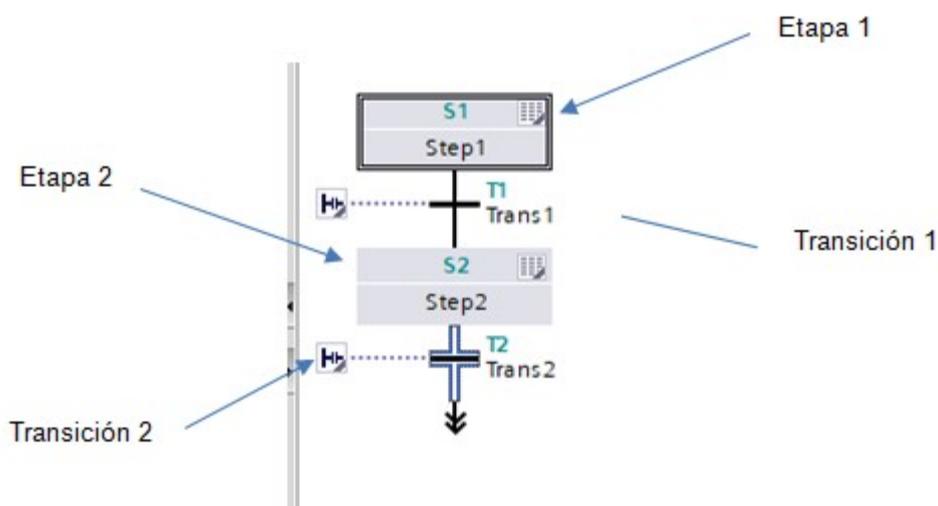


En esta línea se coloca la condición de transición de cambio de estado (las condiciones de transición son las señales enviadas tanto de entradas digitales como de marcas asignadas).

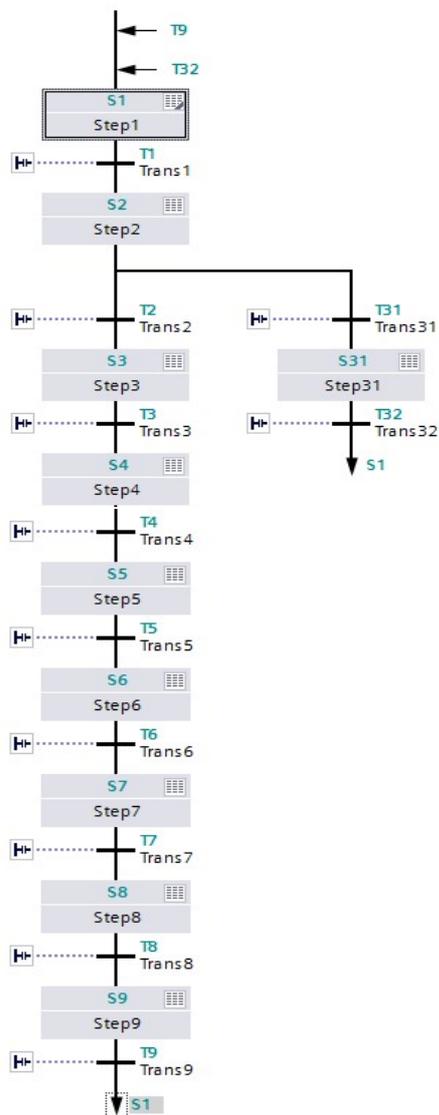
Para poder crear otro Estado/Transición, nos colocamos en la última transición creada en vista de cadena, y damos clic en Etapa y transición, como se muestra a continuación:



