

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y**  
**TELECOMUNICACIONES**



**“CONTROL AUTOMÁTICO DE NIVEL DE LLENADO DE BIDONES  
PLÁSTICOS, MEDIANTE PLC SIEMENS 314C-2DP, EN EL PROCESO  
DE ENVASADO DE AGUA PURIFICADA, PARA UNA MAYOR  
PRODUCTIVIDAD EN LA EMBOTELLADORA AQUAPURE SAC”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

SANCHEZ CHACON, CAMILO GENARO

**Villa El Salvador**

**2018**

Dedico el presente trabajo a mis padres, hermanos  
y amigos que estuvieron siempre apoyándome.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco el apoyo otorgado por mis padres y hermanos, haciendo una mención especial a mi madre y padre, por su apoyo motivacional durante la elaboración del presente trabajo.

Tampoco puedo dejar de agradecer a mis compañeros y docentes de la carrera de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la UNTELS, con quienes compartí todos estos años transcurridos dentro la universidad. Les doy gracias por hacerme mejor día a día.

## ÍNDICE

<b>Dedicatoria</b> .....	<b>ii</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>iii</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>8</b>
<b>Capítulo I: Planteamiento del problema</b> .....	<b>10</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	10
1.2. Justificación del proyecto .....	11
1.3. Delimitación del proyecto .....	11
1.3.1. Teórica .....	11
1.3.2. Espacial .....	12
1.3.3. Temporal .....	12
1.4. Formulación del problema .....	12
1.4.1 Problema general .....	12
1.4.2 Problemas específicos .....	13
1.5. Objetivos .....	13
1.5.1 Objetivo general .....	13
1.5.2 Objetivos específicos .....	13
<b>Capitulo II: Marco teórico</b> .....	<b>15</b>
2.1. Antecedentes de la investigación .....	15
2.2. Bases teóricas .....	21
2.3. Marco conceptual .....	44
<b>Capitulo III: Descripción y desarrollo del proyecto</b> .....	<b>47</b>
3.1. Descripción del proyecto .....	47
3.2. Desarrollo del automatismo .....	51
3.3. Consolidación de resultados .....	83
<b>Conclusiones</b> .....	<b>103</b>
<b>Recomendaciones</b> .....	<b>104</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>106</b>
<b>Bibliografía Electrónica</b> .....	<b>111</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>112</b>

## LISTADO DE FIGURAS

- Figura N° 01: Modelo de sistema de control
- Figura N° 02: Modelo de sistema de control PID
- Figura N° 03: PLC Siemens 314C-2DP
- Figura N° 04: Botella plástica (PET) y tapón de la botella
- Figura N° 05: Icono del programa FluidSim
- Figura N° 06: Ventana de programación/simulación de FluidSim
- Figura N° 07: Diagrama de accionamiento de actuadores u órganos de trabajo
- Figura N° 08: Representación gráfica del proceso de envasado automático.
- Figura N° 09: Diagrama de bloques del control usando un controlador PID
- Figura N° 10: Diagrama de llenado de bidón de agua
- Figura N° 11: Grafico de respuesta a entrada step en la planta
- Figura N° 12: Obteniendo los parámetros K, L según método grafico
- Figura N° 13: Respuesta de la planta implementando PID, con entrada step
- Figura N° 14: Bloque de datos DB41 para configurar el PID en el PLC
- Figura N° 15: Ventana principal del Simatic manager
- Figura N° 16: Ventana de configuración del tipo de hardware
- Figura N° 17: Ventana de configuración del PLC
- Figura N° 18: Ventana de configuración del PLC
- Figura N° 19: Segmento 1 de la programación del PLC
- Figura N° 20: Segmento 2 de la programación del PLC
- Figura N° 21: Segmento 3 de la programación del PLC
- Figura N° 22: Segunda parte del segmento 3 de la programación del PLC
- Figura N° 23: Segmento 4 de la programación del PLC
- Figura N° 24: Segmento 5 de la programación del PLC
- Figura N° 25: Segmento 6 de la programación del PLC

Figura N° 26: Segmento 7 de la programación del PLC

Figura N° 27: Segmento 8 de la programación del PLC

Figura N° 28: Bloques de organización en SIMATIC STEP 7

Figura N° 29: Bloque de programación FB41

Figura N° 30: Cuadro de configuración de variables de FB41

Figura N° 31: Simulación de la variable de salida analógica PAW 752

Figura N° 32: Entorno de simulación de PLC S7-314C-2DP de Siemens

Figura N° 33: Entorno de OPC EzOPC de Festo

Figura N° 34: Configuración de bytes en el PLCSIM

Figura N° 35: Inserción de los dispositivos de campo del proceso

Figura N° 36: Configuración de modo de comunicación del FLUIDSIM

Figura N° 37: Configuración de bytes de entrada EB0 del FLUIDSIM

Figura N° 38: Configuración de bytes de salida EB0 del FLUIDSIM

Figura N° 39: Configuración de rango de bytes de comunicación

Figura N° 40: Conexión entre PLCSIM y FLUIDSIM

Figura N° 41: Inicio de la simulación desde PLCSIM

Figura N° 42: Simulación en FluidSim

Figura N° 43: Simulación de PLCSIM y FLUIDSIM enlazados

Figura N° 44: Cuadro comparativo de la productividad antes y después de la implementación

## LISTADO DE TABLAS

- Tabla N° 01: Elementos de entrada del proceso
- Tabla N° 02: Elementos de salida del proceso
- Tabla N° 03: Direccionamiento de elementos de entrada
- Tabla N° 04: Direccionamiento de elementos de salida
- Tabla N° 05: Especificaciones del proceso productivo
- Tabla N° 06: Informe de producción del mes de julio – agosto – Parte “a”
- Tabla N° 07: Informe de producción del mes de julio – agosto – Parte “b”
- Tabla N° 08: Informe de producción del mes de julio – agosto – Parte “c”
- Tabla N° 09: Informe de producción del mes de setiembre – noviembre – Parte “a”
- Tabla N° 10: Informe de producción del mes de setiembre – noviembre – Parte “b”
- Tabla N° 11: Informe de producción del mes de setiembre – noviembre – Parte “c”

## INTRODUCCIÓN

En el área industrial cada vez más competitivo y de rápido crecimiento en la actualidad, una empresa debe ser flexible y rentable para la supervivencia; pequeñas, medianas y grandes empresas requieren nuevas tecnologías que aumenten la eficiencia de sus procesos, minimizando así el tiempo de producción. Es por ello que las industrias, por ejemplo, las dedicadas al proceso de envasado de aguas purificadas buscan tener procesos automatizados que les ayude a tener mayor precisión, reducir el costo, el desperdicio de agua y el tiempo de producción.

Por otra parte, la Automatización es el uso de sistemas de control y tecnologías de la información para reducir la necesidad de trabajo humano en la producción de bienes y servicios, este campo ha tenido un impacto notable en una amplia gama de industrias. En la actualidad, la automatización aplicada a procesos industriales ha experimentado una gran evolución debido al uso de equipos y dispositivos programables, que permiten un control casi absoluto del proceso. Dentro de esto la tecnología de los controladores lógicos programables (PLCs) está diseñada para recibir y procesar la información de una variedad de diferentes sensores para controlar diferentes máquinas con precisión y rapidez. Cuando un PLC recibe una señal, emite los controles a sus actuadores, aumentando así la confiabilidad de los equipos. El PLC juega un papel importante en el mundo de la industria de la automatización, ya que tiene la capacidad de reducir la complejidad, aumenta la seguridad y es rentable al ahorrar costos en mantenimiento.



En ese sentido y con la finalidad de controlar el nivel de llenado de bidones plásticos, se propone como alternativa de solución la utilización de un sistema automatizado mediante el PLC en el proceso de envasado de agua purificada, y elevar la productividad en la embotelladora Aquapure SAC.

Este trabajo se divide en: capítulo I, donde se describe el planteamiento del problema, que está relacionado con la carencia de un sistema automatizado en relación con el proceso de envasado de agua purificada; en el capítulo II, se desarrolla el marco teórico en el cual se sustenta la propuesta de solución, referente a la automatización de procesos y teoría de instrumentación industrial; en el capítulo III, se describe el desarrollo de la propuesta de solución, que consiste en determinar los elementos que formaran parte del proceso automatizado y la programación del controlador lógico programable; y finalmente se presentará la consolidación de resultados obtenidos, así como las conclusiones y recomendaciones.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

Actualmente la empresa embotelladora Aquapure SAC, carece de un sistema automatizado para su proceso de envasado, ya que al obtener el producto en el proceso de mezcla, los operarios abren y cierran de forma manual las válvulas del tanque de almacenamiento para el llenado de los bidones, este procedimiento afecta a la empresa en su capacidad productiva, ya que se genera retrasos en la entrega de los productos a sus clientes y se pierde producto líquido por la falta de precisión ya que muchas veces se llenan los bidones y el operario aún no ha cerrado la válvula

Además, existe una limitante en la manipulación del producto terminado que sale de la etapa de embotellamiento hacia la etapa de transporte, puesto que los bidones de agua purificada no cuentan con un dispositivo de sellado que restrinja el paso del contenido líquido; siendo los mismos operarios los que se encargan de esta etapa, al realizarse el sellado manualmente y con poca presión se genera derrame del líquido, por lo que en reiteradas ocasiones se tiene devoluciones del producto por parte del cliente, pasando nuevamente el

lote al proceso de llenado, generándose de esta manera retraso en la producción.

Es importante indicar, que todo proceso debe cumplir con las normas sanitarias que se rigen en este sector, y al realizarse de forma manual se pone en riesgo el tratamiento esterilizado que debe poseer todo proceso alimenticio.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Con un control automático en el proceso de envasado de bidones de agua purificada, se ahorra en los costos de producción por reducir procesos manuales y como consecuencia los desperdicios de agua, además se aumentará la seguridad de las instalaciones y máquinas influyendo positivamente a la protección y tranquilidad a los operarios, tanto física como mental, ante las complicaciones de un posible accidente del trabajo.

Además, el proceso de llenado cumple con una función esencial, ya que es la última etapa entre la línea de producción y el cliente, por lo que debe tener un sistema seguro, confiable y de un control absoluto; y como se detalló en la realidad problemática es la necesidad principal de la empresa Aquapure SAC.

## **1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO**

### **1.3.1 TEÓRICA**

El trabajo desarrollado desde el punto de vista teórico abarca la integración de elementos de entrada y elementos de salida con señales digitales en procesos de envasado de bidones de agua

purificada mediante la utilización de un controlador lógico programable (PLC).

Se realizará la elección del controlador desde el principio considerando que en la planta en estudio se dispone de PLC 314C- 2DP del fabricante Siemens.

### **1.3.2 ESPACIAL**

El proyecto automatizado se desarrolla en la empresa Aquapure SAC, ubicado en la calle Toquepala N° 241 Urb. Tambo Monterrico – Santiago de Surco – Lima.

### **1.3.3 TEMPORAL**

La elaboración del proyecto de ingeniería comprende el período desde agosto del 2017 a noviembre del 2018.

## **1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.4.1 PROBLEMA GENERAL**

Considerando que el incremento de la demanda de agua embotellada en el mercado es cada vez mayor (Velásquez y Gonzales, 2017), una solución para el control de proceso de producción de agua, cuya finalidad principal es reducir sus costos, por otra parte, dado que la empresa posee un PLC 314C-2DP del fabricante Siemens, se tendrá que seleccionar de manera adecuada los elementos que formarán parte del proceso, para luego desarrollar la programación con el PLC. En ese sentido, nuestro problema general es:

¿Cómo realizar el control automático del nivel de llenado de bidones plásticos, mediante el PLC Siemens 314C-2DP en el proceso de envasado de agua purificada en la embotelladora Aquapure S.A.C.?

#### **1.4.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- a) ¿Cuáles son los sensores y actuadores para considerar como parte del diseño del control automático de nivel de llenado de bidones de plásticos en el proceso de envasado de agua purificada?
- b) ¿Cuál será la programación del PLC Siemens 314C-2DP para el óptimo funcionamiento del control automático de nivel de llenado de bidones de plástico en el proceso de envasado de agua purificada?

### **1.5 OBJETIVOS**

#### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar el control automático del nivel de llenado de bidones plásticos mediante el PLC Siemens 314C-2DP y evitar pérdidas en el proceso de envasado de agua purificada en la embotelladora Aquapure SAC.

#### **1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Determinar los tipos de sensores y actuadores a considerar como parte del diseño del control automático de nivel de llenado de bidones plásticos en el proceso de envasado de agua purificada.

b) Realizar la programación del PLC Siemens 314C-2DP para el óptimo funcionamiento del control automático del nivel de llenado de bidones plásticos, en el proceso de envasado de agua purificada.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Loyola y Chávez (2015), en su trabajo de tesis titulado “Automatización del sistema de dosificación del líquido de gobierno en la producción de conservas para empresas agroindustriales para reducir tiempos de llenado y pérdidas en el proceso”.

Concluyeron que las pérdidas de líquido producidas por el prototipo, son menores a las pérdidas producidas por el sistema original, y tomando como referencia las pérdidas que se generan en el proceso manual, los desperdicios se reducen en porcentajes que van desde 33.33% hasta el 99.07% (dependiendo del volumen dosificado). Además, los tiempos de llenado de líquido por el prototipo diseñado son menores a los tiempos de llenado del sistema manual utilizado actualmente por empresas peruanas, tomando como referencia los tiempos de llenado en el proceso manual, los tiempos de dosificación se reducen en un rango que va desde 290 hasta 608 milisegundos.

Harper (2013), en su libro titulado “El ABC de la instrumentación en el control de procesos industriales”, señala que los tanques de almacenamiento usan los sensores de nivel para determinar la cantidad de material o producto, algunos de ellos usan la presión o el peso del producto

para determinar su nivel. Estos sensores se pueden clasificar en varias categorías: el sensor de punto de contacto que determina el nivel en un punto y el sensor de nivel continuo que mide el nivel de un mínimo a un máximo.

Kuo (2010), en su libro titulado “Sistemas de control Automático”, señala que, en años recientes, los sistemas de control han asumido un papel cada vez más importante en el desarrollo y avance de la tecnología. Se encuentran en todos los sectores de la industria, como control de calidad de los productos, línea de ensamble, control de máquinas y herramienta y muchos otros.

Arotinco (2015), en su tesina titulada “Criterios para seleccionar el sistema automático de una planta industrial de alimentos”, señala en su investigación que, en la práctica, las máquinas y procesos automáticos llevan Actuadores. En consecuencia, el automatismo obtenido pocas veces será totalmente eléctrico, sino que es una asociación de componentes y dispositivos neumáticos y eléctricos para mando y fuerza. De esta manera la combinación aire, electricidad y en algunos casos oleo hidráulico resultan una herramienta fuertemente indispensable para automatizar cualquier proceso industrial de alimentos y bebidas de manera eficiente.

Vergara, Molina, y Machado (2011), en un artículo científico titulado “Prototipo para control automático de nivel y caudal de líquidos”, realizaron un artículo en el que se describe un prototipo que fue desarrollado para observar y controlar las variables de nivel y de flujo mediante una interfaz hombre máquina (HMI). El prototipo se compone principalmente de una estructura diseñada para contener los elementos necesarios y del software de



visualización y control. El objetivo del proyecto era encontrar lazos de control apropiados para el control efectivo de dos de las variables ampliamente utilizadas en la industria, nivel y flujo, con equipos que fácilmente pueden ser escalados hacia una operación industrial.

Al concluir las pruebas en el prototipo afirmaron que el control de la variable de nivel depende de tres factores fundamentales: el área transversal del tanque de medición, el flujo de entrada y el flujo de salida. En el prototipo se han realizado pruebas mediante la variación del flujo de entrada proporcional a la velocidad de la bomba y además cabe resaltar que se han comprobado que las ecuaciones del sistema de caudal de agua en el tanque y las ecuaciones de control PID son aplicables y tienen un resultado coherente con los datos reales.

Gonzalo (2007), en su memoria de investigación titulada "Automatización de una Planta Industrial", el autor hace un extenso análisis de los diferentes elementos fundamentales en el curso de automatización de una fábrica industrial. Considera primeramente tomar la captura de los datos mediante los sensores y actuadores. En este trabajo se utilizan indiscriminadamente los sensores de posición los cuales permiten obtener la ubicación del producto y por ello ejecutar la acción determinada. La data enviada por los sensores es interpretada por los PLCs. A continuación, estos dispositivos utilizan la información obtenida para elaborar el procesamiento de un programa de acción. Estos PLCs, en la mayoría de los casos están conformados por una unidad de control de procesos y unos módulos de salida y entrada de datos. Éstos van a lograr interactuar sobre las variables del sistema. Los distintos PLCs se comunican mediante redes industriales. A menudo se tiene un nivel inferior llamado nivel de célula compuesto por redes ASI. En el

siguiente nivel las redes más implantadas son las PROFIBUS. En el ámbito industrial es fundamental obtener el control del valor numérico de las variables y de la evolución del sistema. Los sistemas más empleados son los SCADA que permiten un cambio de los parámetros que rigen el sistema. Para terminar, el último elemento necesario para la automatización de la planta son los controladores proporcional integral derivativo PID. Éstos hacen realidad una mejor respuesta del sistema ante eventos no deseados del sistema. Existen nuevas tendencias que aplican PID autónomos que están fundamentados en reglas heurísticas obtenidas a partir de la experiencia del programador.