Dando como resultado la creación de otra etapa

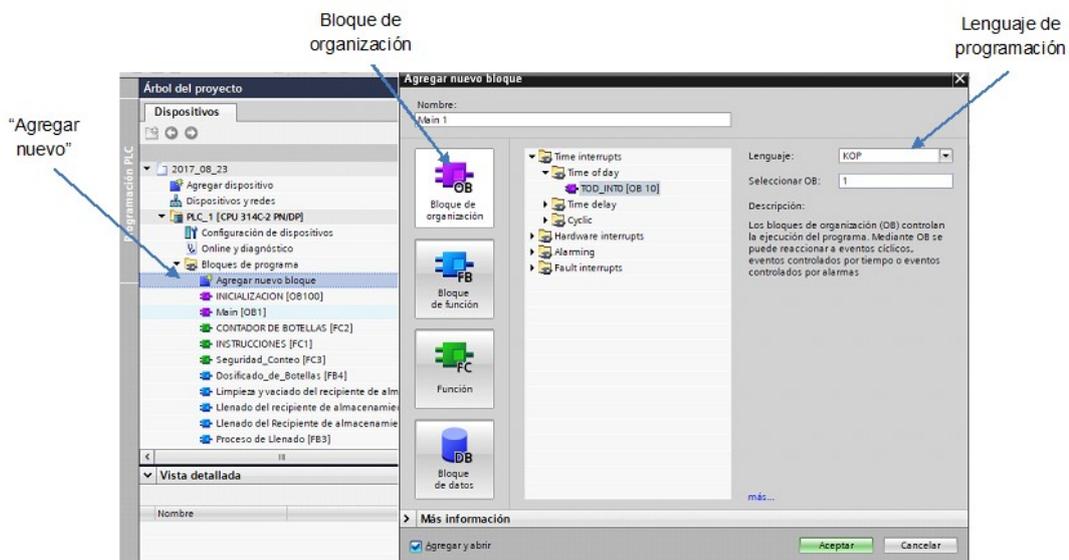


Todo lo mostrado anteriormente, se lo hace de forma secuencial, asignando a cada etapa y transición de etapa las instrucciones mostradas inicialmente en la tabla de instrucciones, dando como resultado lo siguiente:



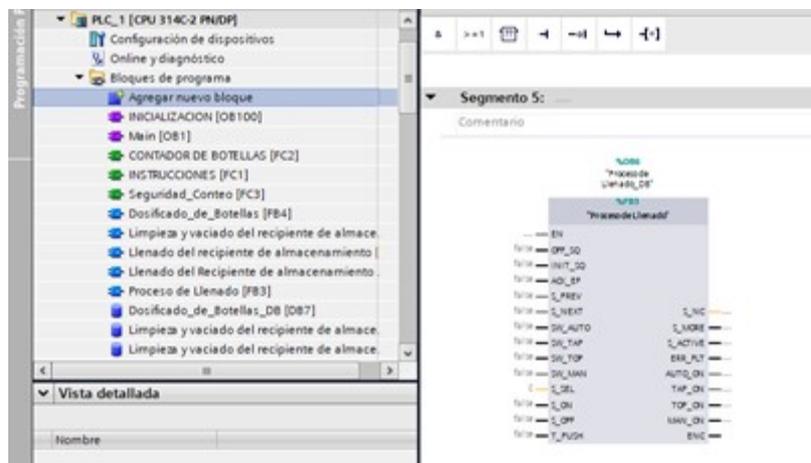
Una vez realizada la programación, se debe crear un Bloque de Organización llamada "OB", que es la encargada de ejecutar secuencialmente cada Bloque de Función y funciones de mi programa.

Para aquello debemos "Agregar nuevo Bloque" en Bloques de programa dentro del PLC, y Seleccionamos "Bloque de organización" como se muestra a continuación:



Dentro del Bloque de Organización (OB1), arrastramos nuestro Bloque de Función que deseamos que se ejecute secuencialmente.

Nota: como este bloque ya se creo en la practica 1 no se necesita crear otro, solo si no se realizo la practica 1 se debe crear el bloque de organización.



Cuando colocamos un bloque de función (FC) en un bloque de organización (OB), automáticamente se me crea un bloque de datos (DB) a la cual debemos asignar un nombre que tendría que ser el mismo que el nombre del bloque de función (FC).