Gutiérrez y López (2010), en un artículo titulado “Control difuso para un sistema de nivel implementado en un Autómata Programable” los autores presentan la implementación de un control difuso en un autómata programable para controlar un proceso de nivel real. Como resultado de las pruebas en el PLC determinaron que el controlador difuso presenta mejor desempeño comparado con el controlador PI. Además, menciona que el uso de funciones definidas por el usuario en un autómata programable potencializa el desarrollo de estrategias de control no convencional como las de control inteligente. De esta manera economiza dinero al definir el sistema difuso en el autómata programable ya que no hay necesidad de comprar un sistema propio de un fabricante de tecnologías asociadas.

Danilles y Custodio (2010), en su artículo titulado “Programación a distancia del PLCs Simatic S7-300 para realizar prácticas virtuales en Ingeniería”, el autor diseña un sistema Scada para la programación a distancia del PLC Simatic S7-300 y la realización de prácticas virtuales de laboratorio a través de Internet. Los programas creados en el entorno de Step 7 permitieron

controlar la maqueta hidráulica interconectada con el sistema de automatización S7-300 con lo cual, se demuestra la posibilidad de establecer la comunicación con el PLC y programar este equipo a distancia. Aunque el proceso controlado se encuentra basado en una maqueta hidráulica puede ser aplicado a otros sistemas físicos para maximizar el uso del laboratorio virtual. Además, se comprobó el correcto funcionamiento del SCADA diseñado ya que fue posible ejercer acciones para controlar el nivel de llenado del tanque de la maqueta hidráulica, sin necesidad de estar presente en la instalación física donde se encuentran los equipos de laboratorio. Para realizar el acceso remoto se debe conocer la dirección IP del administrador del centro de Automatización y Control y del servidor Wincc

Luque (2015), en el artículo titulado “Automatización, herramienta efectiva para la eficiencia energética” En el artículo se menciona los tipos de control automático, se describen y comenta las potencialidades y ventajas de cada uno de ellos como herramienta útil para lograr la eficiencia energética en una planta industrial. Se muestran gráficos como ayuda a la descripción y presentación de los diferentes elementos de los sistemas de control automático expuestos. Se muestran a los PLCs y a las comunicaciones digitales como una oportunidad de mejora en la eficiencia energética, en la calidad de producto, en la seguridad y confiabilidad operativa por las ventajas operativas que ofrecen. Se realza en la conectividad y en la cúspide de la información para unificar la automatización de planta a las decisiones operativas y estratégicas de la empresa. Se hace notar la importancia de la automatización para disminuir el consumo específico de energía eléctrica, como indicador de la eficiencia operativa de la empresa. Así mismo, indica que, con la diversidad de elementos

de control automático de procesos, las empresas tienen en la automatización una herramienta fundamental para optimizar su consumo energético, mantener los niveles de calidad de producto y reducir las emisiones. La automatización otorga seguridad operativa y optimiza la productividad de la planta. Se disminuyen los consumos y costos específicos de energía, de materia prima, disminuyendo el impacto ambiental en las operaciones productivas. Por último, cabe resaltar que la integración de los sistemas de control automático a través de la red de comunicaciones industriales permite mejorar las decisiones estratégicas en todos los niveles desde superior hasta inferior dentro de la empresa al contar con data la planta actualizada.

Romera (2010), en su libro titulado "Automatización", señala que la automatización es el proceso de mecanización de las actividades industriales para disminuir la mano de obra, simplificar el trabajo para las personas, etc. La automatización de los procesos industriales actualmente es un hecho, debido a los proyectos actuales siguen una compleja red de seguimiento del producto. Los procesos deben ser suficientemente de proporcionar a una gran población que exige calidad y economía en los productos que compra. Estas exigencias del mercado solo se pueden tener si los costos de producción son menores, las producciones deben ser elevada y debe existir un riguroso control de calidad en los productos desde su extracción hasta el producto final.

## 2.2 BASES TEÓRICAS

### 2.2.1 AUTOMATIZACION DE UNA PLANTA INDUSTRIAL

- **Definición:**

Gonzalo (2007) afirma que la automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, elaboradas por trabajadores humanos a un grupo de elementos tecnológicos, de una manera eficiente y segura. La automatización representa la optimización de procesos, reducción de costos e incremento de la productividad. Tanto el equipo convencional como los modernos han pasado importantes transformaciones, logrando beneficios e importantes atributos. Para diferentes problemas de automatización, se describen una variedad de soluciones, una más sofisticadas que otras, cuya aplicación depende no solo del conocimiento de la técnica, sino también del personal que tendrá la responsabilidad de su ejecución. (Tescal, s/f)

Además, muchos sistemas están constituidos por equipos de diferentes fabricantes y funcionan en distintos niveles de automatización; además, con frecuencia se encuentran distanciados entre sí, pero se desea que trabajen en forma coordinada para un resultado productivo del proceso. Es por ello que existen sistemas de comunicaciones para su integración. (Gonzalo, 2007).

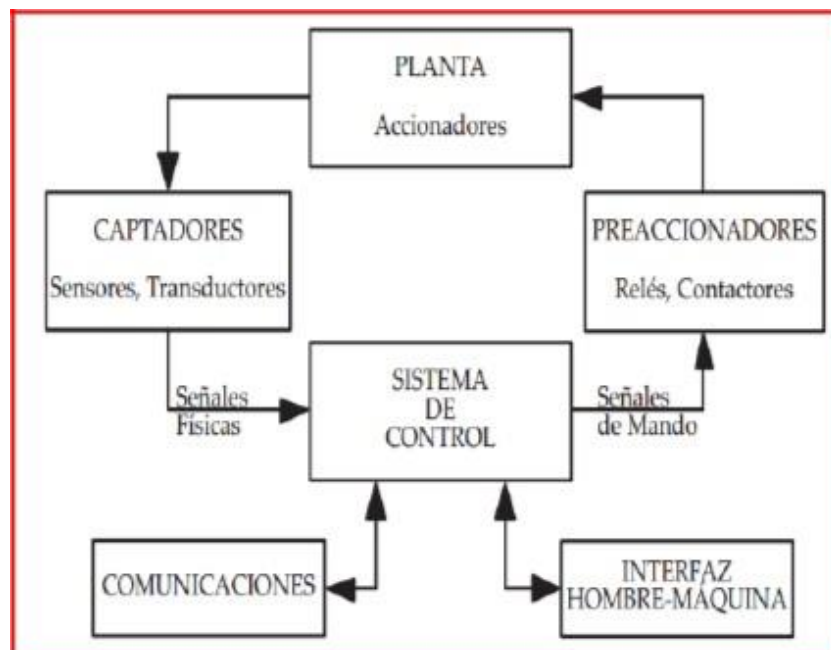
Según Vallejo (2006) los componentes fundamentales para automatizar una planta industrial se describen a continuación algunos componentes fundamentales para la implementación de un sistema automatización industrial:

Fuentes de energía. Suministra energía eléctrica al sistema para su puesta en marcha

- Infraestructura de equipos. Es todos los equipos necesaria para convertir la materia prima en el producto final.
- Programa de instrucciones. Se origina a partir de un diagrama de flujo del proceso, donde se establecen las acciones a desarrollar por los elementos del sistema de producción.
- Arquitectura del sistema de control. Está conformada por los elementos que permiten la transmisión de las distintas tareas fijadas en el paso anterior.
- Sistemas de Control. Son los encargados de ejecutar las acciones definidas en el programa de instrucciones.

## 2.2.2 CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES

Los automatismos modernos constan de una gran diversidad de componentes y tecnologías, entre los cuales se puede hallar sistemas de naturaleza eléctrica, neumática, hidráulica, mecánica, etc. Se trata entonces de la integración de elementos de variada naturaleza u origen demandando sistemas integradores capaces de realizar la adecuada coordinación entre ellos. Debido a esta fuerte demanda se creó y apareció una dicotomía clara entre dos formas diferentes de afrontar la implementación de un automatismo. Esta dicotomía da origen a la clasificación tecnológica de los sistemas de control en sistemas de Lógica Cableada y sistemas de Lógica Programada. ([http://www.automatizacionymontajes.com.co/Dise\\_o\\_de\\_automatism.html](http://www.automatizacionymontajes.com.co/Dise_o_de_automatism.html). S/F)



**Figura N°1:** Modelo de sistema de control  
Fuente: Aguilar (2017)

### 2.2.2.1 TIPOS DE CONTROL AUTOMATICO

Según Luque (2015) los sistemas de automatización se clasifican en:

- Sistemas de control discreto (encendido y apagado), en la cual hace uso de una lógica discreta en la que los parámetros toman valores de 1 y 0

b) Sistemas de control análogo, en la que se representa una lógica análoga en la que los parámetros numéricos se asignan valores numéricos continuos. (Luque, 2015).

### **A) Sistema de control discreto**

Los sistemas de control discreto (1 y 0) para desarrollar el control de los procesos productivos están relacionados a un engranaje secuencial de sucesos, con una lógica booleana de respuesta, en el que un evento del proceso es función de los resultados discretos de la(s) actividad(es) precedente(s). Se representa en el diseño del Diagrama de Escalera (Ladder Diagram) en el que se muestra la lógica de control conformada en la interacción y conexión de los componentes de entrada : contactos auxiliares de contactares; contactos de relees auxiliares; pulsadores de arranque y de parada, de reset; conmutadores; interruptores de nivel, de flujo, de temperatura, de presión, sensores de alarmas; con los dispositivos de salida : contactores de motores, contactores de accionamiento de cargas y equipos eléctricos (Luque, 2015)

Elaborado en base a los métodos de sucesos secuenciales, se elabora como un “circuito de control” con circuitos cableados en un tablero eléctrico de control, al cual ingresan las señales discretas de los componentes eléctricos de entrada y del que - según la lógica de programación cableada- salen las señales discretas a los componentes de salida para controlar el proceso.

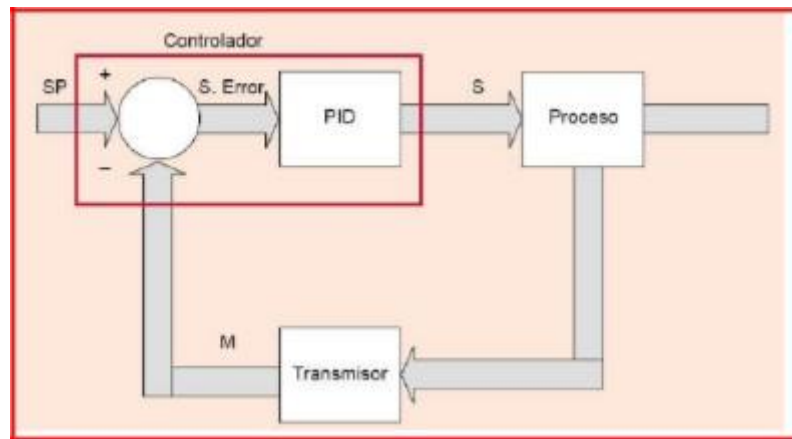
Desempeñando una mejor experiencia en el trabajo el circuito de control se elabora con un conmutador manual/automático para intercambiar a operación manual para enfrentar algún suceso no esperado o ante un problema, de modo que se pueda definir la secuencia operativa e interactuar con cada equipo individualmente sin poner en riesgo la integridad del proceso de producción.



## **B) Sistemas de Control Análogo**

Los sistemas de control análogo para aplicar el control de los procesos productivos están unidos a lazos de control en los que utilizan señales análogas. En un lazo de control el *transmisor* recibe la señal de corriente eléctrica de un sensor analógico, cuyo valor indica al parámetro medido, acondiciona la señal, la convierte en una señal estándar ( 4-20 mA DC, 1-5 V DC, 0- 10 V DC) y la envía hacia el controlador, el cual analiza y contrasta este nivel de señal eléctrica, medido con el valor deseado o punto de consigna que ha sido ingresado por el usuario al configurar el controlador, y como señal de salida entrega una señal estándar de control (3-15 psi, 4-20 mA DC, 1-5 V DC, 0-10 V DC) hacia el *actuador o elemento final* (válvula de control, electroválvula, motor AC, motor brushless, motor de pasos).- Esta señal de control es empleada para mejorar el proceso y conservar el valor del parámetro configurado en el punto de consigna, en el cual el valor se implementa en base a la utilización de del algoritmo Proporcional integral derivativo (Luque, 2015).

La utilización de transmisores fabricados en base a microcontroladores y con acceso a redes de comunicación han cambiado los sistemas de control industrial, están normalizados mediante las normas IEEE 802.11, y las normas europeas EN 50170 y EN 50254, este grupo de normas han terminado siendo normalizados en la norma IEC 61158 Comunicación Digital de Datos para Mediciones y Control, ver figura N° 2.



**Figura N°2:** Modelo de sistema de control PID  
Fuente: Aguilar (2017)

Para delimitar los elementos de un lazo de control, se debe delimitar la variable controlada del proceso, es decir aquella que se va a controlar como, por ejemplo: el nivel de un tanque de agua, la temperatura de un horno, el flujo de gas, entre otros y la variable de control, que es la variable donde la interactúa el actuador final para conservar la variable controlada en el valor deseado o set point (por ejemplo, el flujo de gas glp, etc.).

Las numerosas aplicaciones son la automatización de procesos de producción continuos, sistemas de monitoreo y control de la operación de equipos: hornos de ladrillos industriales, calderas industriales, secadores de madera, intercambiadores de calor, variadores de velocidad de motor trifásico. (Luque 2015).

### 2.2.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Los controladores lógicos programables, del inglés *Programmable Logical Controller* (PLC) son máquinas secuenciales que ejecutan secuencialmente las instrucciones escritas en el algoritmo de usuario el cual se almacena en su memoria, de esta manera escribe comandos o instrucciones de control a partir de señales de entrada leídas desde la planta (aplicación): al detectarse

cambios en las señales, el controlador lógico programable procesa el algoritmo y llega a obtener las instrucciones de salida programadas, esta secuencia de programación se ejecuta continuamente para obtener el control actualizado del proceso (Armesto, 2009). La secuencia fundamental de operación del autómata se puede dividir en tres fases principales:

- Lectura de señales desde la interfaz de entradas.
- Procesado del programa para obtención de las señales de control.
- Escritura de señales en la interfaz de salidas.

Con la finalidad de mejorar el tiempo, la lectura y escritura de las señales se procesan a la misma vez para todas las entradas y salidas; entonces, las entradas leídas de los módulos de entrada se guardan en una memoria temporal (Imagen entradas). En esta memoria la CPU ejecuta el programa, y según el algoritmo programado se va obteniendo las salidas, se guardan en otra memoria temporal (imagen de salida). Una vez ejecutado el algoritmo final, estas imágenes de salida se transfieren todas a la vez al módulo de salida.

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales. Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc. Sus reducidas dimensiones,

la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de estos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.

La sección de entradas mediante el interfaz adapta y codifica de forma comprensible para la CPU las señales procedentes de los dispositivos de entrada o captadores (Armesto, 2009). Hay dos tipos de entradas:

- Entradas digitales
- Entradas analógicas

La sección de salida también mediante interfaz trabaja de forma inversa a las entradas, es decir, decodifica las señales procedentes de la CPU, y las amplifica y manda con ellas los dispositivos de salida o actuadores, aquí también existen unos interfaces de adaptación a las salidas de protección de circuitos internos.

Hay dos tipos de salidas:

- Salidas digitales
- Salidas analógicas

### **a) Entradas y Salidas digitales**

Los módulos de entrada digitales permiten conectar al autómata captadores

de tipo todo o nada como finales de carrera pulsadores...

Los módulos de entrada digitales trabajan con señales de tensión, por ejemplo, cuando por una vía llegan 24 voltios se interpreta como un "1" y cuando llegan cero voltios se interpreta como un "0"(Armesto, 2009)

El proceso de adquisición de la señal digital consta de varias etapas.

- Protección contra sobretensiones
- Filtrado
- Puesta en forma de la onda
- Aislamiento galvánico o por optoacoplador.

Las entradas digitales tienen la simple función de informar a la CPU,

Los módulos de entrada analógicas permiten que los autómatas programables trabajen con accionadores de mando analógico y lean señales de tipo analógico como pueden ser la temperatura, la presión o el caudal. Los módulos de entradas analógicas convierten una magnitud analógica en un número que se deposita en una variable interna del autómata. Lo que realiza es una conversión A/D, puesto que el autómata solo trabajar con señales digitales. Esta conversión se realiza con una precisión o resolución determinada (número de bits) y cada cierto intervalo de tiempo (periodo muestreo).

Los módulos de entrada analógica pueden leer tensión o intensidad

## **b) Salidas digitales y analógicas**

Un módulo de salida digital permite al autómata programable actuar sobre los preaccionadores y accionadores que admitan ordenes de tipo todo o nada.

El valor binario de las salidas digitales se convierte en la apertura o cierre

de un relé interno del autómata en el caso de módulos de salidas a relé. En los módulos estáticos (bornero), los elementos que conmutan son los componentes electrónicos como transistores o triacs, y en los módulos electromecánicos son contactos de relés internos al módulo.

Los módulos de salidas estáticos al suministrar tensión, solo pueden actuar sobre elementos que trabajan todos a la misma tensión, en cambio los módulos de salida electromecánicos, al ser libres de tensión, pueden actuar sobre elementos que trabajen a tensiones distintas.

El proceso de envío de la señal digital consta de varias etapas:

- Puesta en forma
- Aislamiento
- Circuito de mando (relé interno)
- Protección electrónica
- Tratamiento cortocircuitos

Los módulos de salida analógica permiten que el valor de una variable numérica interna del autómata se convierta en tensión o intensidad.

Lo que realiza es una conversión D/A, puesto que el autómata solo trabaja con señales digitales. Esta conversión se realiza con una precisión o resolución determinada (número de bits) y cada cierto intervalo de tiempo (periodo muestreo).

Esta tensión o intensidad puede servir de referencia de mando para

actuadores que admitan mando analógico como pueden ser los variadores de velocidad, las etapas de los tiristores de los hornos. permitiendo al autómatas realiza funciones de regulación y control de procesos continuos. El proceso de envío de la señal analógica consta de varias etapas:

- Aislamiento galvánico
- Conversión D/A
- Circuitos de amplificación y adaptación
- Protección electrónica de la salida

### **c) Lenguajes de Programación**

Dentro de la configuración del PLC ha sido determinado por el estándar IEC 1131-3 (IEC 65), cuyas siglas hacen referencia a la Comisión Electrotécnica Internacional.

El estándar IEC 1131-3 define dos lenguajes gráficos y dos lenguajes basados en texto. Los lenguajes gráficos utilizan símbolos para programar las instrucciones de control, mientras los lenguajes basados en texto, usan cadenas de caracteres para programar las instrucciones.

Los lenguajes Gráficos son Diagrama *Ladder* (LD), Diagrama de Bloques de Funciones (FBD). Los lenguajes Textuales: Lista de Instrucciones (IL), Texto Estructurado (ST).

Sin embargo, los lenguajes de programación más utilizados en la actualidad son el diagrama de Bloques Funcionales y el diagrama *Ladder* (García, 2005).

#### c.1) Listado de Instrucciones

Se usa instrucciones provenientes de las operaciones del álgebra de Boole, unidas con otras instrucciones que permiten representar funciones como biestables, timers, sumadores, movimientos de datos en la memoria y cálculos. Cada instrucción está conformada por un símbolo mnemónico o código (abreviatura que simboliza una función de programación en el PLC), y uno o varios argumentos (variables que indican la dirección de memoria sobre la que se va a trabajar). Existe una equivalencia o correspondencia entre las lógicas de Ladder y el listado de instrucciones de programación del PLC. En muchos PLC esta equivalencia se puede ver de manera rápida sólo con seleccionar un icono de la pantalla de programación.

#### c.2) Diagrama de Contactos (Ladder) o Lógica de Escalera

normalmente están compuestos por dos líneas verticales que representan las líneas de alimentación, mientras que los renglones contienen los cableados, los arreglos de contactos y las bobinas de relés. En los controladores lógicos programables, los diagramas de lógica de escalera o Ladder Logic son una forma fácil de dibujar los programas. Una ventaja importante es que los símbolos básicos están normalizados según NEMA y son empleados por todos los fabricantes de PLC

Recalcando que los dibujos sólo “simbolizan” relés que



no existen realmente sino están virtualizados. El gráfico de una bobina de relé representa un bit del registro de las salidas, que podrá estar activado estado 1 lógico o apagado estado 0 lógico durante la ejecución del programa. Cada línea de programación del diagrama lógico de escalera del PLC corresponde a un conjunto de instrucciones para el PLC, ese conjunto de instrucciones le dirá al PLC que hacer en respuesta al estado de las entradas (contactos)

Existen dos símbolos para la programación de PLC: uno para representar contactos normalmente abiertos y otro para representar contactos normalmente cerrados. Estos contactos pueden representar entradas, salidas o variables internas, es decir, un bit del registro de entradas, o bits del registro de salida, o de los bits internos o auxiliares, también llamados relés internos o auxiliares. Una condición booleana es entregada al contacto si el PLC encuentra la requerida condición de bit (Kuo, 2010). Si el PLC reporta una condición de verdadero para todos los contactos del renglón, el bit de salida es encendido o apagado según lo indique el símbolo del elemento final.

Un contacto de entrada NA (normalmente abierto) hace que el controlador programable PLC reporte en el registro de las entradas, si esa entrada en particular se encuentra activa o. Si el PLC se encuentra la entrada activa permitirá la continuidad a través de ese contacto, en particular en el programa lógico realizado por el usuario. De forma semejante un contacto de

entrada (salida o variable interna), NC (normalmente cerrado) hace que el PLC revise en el registro de las entradas (salidas o variables internas) si esa en particular se encuentra inactiva o desactivada. Esto es, que el PLC revisa a esa localización en el registro de las entradas para ver si está desactivada. De ser cierto, el PLC permite la continuidad a través de ese contacto en el programa del usuario (Kuo, 2010).

### **2.2.2.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE SIEMENS 314C – 2DP**

Esta CPU, es la primera de la gama de CPU compactas de SIMATIC S7; cuenta con un interfaz de PROFINET (con switch de dos puertos integrados), además de la interfaz MPI/DP.



**Figura N° 03:** PLC Siemens 314C-2DP  
Fuente: Siemens

La CPU 314C-2DP se energiza a un voltaje de 100 a 230 VAC voltios de corriente alterna, desde una red de suministro eléctrico externa. Los elementos que constituyen la CPU son:

- Unidad central de procesamiento o CPU.
- Indicadores de estado y de error.

Selector de modo de operación: Son posibles tres posiciones:

- RUN: la CPU procesa el programa de usuario.
- STOP: la CPU no procesa ningún programa de usuario.
- MRES: borrado total. Posición no enclavable del selector para el borrado total de la CPU.

Ranura para cartucho de memoria. El tipo de memoria es Micro Memory Card SIMATIC (MMC). Es necesaria para el funcionamiento de la CPU, pues este modelo no dispone de memoria de carga integrada.

Puertos de comunicaciones de la CPU 314C-2DP poseen dos interfaces de comunicación integrados que son:

- Interface MPI (Multi Point Interface).
- Interface PROFIBUS DP (Periferia Descentralizada).

El PLC 314C-2DP posee:

- 24 entradas digitales integradas a 24VDC.
- 16 salidas digitales integradas a 24VDC
- 5 entradas analógicas integradas.

Respecto a las características técnicas de esta CPU es importante destacar los siguientes puntos importantes para este proyecto:

- Comunicación integrada. La CPU 314C-2DP dispone de dos puertos de comunicación integrados: una interface MPI y una interface PROFIBUS DP para periferia descentralizada.
- Mapa de memoria. Número de entradas, salidas, contadores, temporizadores, marcas, bloques de datos, funciones integradas. son datos relevantes a la hora de programar una CPU de la serie S7-300.

## **2.2.3 SENSORES Y ACTUADORES**

### **2.2.3.1 Sensores:**

Los sensores son elementos transductores, los cuales convierten una magnitud física a otro tipo de energía en este caso solo lo convierte a una señal eléctrica, un indicador o detector la convierte en impulsos eléctricos voltaje o corriente eléctrica, que son captadas por los elementos de control. Estos datos lo procesan circuitos digitales lógicos o bien puede ser tratada la información por un ser humano. Bishop (2002).

### **2.2.3.2 Sensores capacitivos:**

Un capacitor es un dispositivo eléctrico que está elaborado por dos conductores separados por un material aislante llamado dieléctrico y se caracterizan por almacenar cargas cuando se aplica una tensión entre los dos conductores, la relación entre la cantidad de cargas almacenadas y la tensión aplicada recibe el nombre de capacitancia. El valor de la capacitancia depende de la geometría de

los conductores, las características del material dieléctrico y la distancia entre cada conductor. (Mandado y Murillo).

Para el cálculo de la capacitancia se tiene:

$$c = \varepsilon \frac{A}{d}$$

c=Capacitancia

$\varepsilon$  =Permitividad

d= Distancia

Para un sensor capacitivo básicamente consiste en la detección del cambio de capacitancia, estos cambios se dan si se varía alguna de las tres componentes de la ecuación mencionada.

Se sabe que:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$$

Siendo:

$\varepsilon_r$  =Permitividad del aislante

$\varepsilon_0$  =Permitividad del vacío

### **2.2.3.3 Sensor Fotoeléctrico**

El sensor fotoeléctrico es fundamentalmente un emisor y receptor de luz que puede ser de tipo natural o artificial como la luz infrarroja o láser, estos sensores pueden detectar cuerpos dependiendo del material, el cuerpo refleja la luz entonces el receptor podrá medir la distancia a la que se encuentra, es por ello que se tiene una variedad de sensores fotoeléctricos con características propias y diseños, para cada aplicación. Los sensores fotoeléctricos constan de cinco componentes básicos:

- a) Adaptado de luz

- b) Detector de luz
- c) Lentes
- d) Circuito lógico
- e) Salida

**a) Adaptado de luz:** Usa una luz tipo Led, siendo la luz más usada, la luz infrarroja por su eficiencia relativa que es mayor a la luz visible también se usan leds de color rojo, verde y amarilla en general cada una tiene diferentes efectos, también influye en material en el que la luz se refleja y el ambiente donde se utiliza el sensor.

**b) Detector de luz:** El detector es un fotodiodo o un fototransistor el cual procesa y recibe la luz del emisor para determinar la distancia, dependiendo de la superficie, color y medio donde está siendo reflejada la luz infrarroja.

**c) Circuito lógico:** se encarga de acondicionar la señal física de la luz a una señal eléctrica lógica, también se encarga de que la señal sea mostrada correctamente amplificada para poder ser medida, esta magnitud puede ser en corriente o voltaje dependiendo del circuito de acondicionamiento interno.

**d) Dispositivo de salida:** La salida siendo una señal lógica de bajo nivel de corriente o voltaje, para que sea mostrada adecuadamente, esta tiene que ser amplificada para poder ser medida puede ser en voltaje o amperaje dependiendo del circuito de accionamiento interno. (Brandley 2010, pags.87-93).

#### 2.2.3.4 Actuadores

Creus (2008), Son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para

activar a un elemento final de control como lo son las válvulas. Existen tres tipos de actuadores:

- Hidráulicos
- Neumáticos
- Eléctricos

### **A) Actuadores neumáticos**

Los actuadores neumáticos son mecanismos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico. Los cilindros neumáticos representan los actuadores neumáticos más utilizados. Y dentro de ellos existen dos tipos básicos de actuadores neumáticos de los cuales surgen otras construcciones especiales como son cilindro de simple efecto y de doble efecto.

El cilindro de simple efecto presenta una entrada de aire para producir una carrera de trabajo en un solo sentido (el émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno -muelle- o por algún otro medio externo como cargas); se utiliza para inmovilizar, marcar, sujetar.

Tienen un consumo de aire algo menor que un cilindro de doble efecto de igual tamaño. No obstante, hay una disminución de impulso debida a la fuerza contraria del resorte, así que puede ser preciso un diámetro interno algo mayor para obtener una misma fuerza.

En cambio, el cilindro de doble efecto presenta dos entradas de aire para producir carreras de trabajo de salida y retroceso. Realiza tanto su carrera de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido. Su denominación es debida a que emplea las dos caras del émbolo (aire en ambas cámaras), por lo que estos componentes pueden realizar trabajo en ambos sentidos.

Creus (2008).

## **B) Actuadores eléctricos**

Creus (2008) menciona que en los actuadores eléctricos la fuente de energía es la electricidad. Existen tres grandes conjuntos de actuadores eléctricos: los motores de corriente continua, controlados por inducción del campo magnético del rotor móvil el cual genera movimiento del motor., el motor de corriente alterna entre ellos hay dos grandes grupos los motores síncronos y asíncronos y los motores paso a paso, entre los que destacan los motores de imanes permanentes de inductancia variable o híbridos. Los actuadores eléctricos son muy exactos y confiables, no emiten ruidos, su control es sencillo y son de una fácil manipulación. Su mayor desventaja es que son de potencia reducida. Los dispositivos actuados con energía eléctrica, es decir, los cilindros eléctricos y los motores de accionamiento lineal, que convierten el movimiento rotativo del motor a lineal, presentan diversas ventajas con relación a los dispositivos neumáticos. Tales como la facilidad de detectar la posición del elemento en movimiento, y la determinación de su velocidad, aceleración y deceleración.

Desde el punto de vista de actuadores lineales más utilizados, los motores se clasifican en tres tipos: Motor de Corriente Continua (c.c.), Servomotor y Motor Paso a Paso.

- **Motores de Corriente Alterna**

El motor AC proporciona una fuerza constante dentro de una selección de velocidades y de cargas. En aplicaciones comerciales y residenciales son monofásicos y en aplicaciones industriales se utilizan el motor trifásico el cual proporciona más potencia y suavidad de funcionamiento. Las variables a tener en cuenta en un motor de corriente alterna incluyen la velocidad del eje, el par y la potencia de salida en operación continuo. Creus (2008).



## **2.2.4 Planta Embotelladora de Agua de Mesa**

Para la obtención del agua de mesa existe un reglamento dados por la entidad correspondiente, según la definición de las Normas del ITINTEC, precisamente es la norma NTP 214.004:1984.

Para obtener agua de mesa, se procesa las aguas resultantes de una previa filtración es decir el "agua tratada", esta agua además deberá recibir un tratamiento con luz ultravioleta y gas ozono para su conservación. (Rivera, 2017)

En el tratamiento para la generación de agua embotellada, se procesa la primera fase denominada la etapa de filtración, el agua tratada obtenida será utilizada para la fabricación de otros productos como el agua de mesa, el agua de mesa carbonatada; la etapa de filtración se inicia con la acumulación del agua potable del sistema de abastecimiento de la ciudad, pasando seguidamente por varios filtros, para luego concluir en los filtros finales para obtener el agua de mesa final.

### **2.2.4.1 Selección de la maquinaria y equipo**

Las maquinarias y equipos utilizadas para cada operación del proceso de purificación de agua son:

- a) Extracción: Electrobomba sumergible.
- b) Recepción 1: Tanque de almacenamiento de agua cruda.

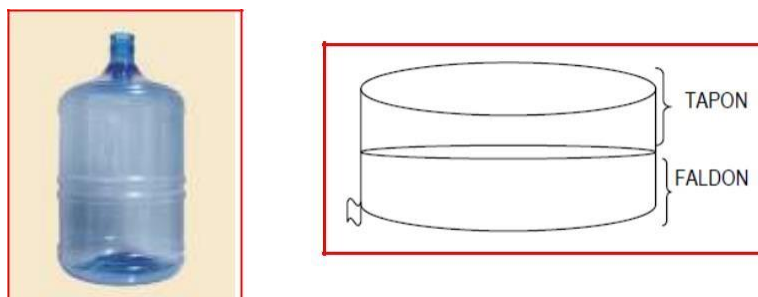
- c) Ultrafiltración: Planta de tratamiento de agua.
- d) Osmosis inversa: Planta de tratamiento de agua.
- e) Esterilización UV: Planta de tratamiento de agua.
- f) Generación de ozono: Planta de tratamiento de agua.
- g) Mezclado: Sistema de Mezclado
- h) Almacenamiento: Tanque de almacenamiento agua producto.
- i) Recepción 2: Actividad manual. Sistema de mezclado.
- j) Recepción 3: Actividad manual. Mesa de trabajo industrial.
- k) Colocación y lavado: Actividad manual. Mesa de acumulación. Sistema de lavado de PET.
- f) Llenado: Llenadora lineal automática.
- g) Tapado: Tapadora lineal con sistema continuo de alimentación de tapas.
- h) Codificado: Codificadora electrónica.
- i) Etiquetado: Actividad manual. Mesa de trabajo industrial.
- j) Control de calidad: Actividad. Manual. Mesa de trabajo industrial.
- k) Empacado: Actividad Manual. Soplete de gas para empaquetado.
- j) Paletizado: Actividad manual. Paleta.

#### **2.2.4.2 Características del agua embotellada**

Rivera menciona que el agua embotellada es aquella agua, apta para el consumo humano, contenida en recipientes apropiados, aprobados por las autoridades competentes y con cierre hermético inviolable, el cual deberá permanecer en tal condición hasta que llegue a manos del consumidor final.

Son aguas embotelladas cuyo único ingrediente es el agua. La cual debe de ser apta para el consumo humano. Son extraídas de pozos subterráneos o de manantiales naturales, inclusive de la red pública; siempre deberán ser previamente aprobadas por el ministerio competente; a las que no se le incorpora añadido alguno, sólo pasan por un proceso de tratamientos físico-químicos tales como la decantación, la filtración, la cloración, la ionización, etc. para eliminar sus impurezas, aunque estos modifiquen la composición química inicial del agua. Tal es el caso de agua de marca; Cielo, Cristalina, San Antonio, San Luis, Vida y del Roció, el agua que será envasada se denomina agua de mesa, sin contaminación y cumplan con los requisitos establecidos, el producto debe de poseer los siguientes aspectos: (Rivera, 2017).

- El envase o bidón es fabricado de Tereftalato de Polietileno (PET), en forma de preforma, ver figura N°04.
- Las tapas son fabricadas en polietileno de baja densidad.
- Las etiquetas son de polietileno laminado que le da resistencia y tolerancia al agua y en ella se indica: contenido del producto, volumen, nombre, dirección del fabricante, tabla nutricional y otra información importante para el consumidor.