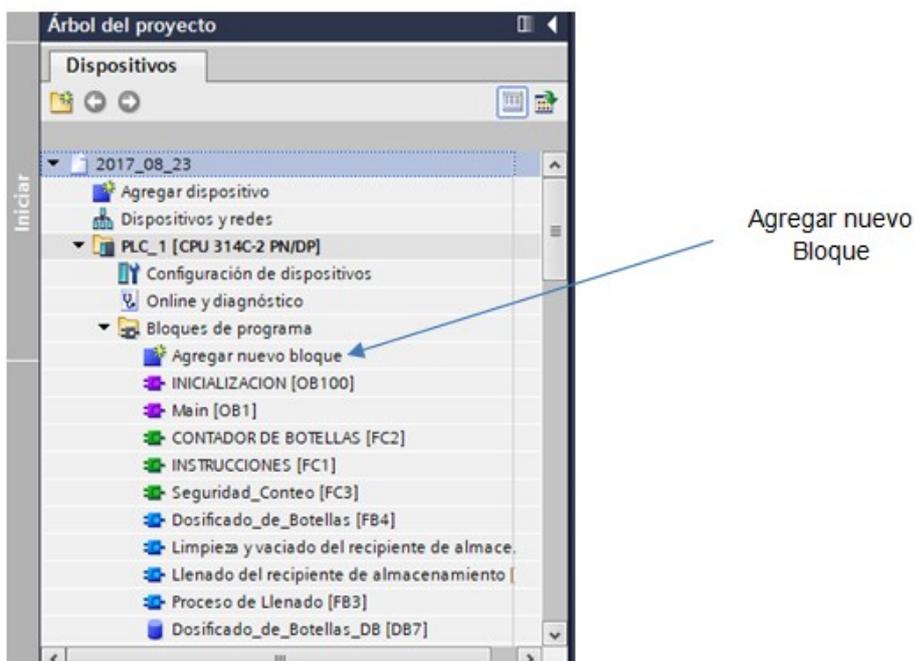
El bloque de datos (DB) es un tipo de variables globales que serán utilizados en cualquier parte del programa.

Para el proceso de llenado de Botellas es necesario crear una subrutina que corresponde a la “Dosificación de llenado de botellas”

## PRACTICA 3.1

### Subrutina “Dosificación de llenado de Botellas”

Para empezar con la Programación, en Árbol del Proyecto seleccionamos Bloques de programa/Agregar nuevo Bloque, como se muestra a continuación:



Damos clic en “Agregar nuevo Bloque”, y seleccionamos FB, tal como se muestra a continuación:



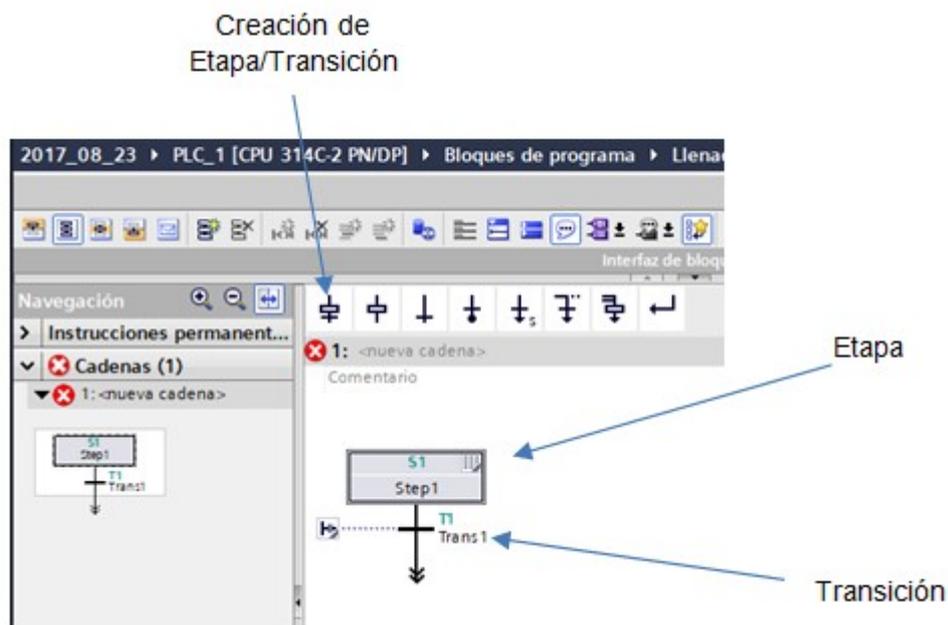
Una vez creado el bloque de Función, seguimos el siguiente listado de instrucciones por etapas y condiciones de transición para la programación del Proceso de Llenado de Botellas:

<b>Secuencia de transición del estado 10 al estado 1</b>	Tiempo de espera de 100 milisegundos.
<b>Comandos del estado 1</b>	Nada.
<b>Secuencia de transición del estado 1 al estado 2</b>	El eje lineal X se encuentra en la posición izquierda (I_IPA3_B4 = 1), el eje lineal Z se encuentra en la posición superior (I_IPA3_B6 = 1) y la subrutina de dosificado es activada (M_IPA3_Start_Charging = 1).
<b>Comandos del estado 2</b>	El eje lineal Z se desplaza hacia la posición inferior con un comando persistente (Q_IPA3_Q5 := 1).
<b>Secuencia de transición del estado 2 al estado 3</b>	Se detecta el eje lineal Z en la posición inferior (I_IPA3_B7 = 1).
<b>Comandos del estado 3</b>	Se activa la válvula de salida de fluido (Q_IPA_Q8 = 1).
<b>Secuencia de transición del estado 3 al estado 4</b>	EL volumen de llenado de botella es alcanzado (C_IPA3_Charging = 0).
<b>Comandos del estado 4</b>	El eje lineal Z regresa a la posición superior (Q_IPA3_Q5: = 0).
<b>Secuencia de transición del estado 4 al estado 5</b>	Se detecta el eje lineal Z en la posición superior (I_IPA3_B6 = 1).
<b>Comandos del estado 5</b>	El eje lineal X se desplaza a la derecha con un comando persistente (Q_IPA3_Q4:= 1).
<b>Secuencia de transición del estado 5 al estado 6</b>	Se detecta el eje lineal X en la posición derecha (I_IPA3_B5 = 1).

<b>Comandos del estado 6</b>	El eje lineal Z se desplaza hacia abajo (Q_IPA3_Q5:= 1).
<b>Secuencia de transición del estado 6 al estado 7</b>	Se detecta el eje lineal Z en la posición inferior.
<b>Comandos del estado 7</b>	Se activa la válvula de salida de fluido (Q_IPA_Q8 = 1).
<b>Secuencia de transición del estado 7 al estado 8</b>	El volumen de llenado de botella es alcanzado (C_IPA3_Charging = 0).
<b>Comandos del estado 8</b>	EL eje lineal Z regresa a la posición superior (Q_IPA3_Q5:= 0).
<b>Secuencia de transición del estado 8 al estado 9</b>	Se detecta el eje lineal Z en la posición superior (I_IPA3_B6 = 1).
<b>Comandos del estado 9</b>	El eje lineal X retorna a la posición izquierda (Q_IPA3_Q4:= 0).
<b>Secuencia de transición del estado 9 al estado 10</b>	Se detecta el eje lineal X en la posición izquierda (I_IPA3_B4 = 1).
<b>Comandos del estado 10</b>	(M_IPA3_Charging_com = 1).