**Figura N°04:** Botella plástica (PET) y tapón de la botella  
Fuente: Arana (2010)

## 2.3 MARCO CONCEPTUAL

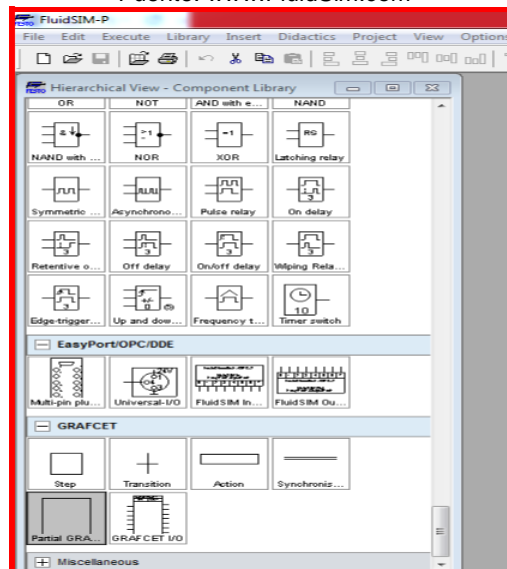
- **Actuador:** Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como, por ejemplo, una válvula.
- **Agua embotellada:** Es el agua apta para el consumo del ser humano el cual este contenido en un recipiente apropiado además debe ser aprobado por las autoridades correspondientes, el único ingrediente debe ser agua al cual no se le debe agregar otros elementos además deben pasar un proceso de tratamiento físico- químico como son la filtración, decantación, la ionización, cloración para eliminar sus impurezas.
- **Automatización de procesos industriales:** es una serie de acciones y tareas que convergen para lograr la eficiencia energética al mantener constante los valores deseados de los parámetros de un proceso, con ello se reducen el consumo excesivo de energía, de esta forma se mantiene la calidad de la producción, reduce la contaminación ambiental, mejora de la seguridad operativa.
- **Control automático:** El control automático es el mantenimiento de un valor deseado dentro de una cantidad o condición, midiendo el valor existente, comparándolo con el valor deseado y utilizando la diferencia para proceder a reducirla.
- **Controlador logico programable:** son equipos electrónicos basados en microprocesadores, en la cual integran sistemas de control discreto y análogo, constan de fuente de energía, tarjeta de entradas y salidas, tarjetas de comunicación, tarjetas de expansión para comunicación por red.

- **FluidSIM:** Es una aplicación pensada para la creación, simulación, instrucción y estudio electro neumático, electrohidráulico y de circuitos digitales.

En la figura Ni 05, se representa el ícono del simulador FLUIDSIM, en la figura N° 06 se observa la ventana de programación/simulación del software FLUIDSIM de FESTO, aquí se desarrolla la simulación del proceso.



**Figura N° 05:** Ícono del programa FLUIDSIM  
Fuente: [www.FluidSim.com](http://www.FluidSim.com)



**Figura N° 06:** Ventana de programación/simulación de FLUIDSIM  
Fuente: [www.FluidSim.com](http://www.FluidSim.com)

- **PLCSIM:** El PLC y cualquier módulo de señales conectados se pueden configurar en STEP 7; asimismo, se puede programar la lógica de la aplicación y, a continuación, descargar la configuración de hardware y el programa al PLC simulado en S7-PLCSIM. Desde allí, es posible avanzar a través de la lógica del programa, observar el efecto de las entradas y salidas simuladas, así como ajustar la lógica de su programa según sea necesario.
- **Sensores Industriales:** Dispositivo que transforma una variable física no eléctrica en otra variable física pero solo del tipo eléctrico, que dependiendo de la variable física de entrada los parámetros pueden contener nivel de voltaje, nivel de corriente, niveles de frecuencia, entre otros, además este dispositivo contiene información correspondiente a la variable física de entrada, esta información del entorno es ingresada a los sistemas electrónicos del equipo de control electrónico para su proceso de análisis y medición.
- **Simatic Manager:** Este software reúne todas las herramientas de automatización dentro de un entorno de desarrollo, es un Software de desarrollo para automatización de procesos industriales, viene integrado con el PLCSIM (Simulador de PLC)

## **CAPÍTULO III**

### **DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO**

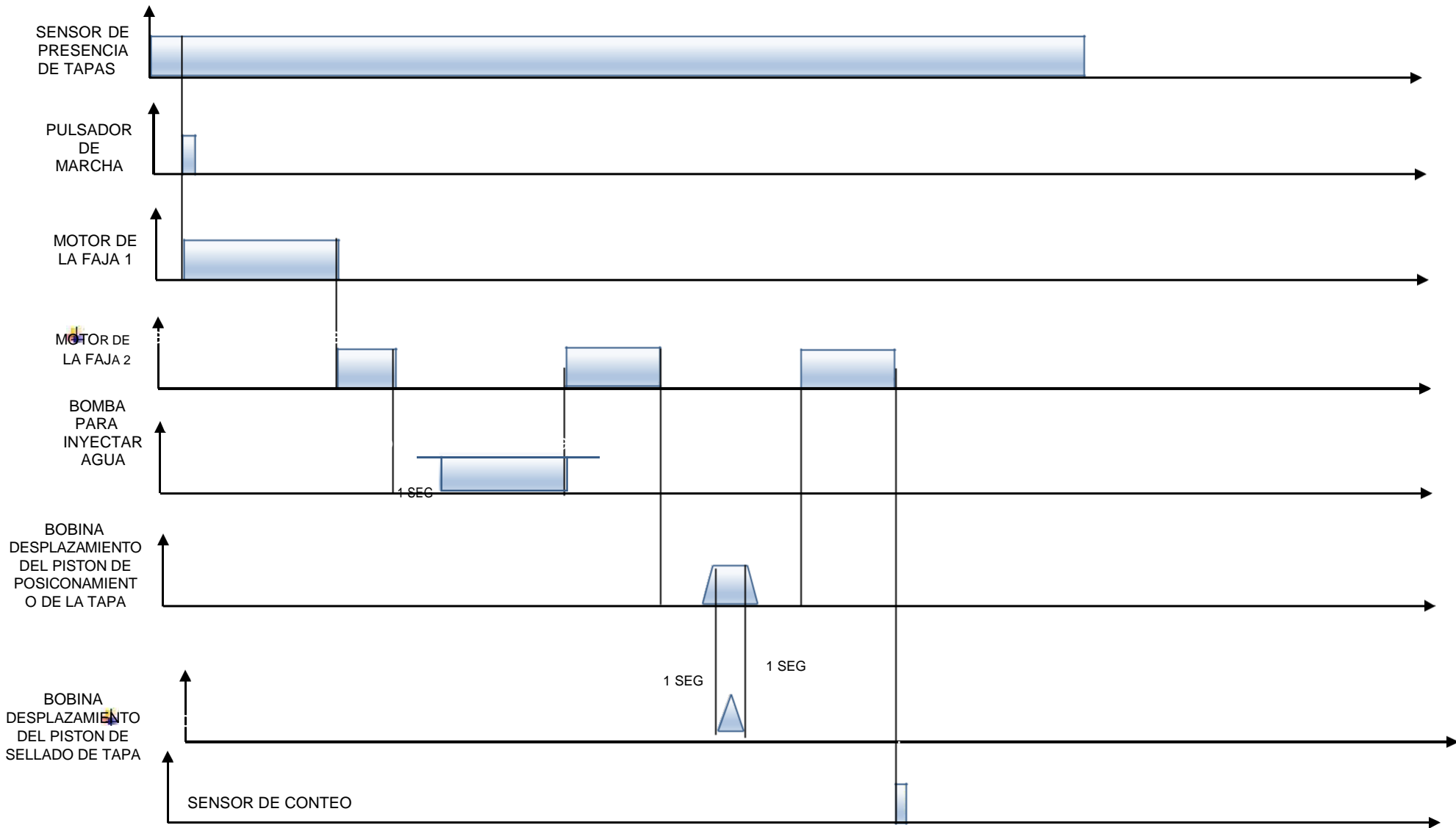
#### **3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

Acorde a los objetivos planteados en el capítulo I, a continuación, se procederá a realizar la descripción del proceso, a fin de establecer el contexto sobre la cual se requiere el sistema automatizado.

- a) El proceso automatizado se inicia a través de un pulsador de marcha, previa condición de activación del sensor que detecta la presencia de tapas, los cuales accionaran automáticamente el motor de la faja 1, para dar inicio al desplazamiento de las botellas hacia la zona de llenado. Es preciso señalar que el proceso inicia considerando que el tanque está en su capacidad máxima, teniendo de esta forma desactivada al sensor que indica el nivel mínimo de llenado del tanque.
- b) Cuando el sensor de detección de paso del bidón de la faja 1 a la faja 2 se acciona, inmediatamente detendrá al motor de la faja 1 y accionará al motor de la faja 2, quien desplazará al bidón a la ubicación correcta de llenado, accionando de esta manera un sensor que detecta dicha posición.

- c) Luego de accionado el sensor de posición de llenado pasará un segundo para activar la bomba, que inyectará agua hacia el bidón, hasta un nivel deseado, el cual estará determinado por la detección de un sensor de nivel de llenado de bidón.
  
- d) Al accionarse el sensor de nivel de llenado del bidón, inmediatamente apagará la bomba y accionará el motor para el desplazamiento de la faja 2, hasta una posición determinada por el accionamiento del sensor de posición de sellado.
  
- e) Luego de realizado la detección por el sensor de posición de sellado, transcurrido un segundo se accionará la bobina de la electroválvula que activará el pistón para ubicar la tapa en la posición de sellado.
  
- f) Finalmente, ubicado la tapa en la posición de sellado correcta, debe transcurrir un segundo y se acciona la bobina de la electroválvula que activa al pistón de sellado, para luego de finalizado este procedimiento, encienda nuevamente el motor de la faja 2 quien desplaza al bidón hasta la posición final, donde se realizará el conteo, previa verificación a través de un sensor, que la tapa haya sido sellada correctamente.





**Figura N° 07:** Diagrama de accionamiento de actuadores u órganos de trabajo  
Fuente: Elaboración Propia

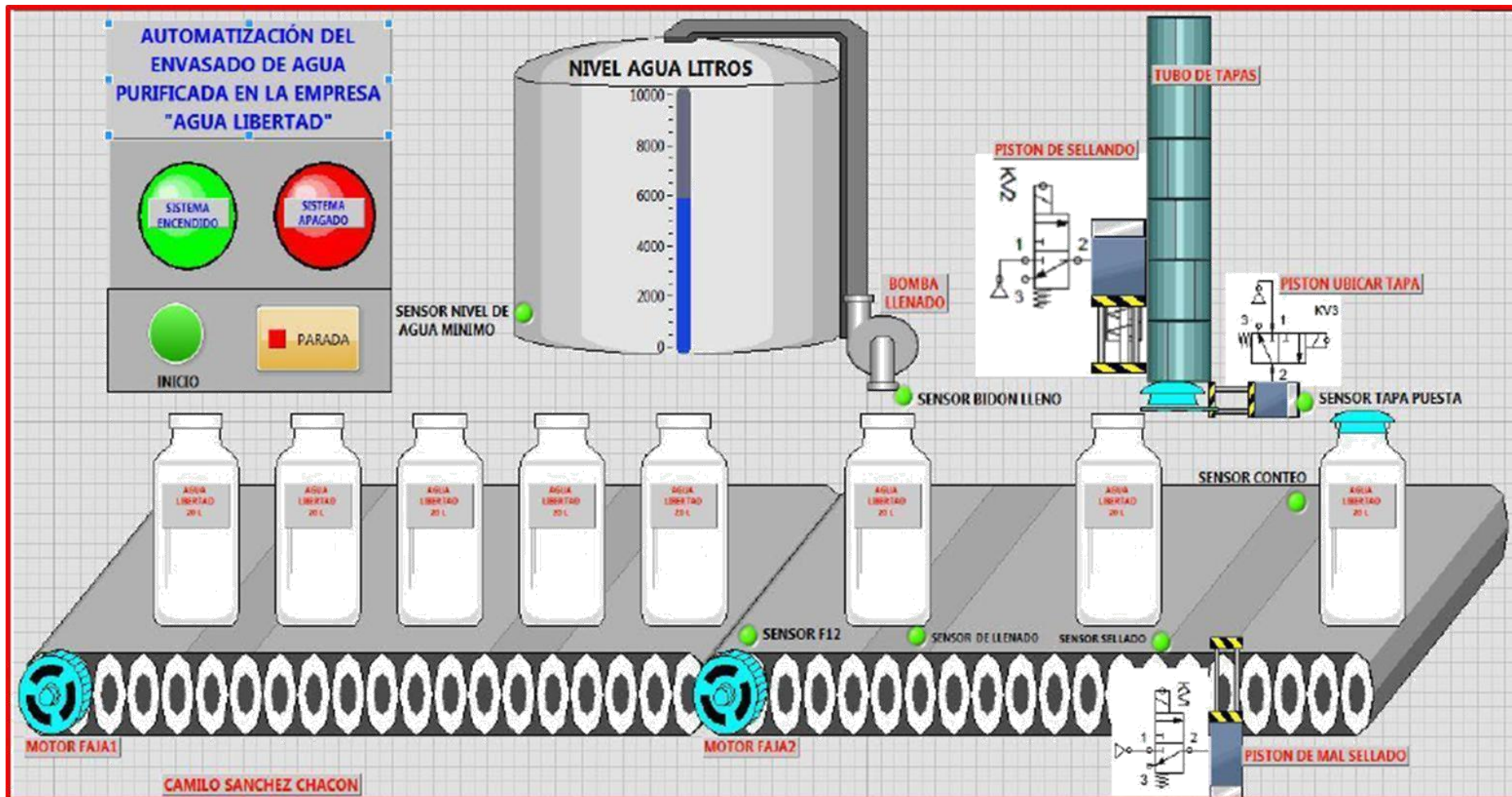


Figura N°08: Representación gráfica del proceso de envasado automático  
Fuente: Elaboración Propia

## 3.2 DESARROLLO DEL AUTOMATISMO

### 3.2.1 Función de transferencia del proceso de llenado de bidones

#### 1. Ecuaciones del sistema:

Compuerta: Está compuesta por válvula y motor eléctrico

$$\text{Válvula: } C_t = k_1 * P_c(t) = k_1 * P(t)$$

Dónde:

$$c(t) = \text{caudal de entrada}$$

$$k_1 = \text{constante}$$

$$p(t) = \text{recorrido en grados sexagesimales}$$

Motor eléctrico (de las fajas):

$$m_1 G_t = P_e(t) + k_t * dP_e \quad m_1 G(t) = k_1 * P$$

Dónde:

$G(t)$  : es el voltaje del motor de la electroválvula de llenado de agua

Sensor de Nivel (para bidón lleno):

$$N_i(t) = T_n * H(t)$$

Dónde: t=tiempo

$T_n$ = constante proporcional

$$H(t) = \text{Volumen de tolva (t)/A}$$

$$\text{Volumen de Cisterna (t)} = t * c(t)$$

$$N_i(t) = T_n * t * c(t) / A$$

#### 2. Variables del sistema expresadas en la transformada de

**Laplace:** Válvula:  $c(s) = -k_1 * P_e(s)$

$$\text{Motor eléctrico: } m_1 \cdot G(s) = P_e(s) + k_t \cdot s \cdot P_e(t)$$

$$\text{Sensor de Nivel: } N_i(s) = T_n \cdot c(s) / A$$

### 3. Función de transferencia del sistema:

De la ecuación de nivel y válvula

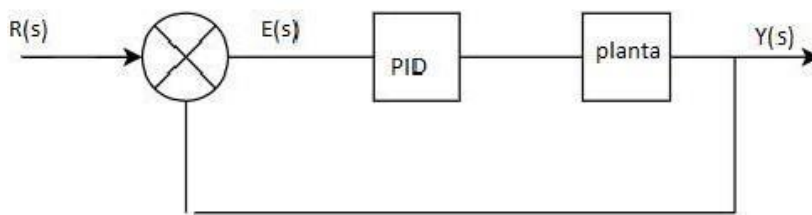
$$N_i(s) = T_n \cdot k_1 \cdot P_e(s) / A$$

De la ecuación del Motor eléctrico

$$P_e(s) = m_1 \cdot G(s) / (1 + k_t \cdot s)$$

$$N_i(s) = T_n \cdot k_1 \cdot m_1 \cdot G(s) / (A \cdot (1 + k_t \cdot s))$$

### 4. Aplicación de un Controlador PID a la planta:



**Figura N° 09:** Diagrama de bloques del control usando un controlador PID  
**Fuente:** Elaboración propia.

#### A) PID con Ziegler –Nichols

Expresión de ecuación del controlador PID:

$$G_s(s) = k_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

$$k_p = \frac{1 T}{2 L}$$

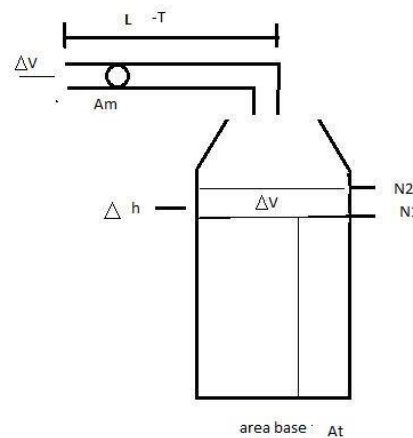
$$T_i = 2L$$

$$T_d = \frac{L}{2}$$

$$G_c(s) = \frac{1 T}{2 L} \left( 1 + \frac{1}{2 L s} + \frac{L}{2} s \right)$$

#### 4.1 Consideración de Retardo de agua en el llenado de tanque

Usando el concepto de “retardo de agua” para aplicaciones donde la válvula se encuentra a una distancia considerable del bidón, lo cual genera un volumen de agua residual dentro del conducto de llenado, esto genera una variación de la referencia que debe considerarse. Este incremento residual del agua es llamado golpe del agua por el efecto que genera el líquido sobrante sobre el volumen ya depositado en el recipiente al momento del cierre de la electroválvula.



**Figura N° 10:** Diagrama de llenado de bidón de agua  
**Fuente:** Elaboración propia.

Donde:

- \$A\_m\$: Área de conducto de llenado
- \$A\_t\$: Área de base o bidón
- \$\Delta h\$: Variación de altura del agua
- \$\Delta V\$: Volumen de agua en la manguera (residual)

$$H(s) = \frac{\text{Tiempo}}{A}$$

$$\theta_s = \frac{\text{tiempo}}{A} = \frac{K_m / k}{(T s + 1)s} V_o(s)$$

$$\Delta h = q(t) T_{cte}$$

$$Ah(t) = q(t)T_{cte}$$

$$h(t) = \frac{\text{tiempo}}{A} q(t)$$

$$\frac{\theta_m}{V_a(s)} = \frac{K_m}{[(T_m s + B_m)(V_a s + R_a) + k_a V_a]s}$$

$$\frac{w}{V_a} = \frac{k_m}{T_m s + 1} = \frac{s\theta_m}{V_a}$$

$$\frac{\theta(s)}{V_a(s)} = \frac{k_m / k}{(T_m s + 1)s}$$

$$\frac{K_a}{R_a T_m s + B_m R_a + k_a k_b} = \frac{w(s)}{V_a(s)}$$

$$\frac{\frac{K_a}{B_m R_a + k_a k_b}}{\frac{R_a T_m}{B_m R_a + k_a k_b} s + 1} = \frac{w(s)}{V_a(s)}$$

$$\frac{\theta_m(s)}{V_a(s)} = \frac{k_m}{(T_m s + 1)s}$$

$$\frac{\theta_m(s)}{V_a(s)} = \frac{k_m}{T_m s^2 + s} \text{ .....ecuación de transferencia}$$

#### 4.1.1 El regulador PID

La ecuación de PID viene dada por la siguiente expresión:

$$u(t) = K[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt}]$$

Donde:

u: Es la variable de control

e: Error de control

K: Ganancia proporcional

$T_i$ : Tiempo integral

$T_d$ : Tiempo derivativo

Existen múltiples formas para la representación de un regulador PID, pero para la implementación del regulador PID utilizada anteriormente es conocida como forma paralela.

La fórmula del controlador viene dada por la siguiente expresión:

$$G_c(s) = k + \frac{k_i}{s} + sk_d$$

También puede escribirse como:

$$G_c(s) = \left( \frac{k_d s^2 + k_p s + k_i}{s} \right)$$

Los términos del regulador PID  $k_i$ ,  $k_d$  y  $k$ , se corresponden de la siguiente forma:

$$k = K$$

$$k_i = \frac{K}{T_i}$$

$$k_d = KT_d$$

#### 4.1.2 Aplicando la regla de Ziegler Nichols

Con la finalidad de extraer los parámetros para aproximar el modelo, si la respuesta a la entrada escalón en el modelo de la planta, entonces los parámetros de  $k$ ,  $L$ , y  $T$  siendo  $a = kL/T$ , pueden extraerse utilizando las reglas de sintonización, de Ziegler-Nichols, se reemplaza los valores de  $k_p$ ,  $T_i$  y  $T_d$ .

$$k_p = 1.2 / a$$

$$T_i = 2L$$

$$T_d = L/2$$

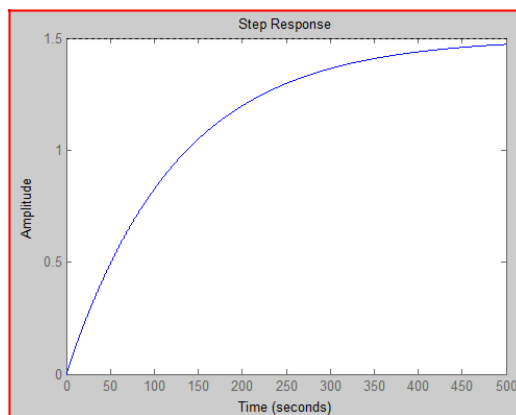
Al realizar la prueba en Matlab con una entrada de tipo escalón unitario en la planta, en lazo abierto, con la ecuación de transferencia de la planta hallada anteriormente, correspondiente en Matlab.

$$\frac{\theta_m(S)}{V_a(S)} = \frac{k_m}{T_m S^2 + S}$$

Remplazando Km y Tm por 1.5 y 125 respectivamente para ser simulados en Matlab y obtener los parámetros de K, L y T.

```
t=0: 0.1:500;
km= 1.5;
Tm=125;
núm.= [km];
den= [tm 1];
step(num,den,t);
```

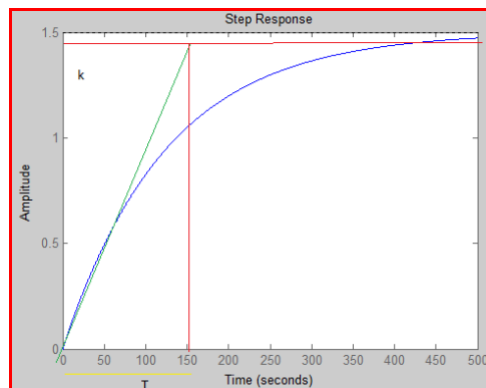
La forma de onda resultante luego de implementar el algoritmo en el programa Matlab, con entrada tipo escalón, se obtiene la figura N°11.



**Figura N° 11:** Grafico de respuesta a entrada step en la planta  
**Fuente:** Elaboración propia.

Hallando los valores de K, L, T de acuerdo al método gráfico, ver la figura N°

12.



**Figura N° 12:** Obteniendo los parámetros K, L según método grafico  
**Fuente:** Elaboración propia.



- Mediante este método se obtiene los valores de K,L y T:

- K=1.48
- L=0.15
- T=149.85

- Hallando  $a = kL/T$ ,

$$a = 1.48 \cdot 10^{-3}$$

- Luego hallando los parámetros Kp, Ti y Td se obtiene:

- Kp=810
- Ti=0.3
- Td=0.075

Luego se reemplaza los valores para hallar la ganancia Kd y Ki:

- $K_i = K/T_i$ ;
- $K_i = 810/0.3 = 2700$
- $K_d = K \cdot T_d$
- $K_d = 810 \cdot 0.075 = 60.75$

Se obtienen los siguientes valores:

- K=810
- Kd=60.75
- Ki=2700

#### 4.1.3 Simulación del PID en Matlab

Para la simulación se toma la onda del tipo escalón unitario (step) como entrada y en lazo cerrado, (cloop). Se asigna los valores de las constantes siendo:

kp=810, ki=2700, kd=60.75 hallados anteriormente.

Programa de prueba en Matlab:

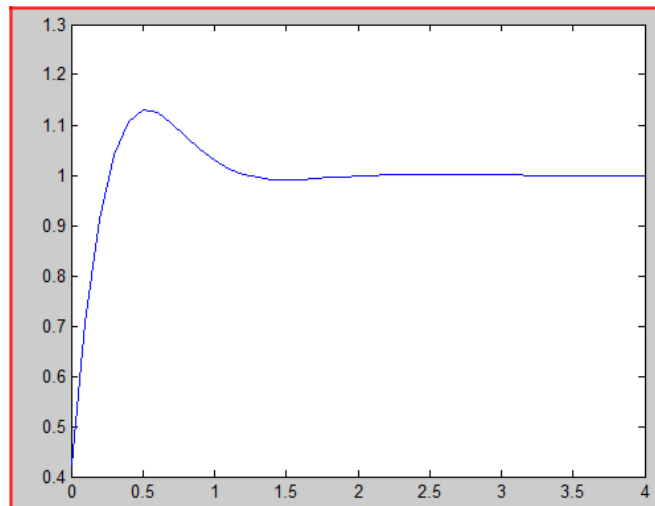
```
t=0: 0.1:4;  
Kp= 810;  
Kd=60.75;  
Ki=2700;  
num1=[kd kp ki];  
den1=[1 0];
```

```

num2=1.5;
den2 = [125 1];
[numc, denc]=cloop(conv(num1, num2),conv(den1,den2), -1);
y1=step
(numc,denc,t)
Plot (t,y1)

```

La forma de onda resultante en Matlab luego de la implementación del programa de prueba se puede ver en la figura N° 13.



**Figura N° 13:** Respuesta de la planta implementando PID, con entrada step  
**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.1.4 Relación de ecuación PID en programa STEP 7 de SIEMENS

El algoritmo PID implementado en el PLC Siemens 314-2DP funciona de acuerdo a la siguiente formula descrita en el manual de operación del fabricante Siemens:

$$y = k_p s \left[ (bw - x) + \frac{1}{T_i s} (w - x) + \frac{T_D}{aT_D s + 1} (c - w - x) \right]$$

Donde:

- $y$ : Valor de salida del algoritmo PID
- $k_p$ : Ganancia proporcional
- $T_i$ : Tiempo de integración
- $T_d$ : Tiempo derivativo
- $S$ : Operador laplaciano

- $B$ : Ponderación de la acción P
  - $w$  : Consigna
  - $x$  : Valor real
  - $a$ : Coeficiente para el retardo de la acción derivada (retardo de la acción derivada  $t_1 = aT_d$ )
  - $c$ : Ponderación de la acción D.

Estableciendo los parámetros en el regulador PID, los valores de la fórmula se obtiene:

- Coeficiente para el retardo de la acción derivada ( $a$ )  $a=0.5$  (valor acreditado en la práctica)
- Ponderación de la acción P: ( $b$ )  
 $b=1.0$  (la acción P es efectiva cuando se cambia la consigna)
- Ponderación de la acción D: ( $c$ )  
 $c=0.0$  (la acción P no es efectiva cuando se cambia la consigna)
- Consigna ( $w$ ) :150
- valor real ( $x$ ): 100
- ganancia proporcional ( $k_p$ ): 810
- tiempo de integración ( $T_i$ ) :0.3
- tiempo derivativo ( $T_d$ ) :0.075

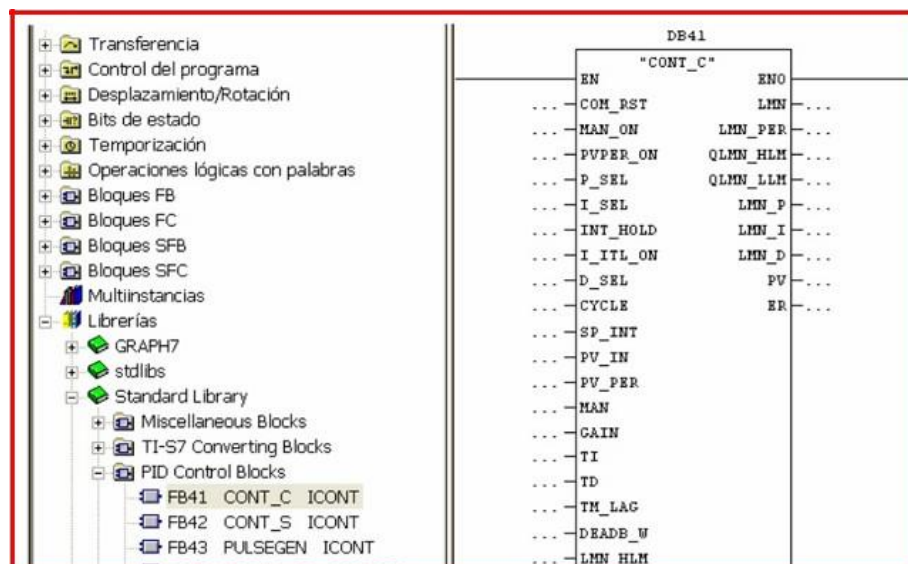
Reemplazando los valores en la fórmula de PID para ser operada en el programa PLC STEP 7 SIEMENS y ser utilizada para el control de la válvula proporcional se obtiene la siguiente expresión:

$$y = 810s \left[ 1.0 * 150 - 100 + \left( \frac{1}{0.35s} \right) * (150 - 100) + \frac{0.075s}{0.5 * 0.075s + 1} (0.0 - 150 - 100) \right]$$

Resolviendo algebraicamente se obtiene la expresión:

$$y = 40500s + \frac{115714.3}{s} - \frac{18.75s}{0.0375s + 1}$$

La configuración e implementación del PID se desarrolla en la sección 3.2.3.1 en la página 74, donde se detallan todos los parámetros que se deben configurar para programar el regulador PID en el PLC, con la cual controla la válvula proporcional de llenado de agua. La programación debe realizarse en el bloque de funciones FB41 dentro de la función CONT\_C, la cual está instalado en la librería de PID control blocks como se muestra en la siguiente figura N° 14.



**Figura N° 14:** Bloque de datos DB41 para configurar el PID en el PLC  
**Fuente:** Elaboración propia.

## 5. Requerimientos Técnicos

Para la elección de los sensores se tomarán aquellos de nivel de operación de 24 VDC (estándar), (según el diseño de la lógica en la programación que se explicará más adelante).

- a) Se necesitarán sensores capacitivos para el nivel de agua bajo una distancia de conmutación de 10 mm, contacto normalmente abierto y con operación de voltaje AC /DC.

- b) Sensores del tipo fotoeléctrico, para la posición (llenado y sellado) y conteo de bidones, bajo una distancia de conmutación de 10 mm y contacto normalmente abierto.
- c) Sensores de flujo con tensión analógica de salida de 0 a 10 V además de un factor K de 8000 pulso/l, otro factor muy importante es el Intervalo de medición del caudal debe ser entre 0,3l/min a 9 l/min. Y la frecuencia en la salida está en el rango de 40 a 1200 Hz.
- d) Pulsador normalmente abierto (NA) y un normalmente cerrado (NC), a partir del nivel de operación de 220 VAC y soporte 6 A, con un grado de protección mínimo de IP40.
- e) Relé Térmico: Capacidad máxima de corriente, 8 amperios, de clase 10.
- f) Bomba de agua: Nivel de operación de 220 VAC, que tenga la potencia de 2.2 kW (3 HP), con un caudal mínimo de 150 l/min, del tipo centrífuga monobloc de gran caudal, con un grado de protección mínimo IP54;
- g) Electroválvula: Se selecciona a partir del nivel de operación de 24 VDC; que sea de 4 vías, 3 posiciones; que opere a una presión máxima de 180 bar, con un caudal mínimo de 60 l/min, con un grado de protección mínimo IP54.
- h) Válvula Proporcional: Nivel de operación de 24 VDC, La tensión analógica de entrada de 0 a 10 VDC, la resistencia de entrada de 16,8 k, la temperatura máxima que soporta es de 65° C.
- i) Driver de la motobomba: Nivel de operación de 230 V de 2.2 KW y de 3 HP de potencia, que cumpla con la norma IEC 60068-2, cuya máxima frecuencia de salida es de 600 Hz.
- j) Lámpara Piloto: Nivel de operación de 24 VDC, con un grado de protección mínimo de IP40.

## 5.1 Elementos de Entrada

### a) Selección del Sensor.

- Sensor Capacitivo: Para el uso de nivel de agua, se prefiere el sensor capacitivo KB-2020 dada su rango ajustable de 3 a 20 mm y por la necesidad de uso de operación AC/DC.

Sensor Fotoeléctrico: Usado como sensor de posición (llenado y sellado). Se prefiere el sensor fotoeléctrico de marca Schneider por contar con variedad de modelos y fácil adquisición en el mercado eléctrico, del cual se elige el XU2- M18A por menor retardo de respuesta (menor a 15 ms).

- Sensor de flujo: La frecuencia en la salida está en el rango de 40 a 1200 Hz, de lo encontrado en el mercado se elige el sensor de flujo IR – Opflow por tener el rango de trabajo más acertado a lo requerido.

### b) Selección Pulsador:

En el mercado se tiene más de un fabricante de pulsadores que pueden cumplir los requerimientos, se prefiere al fabricante Adajusa por su fácil adquisición y variedad de pulsadores, y el tipo de modelo 99200500021xx al ser contacto NA.

Selección del Relé térmico:

Que cuente con las características solicitados en el requerimiento y debe ser una marca comercial y fácil de adquirir/comprar el producto, por esta razón se prefiere al fabricante General Electric, unos de las series más conocidas es el ECRT1810N.

A continuación, se enumera en una tabla los elementos de entrada (sensores).