Nota: El apartado de direcciones digitales del IMS utilizada en la programación se adjunta al final del documento

Dentro del Bloque vamos a crear etapas y condiciones de transición como se muestra a continuación:



Dentro de Etapa se va a asignar las acciones mostradas en las instrucciones, y en transición se va a asignar las condiciones de transición de una etapa a otra, como se muestra a continuación:



En acciones por etapa tengo lo siguiente:

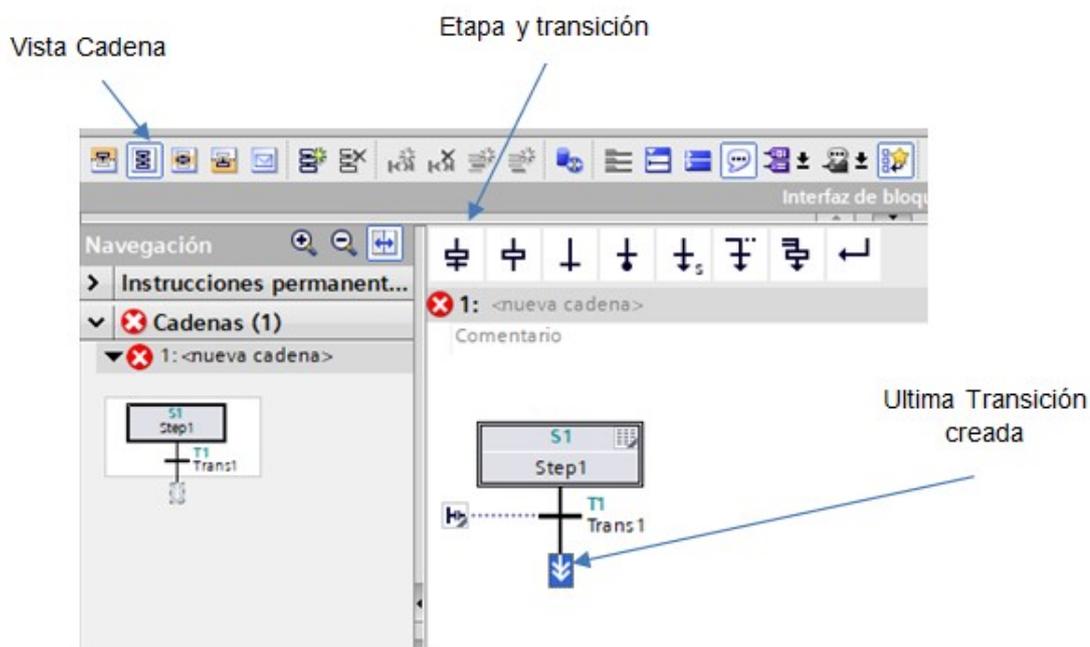
- Identificador: Es donde se elige la salida digital.
- Acción: Es donde se da un estado a mi salida digital ("0" o "1").

En lo que concierne a condiciones de transición se tiene lo siguiente:

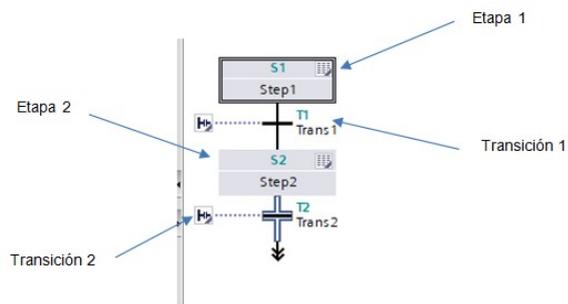


En esta línea se coloca la condición de transición de cambio de estado (las condiciones de transición son las señales enviadas tanto de entradas digitales como de marcas asignadas).