**Tabla N° 01.** Elementos de entrada del proceso

ELEMENTOS DE ENTRADA	CARACTERÍSTICAS	DENOMINACIÓN
PULSADOR DE MARCHA	220 Vac: 4,5 A y 50 mΩ.	INICIO
PULSADOR DE PARADA	220 Vac: 4,5 A y 50 mΩ.	PARADA
RELÉ TÉRMICO MOTOR 1	4 a 6 A Tensión de aislamiento (Ui): 660V/1000V.	RT_M1
RELÉ TÉRMICO MOTOR 2	4 a 6 A Tensión de aislamiento (Ui): 660V/1000V.	RT_M2
RELÉ TÉRMICO BOMBA	T: 230Vac 3Φ o 1Φ. I máx. AC-3: 12A. P máx. 3Φ: 3 Kva P máx. 1Φ: 1,1 Kva	RT_B1
SENSOR QUE DETECTA LA PRESENCIA DE TAPAS	Sensor capacitivo 10 a 48 VCA o de 24 a 240 VCA	TAPAS
SENSOR QUE INDICA EL NIVEL MÍNIMO DE LLENADO DEL TANQUE	Sensor Capacitivo, PVC 10 a 48 VCA o de 24 a 240 VCA	SEN: NIVEL_TQ
EL SENSOR DE DETECCIÓN DE PASO DEL BIDÓN DE LA FAJA 1 A LA FAJA 2	Sensor Capacitivo 10 a 48 VCA o de 24 a 240 VCA	SENS_F12
SENSOR QUE DETECTA POSICIÓN DE LLENADO	Sensor Fotoeléctrico 4 a 20 mA	SEN_ENV_F1
SENSOR DE NIVEL DE LLENADO DE BIDÓN.	Sensor Capacitivo, PVC 10 a 48 VCA o de 24 a 240 VCA	SENS_ENV_N1
SENSOR DE POSICIÓN DE SELLADO.	Sensor Fotoeléctrico 4 a 20 mA	SENS_SEL_F1
SENSOR TAPA SELLADA CORRECTAMENTE	Sensor Capacitivo 10 a 48 VCA o de 24 a 240 VCA	SEN_TAPA
SENSOR DE CONTEO	Sensor Fotoeléctrico 4 a 20 mA	SEN_CNT

Fuente: Elaboración Propia

De igual manera, procedemos a seleccionar e identificar los elementos de salida del proceso:

**c) Selección de la Bomba de agua:**

Se prefiere a la Electrobomba STE 200T por contar con la presión máxima de 180 bar.

**d) Selección de la Electroválvula:**

Se prefiere a la electroválvula Roydisa RS 23178 por la mayor capacidad de presión que soporta.

**e) Válvula Proporcional**

Se elige la válvula proporcional VPPM de Festo al ser más comercial y fácil de adquirir.

**f) Driver de la motobomba**

Se elige un drive de la marca delta serie CP23022 la cual cumple con la norma IEC 60068-2, cuya máxima frecuencia de salida es de 600 Hz. Selección Lámpara Piloto:

Según los requerimientos técnicos, se prefiere a la lámpara piloto Rockwell 800T-QHxx.

A continuación, se enumera en una tabla los elementos de salida (actuadores).



**Tabla N° 02.** Elementos de salida del proceso

ELEMENTOS DE SALIDA	CARACTERÍSTICAS	DENOMINACIÓN
MOTOR FAJA 1	Trifásico IE2 - 4,00HP 2 Polos	MF1
	Aluminio	
MOTOR FAJA 2	Trifásico IE2 - 4,00HP 2 Polos	MF2
	Aluminio	
BOMBA DE LLENADO DE AGUA	3HP	MB1
	Caudal máx.: 180 l/min (10.8 m³/h)	
ELECTROVÁLVULA EN CASO DE MAL SELLADO		KV1
	Caudal Nominal: 60 l/min	
ELECTROVÁLVULA DE SELLADO DE BIDON		KV2
	Caudal Nominal: 60 l/min.	
ELECTROVALVULA DE POSICIONAMIENTO DE TAPA		KV3
	Caudal Nominal: 60 l/min.	
INDICADOR DE SISTEMA ACTIVO	220 – 240 V Inductivo 400 W	INDIC_ON
INDICADOR DE SISTEMA APAGADO	220 – 240 V Inductivo 400 W	INDIC_OFF

Fuente: Elaboración Propia

Una vez identificado los elementos de entrada y salida del proceso, tal como se precisan en las tablas N° 01 y 02, se procede a establecer el tipo de controlador lógico programable a utilizarse en el automatismo.

#### **g) Operación del PLC:**

Como se mencionó en la delimitación del proyecto, se realizó la elección del controlador desde el principio considerando que en la planta en estudio se dispone de PLC 314C-2DP del fabricante Siemens.

Las tablas N° 03 y 04, establecen el direccionamiento a seguir con la finalidad de relacionar los elementos de entrada y salida del proceso con los elementos de entrada y salida del controlador lógico programable.

**Tabla N° 03.** Direccionamiento de elementos de Entrada

<b>ELEMENTOS DE ENTRADA DEL PROCESO</b>	<b>DIRECCIÓN DE ENTRADA DEL PLC</b>
INICIO	E0.0
PARADA	E0.1
RT_M1	E0.6
RT_M2	E0.7
RT_B1	E1.0
TAPAS	E1.5
SEN: NIVEL_TQ	E1.3
SENS_F12	E1.1
SEN_ENV_F1	E0.2
SENS_ENV_N1	E0.3
SENS_SEL_F1	E0.4
SEN_TAPA	E0.5
SEN_CNT	E1.2

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 4 se muestran los elementos de salida del proceso, así como la dirección asignada en el PLC


**Tabla N° 04.** Direccionamiento de elementos de salida

ELEMENTOS DE SALIDA DEL PROCESO	DIRECCION DE SALIDA DEL PLC
MF1	A0.0
MF2	A0.1
MB1	A0.2
KV1	A0.3
KV2	A0.4
KV3	A0.5
INDIC_ON	A0.7
INDIC_OFF	A1.0

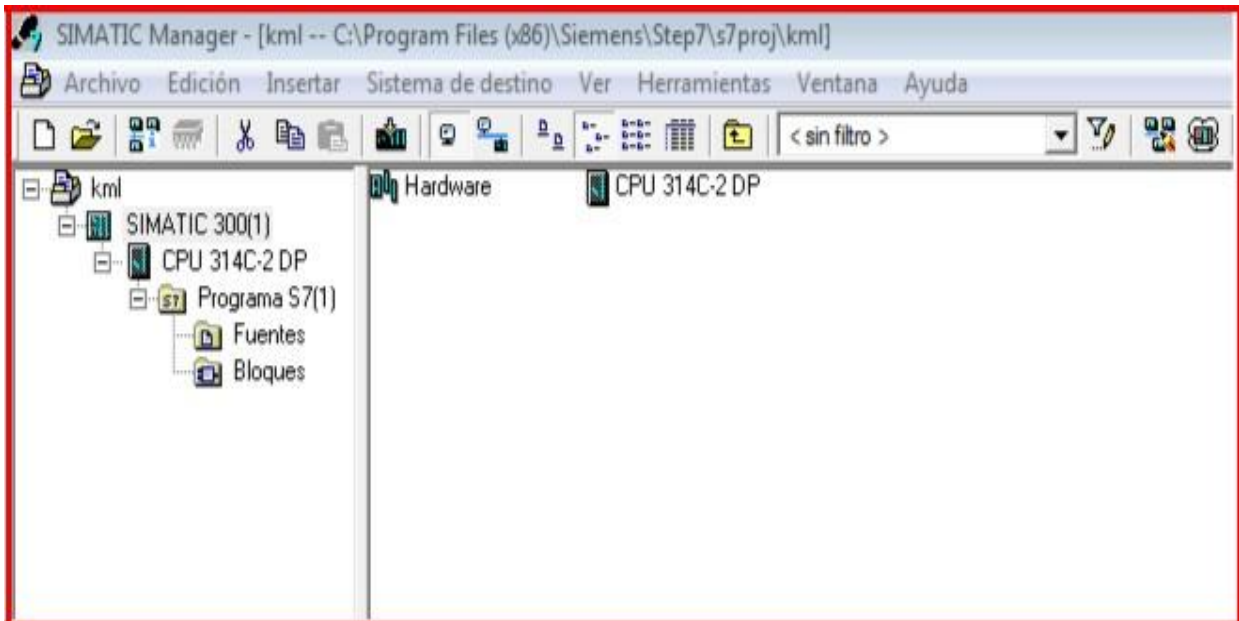
Fuente: Elaboración Propia

Una vez establecido el direccionamiento de elementos de entrada y salida del proceso con los elementos de entrada y salida del PLC, a continuación, procedo a desarrollar la programación del controlador Lógico Programable Siemens 314C – 2DP. El software utilizado para tal propósito es el *Simatic Manager Versión 5.5 de Siemens*.

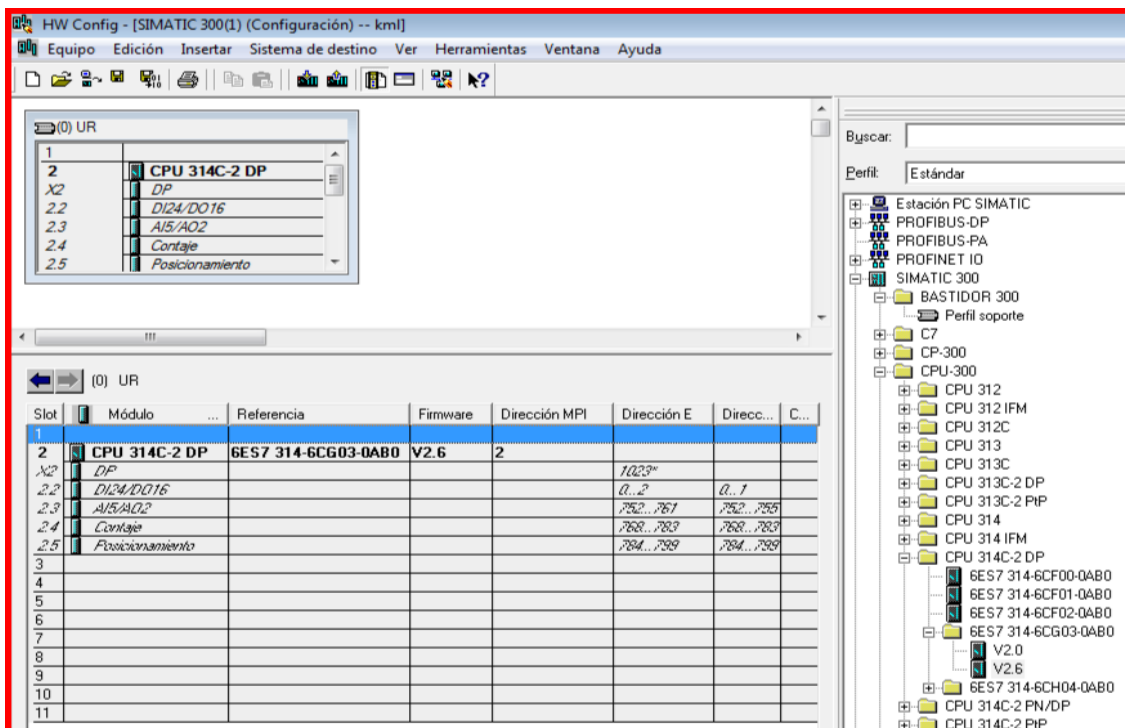
### 5.1.1 Programación del PLC

A continuación, se detallan el procedimiento seguido para la programación: Al  presionar en el ícono hardware desde la ventana que se visualiza en la figura N° 15, se accede a la configuración física del PLC, visualizada en la figura N° 16, para el caso del proceso se eligió usar el PLC 314C- 2DP, y

configurar las entradas en los bytes 0, 1 y 2; y las salidas en los bytes 0 y 1, configurado estas variables guardar y cerrar la ventana.

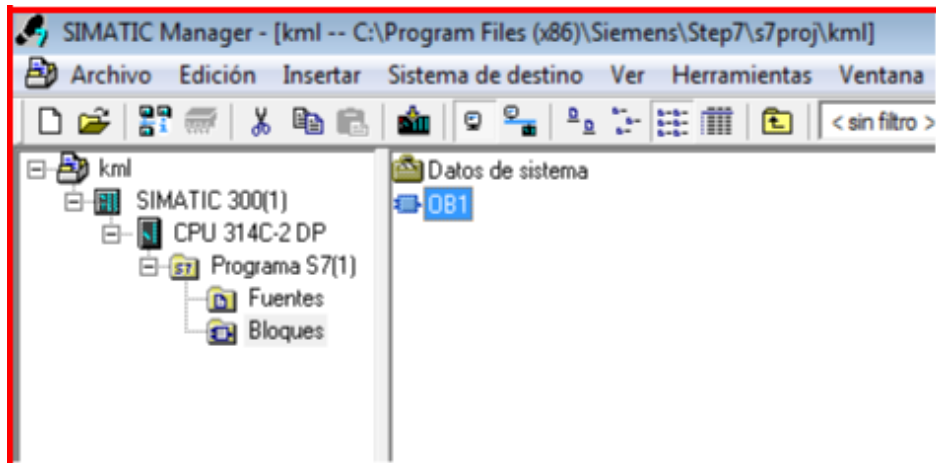


**Figura N° 15:** Ventana principal del Simatic manager  
Fuente: Elaboración Propia

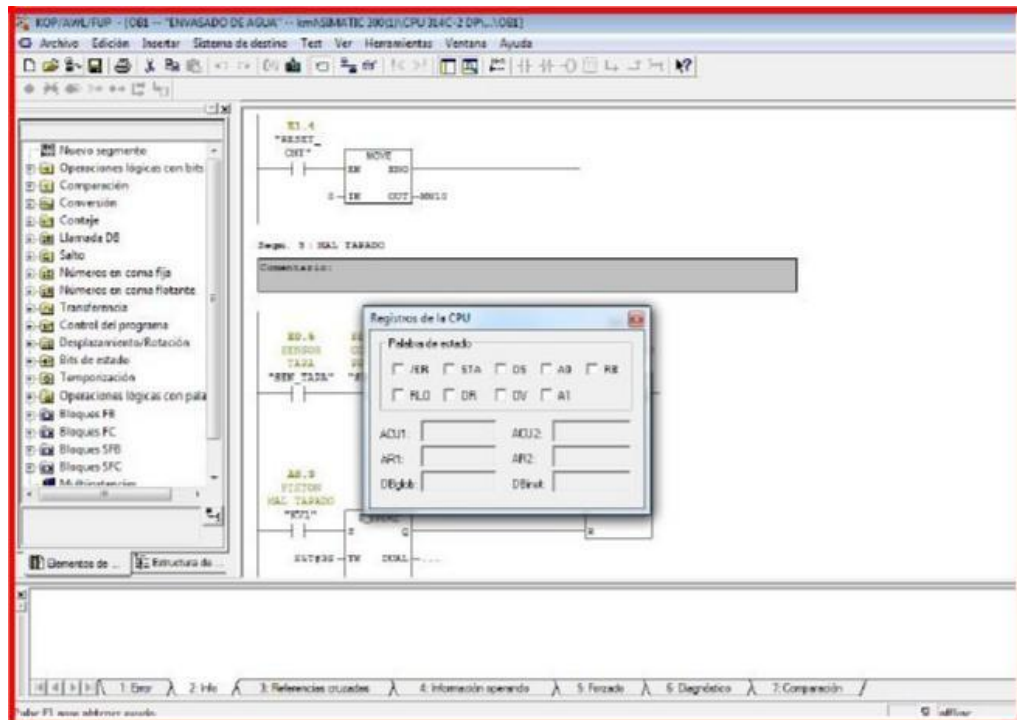


**Figura N° 16:** Ventana de configuración del tipo de hardware  
Fuente: Elaboración Propia


🚦 Luego se accede a la ventana principal según la figura N° 17 y se ingresa a la ventana de programación que se muestra en la figura N° 18, aquí se desarrollará la lógica del funcionamiento del sistema con los bloques y funciones propias del software.