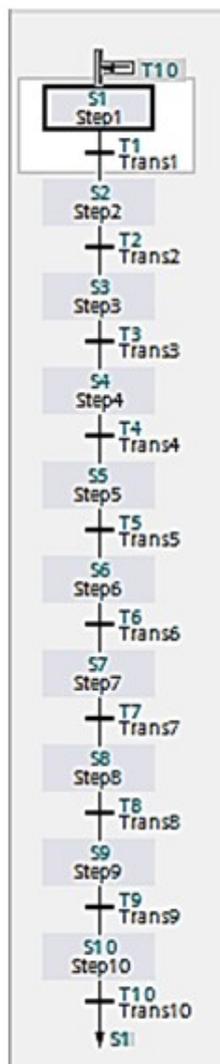
Para poder crear otro Estado/Transición, nos colocamos en la última transición creada en vista de cadena, y damos clic en Etapa y transición, como se muestra a continuación:



Dando como resultado la creación de otra etapa

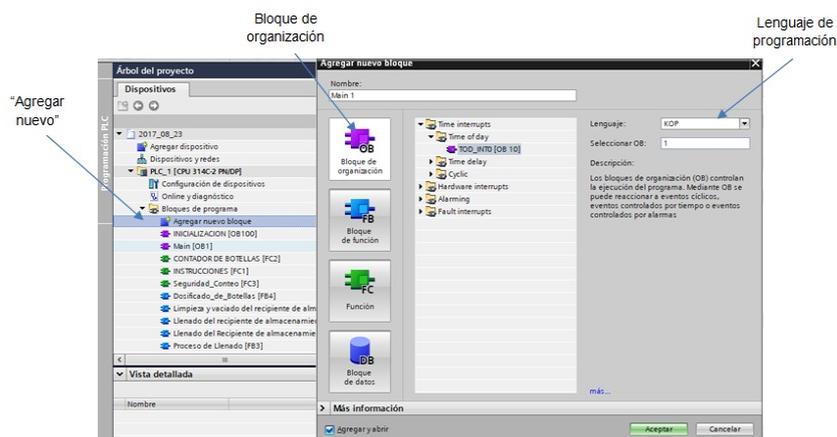


Todo lo mostrado anteriormente, se lo hace de forma secuencial, asignando a cada etapa y transición de etapa las instrucciones mostradas inicialmente en la tabla de instrucciones, dando como resultado lo siguiente:



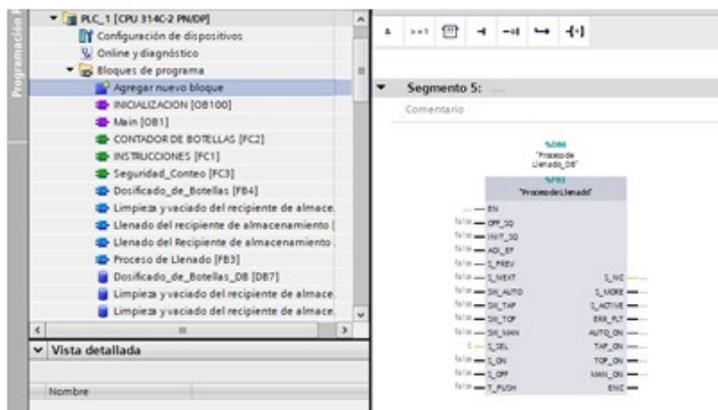
Una vez realizada la programación, se debe crear un Bloque de Organización llamada "OB", que es la encargada de ejecutar secuencialmente cada Bloque de Función y funciones de mi programa.

Para aquello debemos "Agregar nuevo Bloque" en Bloques de programa dentro del PLC, y Seleccionamos "Bloque de organización" como se muestra a continuación:



Dentro del Bloque de Organización (OB1), arrastramos nuestro Bloque de Función que deseamos que se ejecute secuencialmente.

Nota: como este bloque ya se creo en la practica 1 no se necesita crear otro, solo si no se realizo la practica 1 se debe crear el bloque de organización.



Cuando colocamos un bloque de función (FC) en un bloque de organización (OB), automáticamente se me crea un bloque de datos (DB) a la cual debemos asignar un nombre que tendría que ser el mismo que el nombre del bloque de función (FC).

El bloque de datos (DB) es un tipo de variables globales que serán utilizados en cualquier parte del programa.