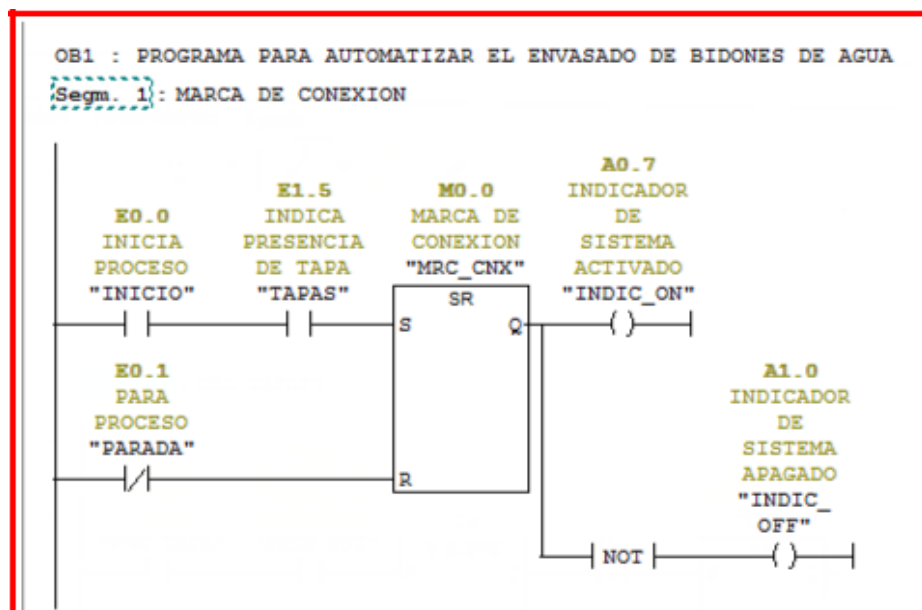
**Figura N° 17:** Ventana de configuración del PLC  
Fuente: Elaboración Propia




**Figura N° 18:** Ventana de configuración del PLC  
Fuente: Elaboración Propia

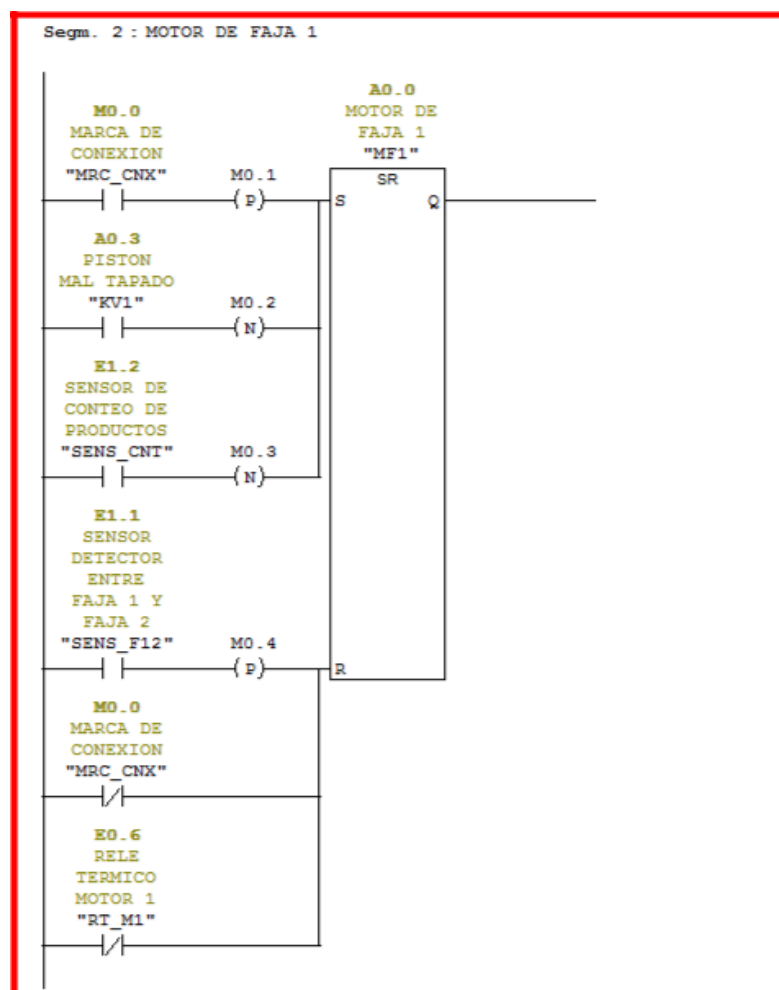
 En la ventana de programación se inicia la programación en el segmento 1, mostrado en la figura N° 19, aquí se activa una dirección de memoria M0.0, mediante un bloque SR, el cual hace las veces de un Flip -Flop, para activar la memoria M0.0 que indica sistema en funcionamiento, el sensor de presencia de tapas con dirección E1.5 debe estar activado, entonces cuando se presiona Inicio con dirección E0.0 se envía un pulso al bloque SR con lo cual queda activada, y si se desea desactivar la marca M0.0, que indica sistema desactivado, se envía un pulso al R por medio del pulsador normalmente cerrado de dirección E0.1, el cual indica parada.

Cuando M0.0 este activado se prenderá el indicador INDIC\_ON mostrado con dirección A0.7, y cuando este desactivado se activará el indicador INDIC\_OFF



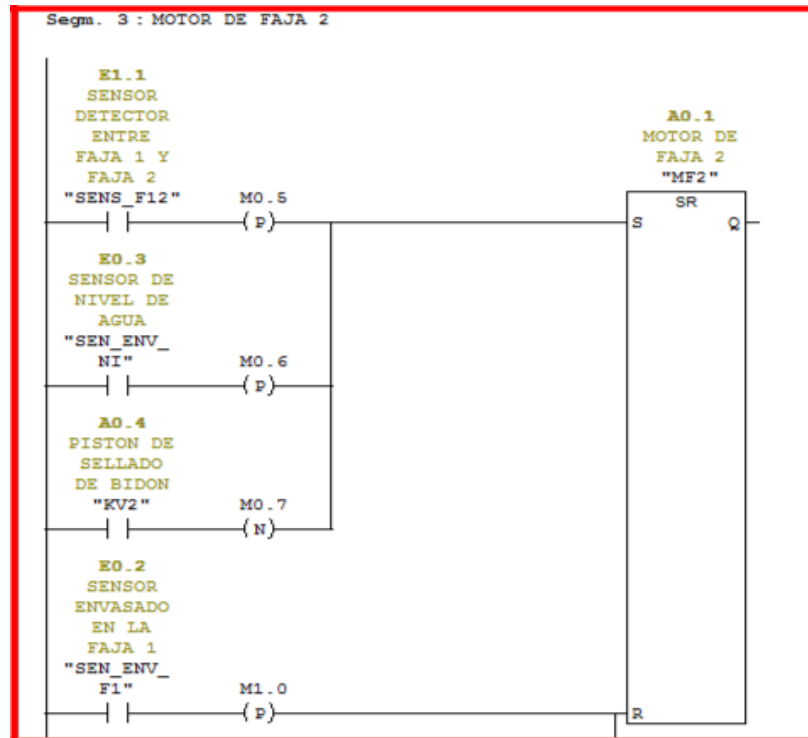
**Figura N° 19:** Segmento 1 de la programación del PLC  
 Fuente: Elaboración Propia

 En la figura N° 20, se visualiza el segmento 2 del programa, mediante un bloque SR se activa el motor de la faja 1 enviando un pulso a la entrada S cuando haya un flanco de subida (identificado con M0.1) en la marca de conexión M0.0, o un flanco de bajada en el sensor E1.2 o en el pistón KV1 de dirección A0.3. Desactiva el motor cuando se envía un pulso a la entrada S desde SENS\_F12 o Marca de conexión o RT\_M1 (Relé térmico del motor de faja 1).



**Figura N° 20:** Segmento 2 de la programación del PLC  
 Fuente: Elaboración Propia

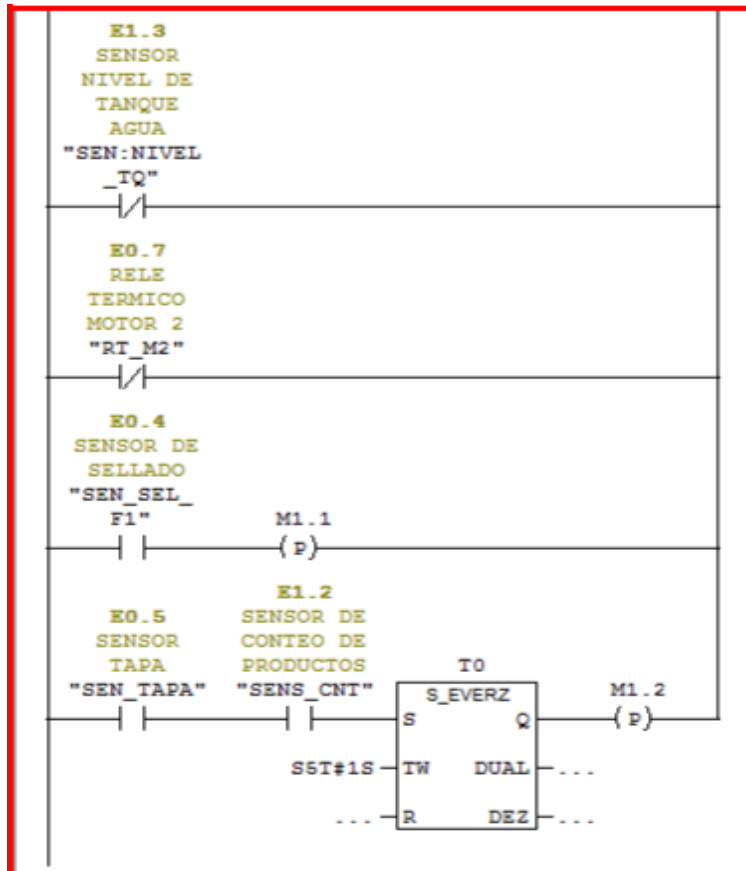
En la figura N° 21, se visualiza la activación y desactivación del motor de la faja 2, enviando un pulso hacia la entrada S desde el sensor SENS\_F12 o SENS\_ENV\_NI o KV2 queda activado el motor de faja 2 y enviando un pulso a la entrada R desde SEN\_ENV\_F1.



**Figura N° 21:** Segmento 3 de la programación del PLC  
Fuente: Elaboración Propia

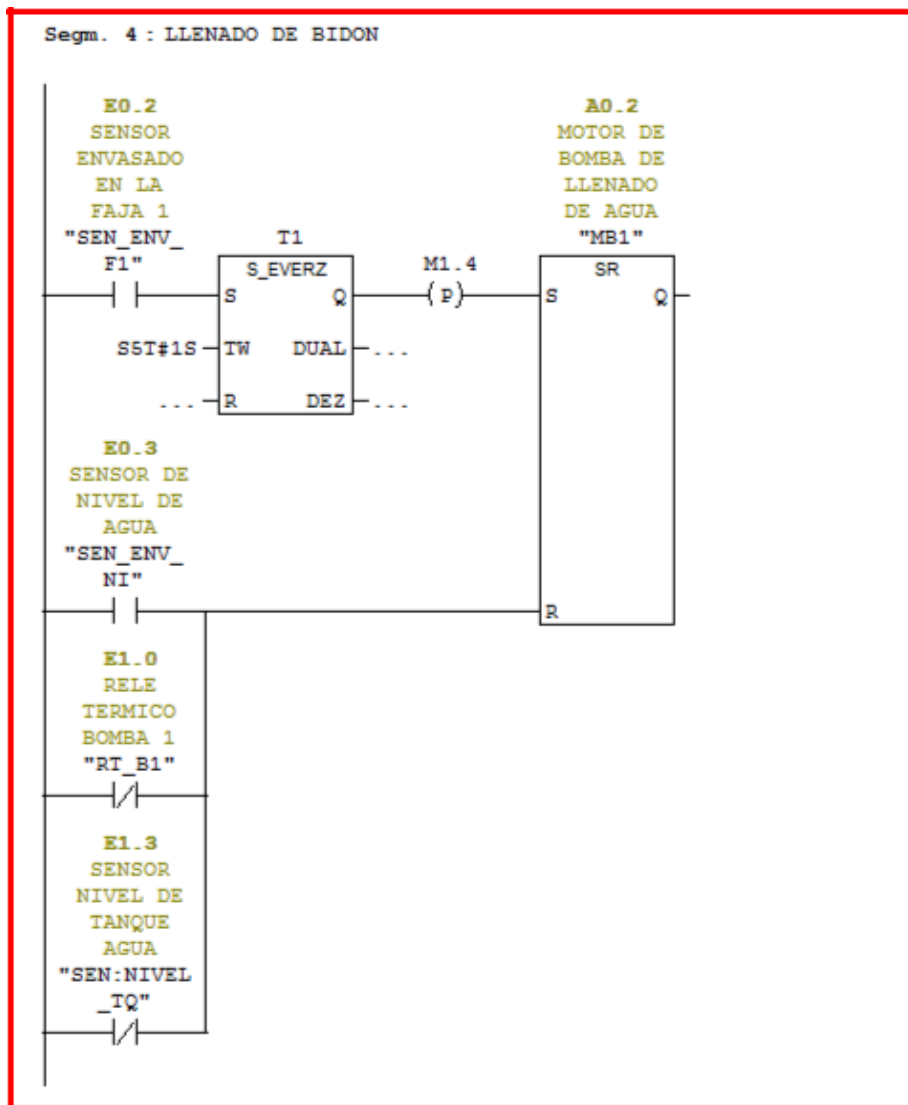
En la figura N° 22, se visualiza la desactivación de la faja 2, enviando un pulso a la entrada R del bloque SR que se muestra en la figura N° 18, desde el sensor SEN: NIVEL\_TQ o RT\_M2 (relé térmico de motor 2) o sensor SEN\_SEL\_F1 o cuando este activo SEN\_TAPA y SENS\_CNT pase 1 segundo.





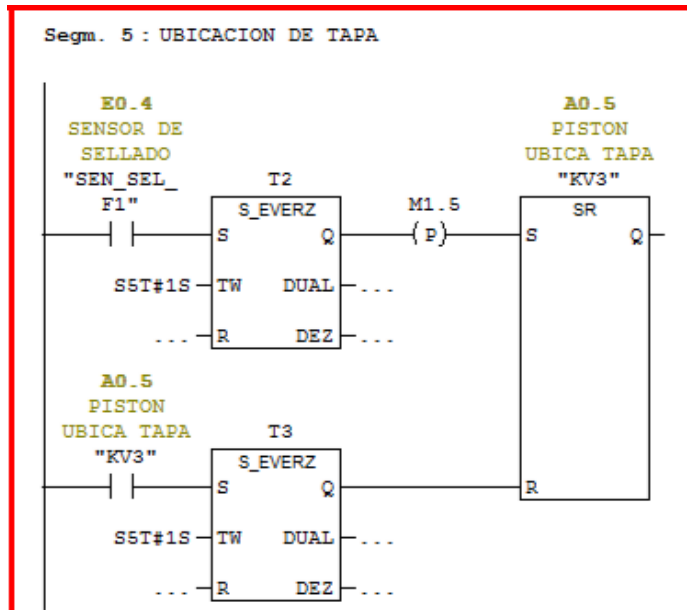
**Figura N° 22:** Segunda parte del segmento 3 de la programación del PLC  
Fuente: Elaboración Propia

- En la figura N° 23, se visualiza el segmento 4 se visualiza el encendido y apagado de la bomba de llenado de agua, identificado con dirección A0.2, la cual se activará un segundo después (S\_EVERZ) de que el sensor SEN\_ENV\_F1 se haya activado.



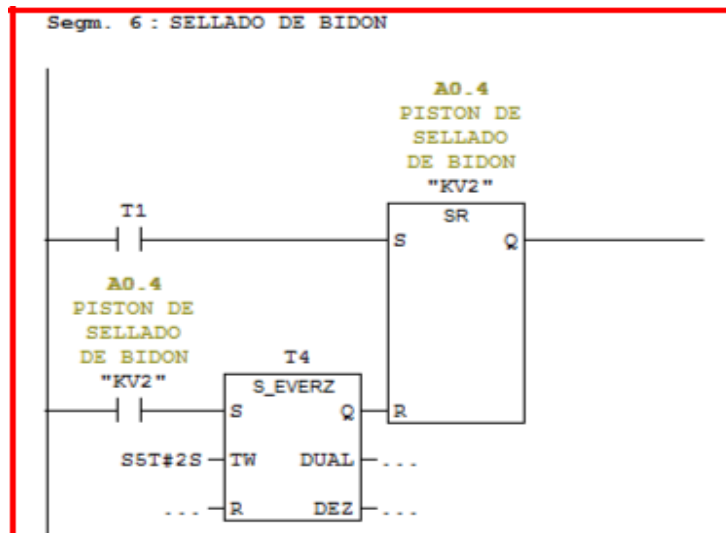
**Figura N° 23:** Segmento 4 de la programación DEL PLC  
Fuente: Elaboración Propia

- En la figura N° 24 se muestra la activación para la ubicación de la tapa con un pistón controlado desde KV3 (electroválvula neumática), se activa un segundo después de que el sensor SEN\_SEL\_F1 detecta, y se desactiva 1 segundo después que KV3 se activa.



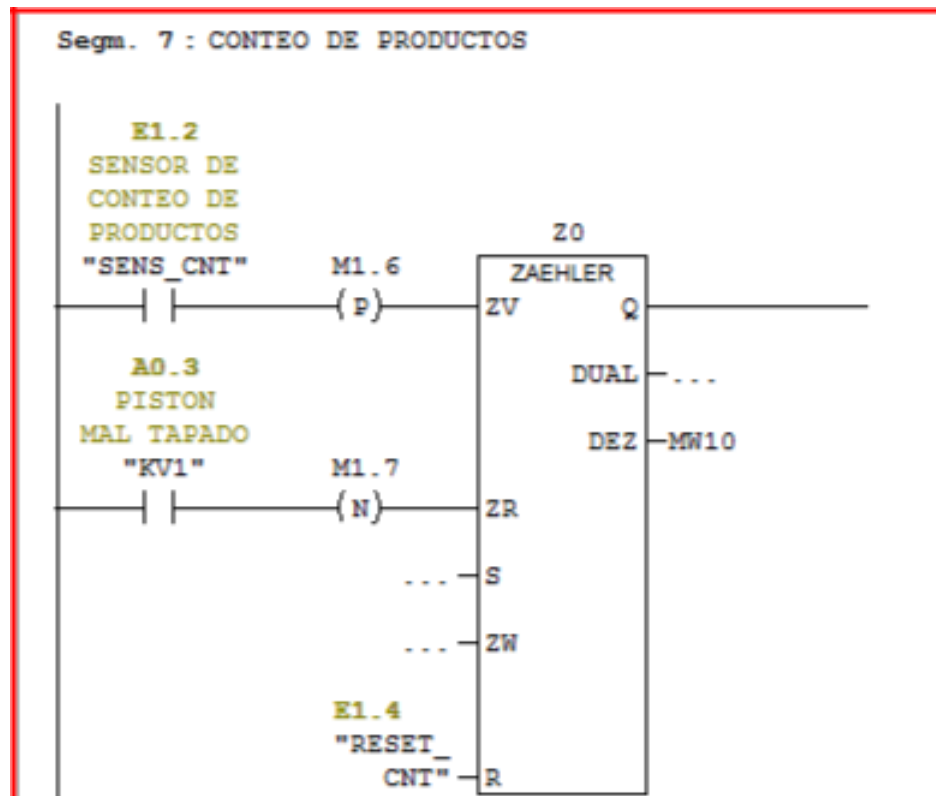
**Figura N° 24:** Segmento 5 de la programación del PLC  
Fuente: Elaboración Propia

Para sellar el bidón se utiliza un pistón controlado desde la electroválvula KV2 que es activada después de 1 segundo por el temporizador T1, para desactivar el pistón se envía un pulso al R del bloque SR, un segundo después de activar KV2, como se muestra en la figura N° 25.



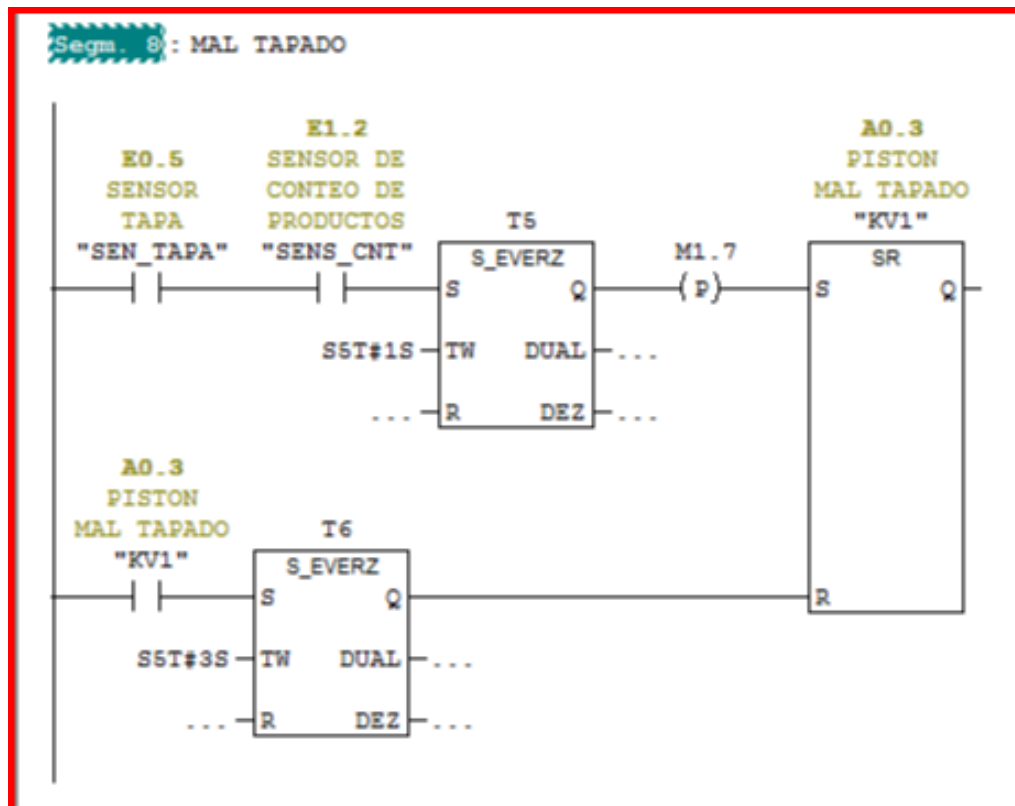
**Figura N° 25:** Segmento 6 de la programación del PLC  
Fuente: Elaboración Propia

Lo que se visualiza en la figura N° 26, muestra el conteo de productos, cada vez que se activa el sensor SEN\_CNT, sumará uno al valor guardado en la dirección de memoria MW10, y cuando apague la electroválvula KV1 resta uno al valor guardado en MW10, para volver el conteo a cero se envía un pulso a la entrada R del contador ZAEHLER.



**Figura N° 26:** Segmento 7 de la programación del PLC  
Fuente: Elaboración Propia

En la figura N° 27, se muestra el segmento 8 de la programación del controlador, en el cual servirá para enviar un producto mal tapado hacia el área de productos mal sellados. Para activar esta función desarrollada por KV1, el sensor SEN\_TAPA y SENS\_CNT deben estar activados más de 1 segundo, tiempo calculado por el temporizador T5, esta función se desactivará 3 segundos después.



**Figura N° 27:** Segmento 8 de la programación del PLC  
Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.3.1 Programación del controlador PID en el PLC

Para la regulación del caudal manteniendo la velocidad de la motobomba y controlando la válvula proporcional, se realizó manteniendo constante la velocidad de la motobomba para que el caudal de agua no cese y, de esta manera, regular el caudal con una válvula proporcional. La salida analógica del regulador (0 -10 V) controlará el paso de la válvula (el grado de abertura).

Para poder realizar este tipo de regulación del caudal, se realiza los siguientes pasos:

- a) Insertar el bloque cíclico OB35 (comprobar que tiene un tiempo de ejecución de 20 ms. en el hardware).

- b) Para resetear el regulador en el bloque OB100 se debe realizar la programación del bit.
- c) Pegar la función FB41 (CONT\_C) que se encuentra en la librería Standard Library – PID Control Blocks.
- d) A continuación, crear la DB de instancia asociada a esta función, y asignarle un nombre simbólico.
- e) Función FB 41 “CONT\_C”. Algoritmo PID del software. Mediante esta función se pueden controlar la presión, el nivel y el caudal usando tarjetas analógicas de entrada-salida.

Bloques de organización creados para programar el control de

🔧 válvula proporcional, como se muestra en la figura 28.



**Figura 28:** Bloques de organización en SIMATIC STEP 7

**Fuente:** Elaboración propia

Programa simulado del control análogo en bloque de datos DB41 control

PID

🔧 Se debe asignar las direcciones a tener en cuenta:

PV\_PER = PEW752. Dirección de la entrada analógica a la que está cableado el sensor (2.<sup>a</sup> entrada analógica).

LMN\_PER = PAW752. Dirección de la entrada analógica a la que está cableada la señal de control la válvula proporcional (2.<sup>a</sup> salida analógica).

COM\_RST = "Reset" (Bit que utilizaremos para resetear el FB).

Normalmente, el bit para resetear se programa en el bloque OB100.

Además, se debe fijar la velocidad del motor de la motobomba (PAW752; dirección de la salida analógica a la que está cableado el driver del motor, correspondiente a la primera salida analógica).

La velocidad del motor la especificaremos desde la tabla de variables. Para que la motobomba gire a máxima velocidad, se asigna un valor de 2764810 a la salida analógica PAW754. Para probar cómo regula la válvula, bajaremos la velocidad del motor (la perturbación), escribiendo en la mencionada Word PAW754 otro valor hexadecimal.

Los demás parámetros se podrán leer y escribir en la DB correspondiente.

Después de programar todos los bloques, se transfiere a la CPU y se comprueba que de ningún error, como se muestran en la figura N° 29.

```
"DB41
MAILA"

FB41
Continuous Control
"CONT_C"

EN          ENO
MO.0       COM_RST      LMN
...        MAN_ON       LMN_PER 16#0000
...        PUPER_ON     QLMN_HLM
...        P_SEL        QLMN_LLM
...        I_SEL        LMN_P
...        INT_HOLD     LMN_I
...        I_ITL_ON     LMN_D
...        D_SEL        PV
...        CYCLE        ER
...        SP_INT
...        PV_IN
16#0000    PV_PER
...        MAN
000000000002
DB41.DB420
proportion
al gain
"DB41
MAILA".
GAIN
```

**Figura 29:** Bloque de programación FB41  
**Fuente:** Elaboración propia

## Bloque de datos de la función FB41

Los rangos que aparecen en la figura están relacionados con los siguientes parámetros del DB (bloque de datos), en la figura 30 se muestra la configuración de los parámetros en el bloque de datos FB41.

Periferia: lectura desde la entrada PV\_PER.

Interna: lectura desde la entrada PV\_IN.

Factor de normalización: PV\_FAC

Offset de Normalización: PV\_OFF

Ancho zona muerta: DEADB\_W

Conectar acción P: P\_SEL

Ganancia proporcional: GAIN

Conectar acción I: I\_SEL

Tiempo integración: Ti

Congelar acción I: INT\_HOLD

Inicializar acción I: I\_ITL\_ON

Valor de inicialización: I\_ITLVAL

Conectar acción D: D\_SEL

Tiempo de acción derivada: Td

Retardo: TM\_LAG

Modo automático: MAN\_ON = "0"

Modo manual: MAN\_ON = "1"

Límite superior: LMN\_HLM

Límite inferior: LMN\_LLM

Factor de normalización: LMN\_FAC

Offset de Normalización: LMN\_OFF



Direcc	Declar	Nombre	Tipo	Valor inicial	@Valor act	Valor actual	Comentario
0.0	in	COM_...	BOOL	FALSE		FALSE	complete restart
0.1	in	MAN_...	BOOL	TRUE		TRUE	manual value on
0.2	in	PVPE...	BOOL	FALSE		TRUE	process variable peripherie on
0.3	in	P_SEL	BOOL	TRUE		TRUE	proportional action on
0.4	in	I_SEL	BOOL	TRUE		TRUE	integral action on
0.5	in	INT_H...	BOOL	FALSE		FALSE	integral action hold
0.6	in	I_ITL_...	BOOL	FALSE		FALSE	initialization of the integral action
0.7	in	D_SEL	BOOL	FALSE		FALSE	derivative action on
2.0	in	CYCLE	TIME	T#1S		T#1S	sample time
6.0	in	SP_INT	REAL	0.000000e+000		0.000000e+000	internal setpoint
10.0	in	PV_IN	REAL	0.000000e+000		0.000000e+000	process variable in
14.0	in	PV_PER	WORD	W#16#0		W#16#0	process variable peripherie
16.0	in	MAN	REAL	0.000000e+000		0.000000e+000	manual value
20.0	in	GAIN	REAL	2.000000e+000		1.000000e+002	proportional gain
24.0	in	TI	TIME	T#20S		T#10MS	reset time
28.0	in	TD	TIME	T#10S		T#0MS	derivative time
32.0	in	TM_L...	TIME	T#2S		T#2S	time lag of the derivative action
36.0	in	DEAD...	REAL	0.000000e+000		0.000000e+000	dead band width
40.0	in	LMN_...	REAL	1.000000e+002		1.000000e+002	manipulated value high limit
44.0	in	LMN_...	REAL	0.000000e+000		0.000000e+000	manipulated value low limit
48.0	in	PV_F...	REAL	1.000000e+000		1.000000e+000	process variable factor
52.0	in	PV_OFF	REAL	0.000000e+000		0.000000e+000	process variable offset
56.0	in	LMN_...	REAL	1.000000e+000		1.000000e+000	manipulated value factor
60.0	in	LMN_...	REAL	0.000000e+000		0.000000e+000	manipulated value offset
64.0	in	I_ITLV...	REAL	0.000000e+000		0.000000e+000	initialization value of the integral action
68.0	in	DISV	REAL	0.000000e+000		0.000000e+000	disturbance variable
72.0	out	LMN	REAL	0.000000e+000		0.000000e+000	manipulated value
76.0	out	LMN_...	WORD	W#16#0		W#16#0	manipulated value peripherie
78.0	out	QLMN...	BOOL	FALSE		FALSE	high limit of manipulated value reached
78.1	out	QLMN...	BOOL	FALSE		TRUE	low limit of manipulated value reached
80.0	out	LMN_P	REAL	0.000000e+000		0.000000e+000	proportionality component
84.0	out	LMN_I	REAL	0.000000e+000		0.000000e+000	integral component
88.0	out	LMN_D	REAL	0.000000e+000		0.000000e+000	derivative component
92.0	out	PV	REAL	0.000000e+000		0.000000e+000	process variable
96.0	out	ER	REAL	0.000000e+000		0.000000e+000	error signal
100.0	stat	sInvAlt	REAL	0.000000e+000		0.000000e+000	
104.0	stat	slante...	REAL	0.000000e+000		0.000000e+000	
108.0	stat	sRestInt	REAL	0.000000e+000		0.000000e+000	
112.0	stat	sRest...	REAL	0.000000e+000		0.000000e+000	
116.0	stat	sRueck	REAL	0.000000e+000		0.000000e+000	
120.0	stat	sLmn	REAL	0.000000e+000		0.000000e+000	
124.0	stat	sbAr...	BOOL	FALSE		FALSE	
124.1	stat	sbAr...	BOOL	FALSE		TRUE	
124.2	stat	sblim...	BOOL	TRUE		TRUE	

**Figura 30:** Cuadro de configuración de variables de FB41  
Fuente: Simatic Step 7

## Parametrización del regulador FB41

En el caso de esta maqueta, debido a la estructura que tiene, el valor máximo que nos proporciona el sensor (cuando las consignas de la motobomba y de la válvula proporcional estén en su valor máximo) será de 2,5 V.

Aquí también existen dos modos de expresar la consigna de regulación:

En porcentajes (%): Del 0 % al 25 %.

Expresando el caudal en l/min: De 0 l/min a 1,87 l/min.

He aquí la comprobación del caudal máximo:

- Factor K del sensor: 8000 pulso/l.
- Acondicionador de señal del sensor: Entrada: 0 - 1000 Hz  
Salida: 0 - 10 V
- Máxima tensión que llega a la entrada analógica del autómata:  
2,5 V Cuando la salida del acondicionador de señal proporcione  
2,5 V (valor máximo que se consigue en esta maqueta), la  
frecuencia de entrada debe ser de 250 Hz.  
  
250Hz = 250 pulsos/s
- Teniendo en cuenta que el sensor proporciona 8000 pulsos por litro:

$$\text{Caudal (l / min)} = \frac{250(\text{p / s}) * 60(\text{s / min})}{8000(\text{p / l})} = 1,87(\text{l / min})$$

Los parámetros PI válidos para todo el rango de regulación, son los siguientes:

- $K_p = 810$
- $T_i = 300 \text{ ms}$

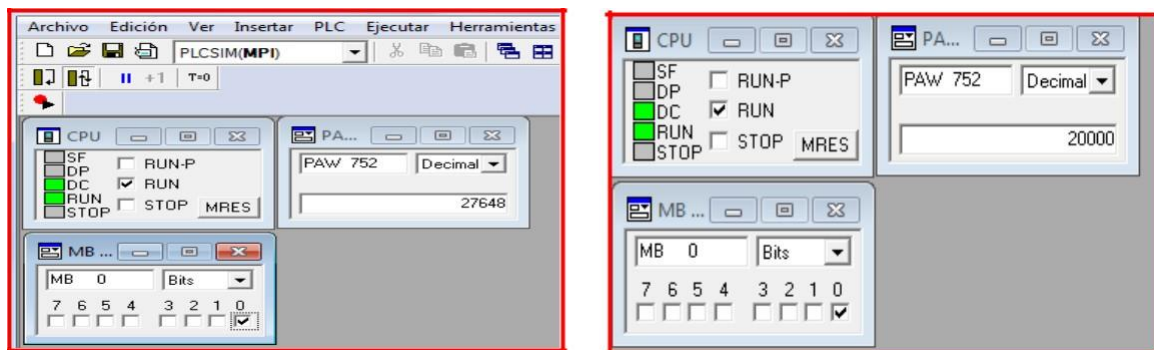
Con estos parámetros y, aplicando diferentes puntos de consigna en todo el rango de regulación (0, 25 %).

Diferentes valores de salida obtenidos en el controlador PI.

En este caso, utilizaremos diferentes velocidades de la motobomba como perturbaciones del sistema. Bajando la velocidad de la motobomba, el regulador de control del caudal abrirá más la válvula. Si la velocidad aumenta, cerrará la válvula.

Ajustado el 10 % de la consigna, ocurrirán los siguientes cambios de velocidad, en la figura 31 se muestra la simulación de la variable de consigna analógica PAW752.

- a) tramo:  $AW752 = 27648 \cdot 10 = 10 \text{ V}$
- b) tramo:  $AW752 = 20000 \cdot 10 = 7,2 \text{ V}$
- c) tramo:  $AW752 = 15000 \cdot 10 = 5,4 \text{ V}$
- d) tramo:  $AW752 = 8000 \cdot 10 = 2,9 \text{ V}$ . En este caso, la velocidad es demasiado baja para regular con una consigna del 10 % (la salida es de 100 %, pero no es capaz de corregir el error).
- e) tramo:  $AW752 = 17000 \cdot 10 = 6,1 \text{ V}$
- f) tramo:  $AW752 = 22000 \cdot 10 = 7,9 \text{ V}$
- g) tramo:  $AW752 = 27648 \cdot 10 = 10 \text{ V}$



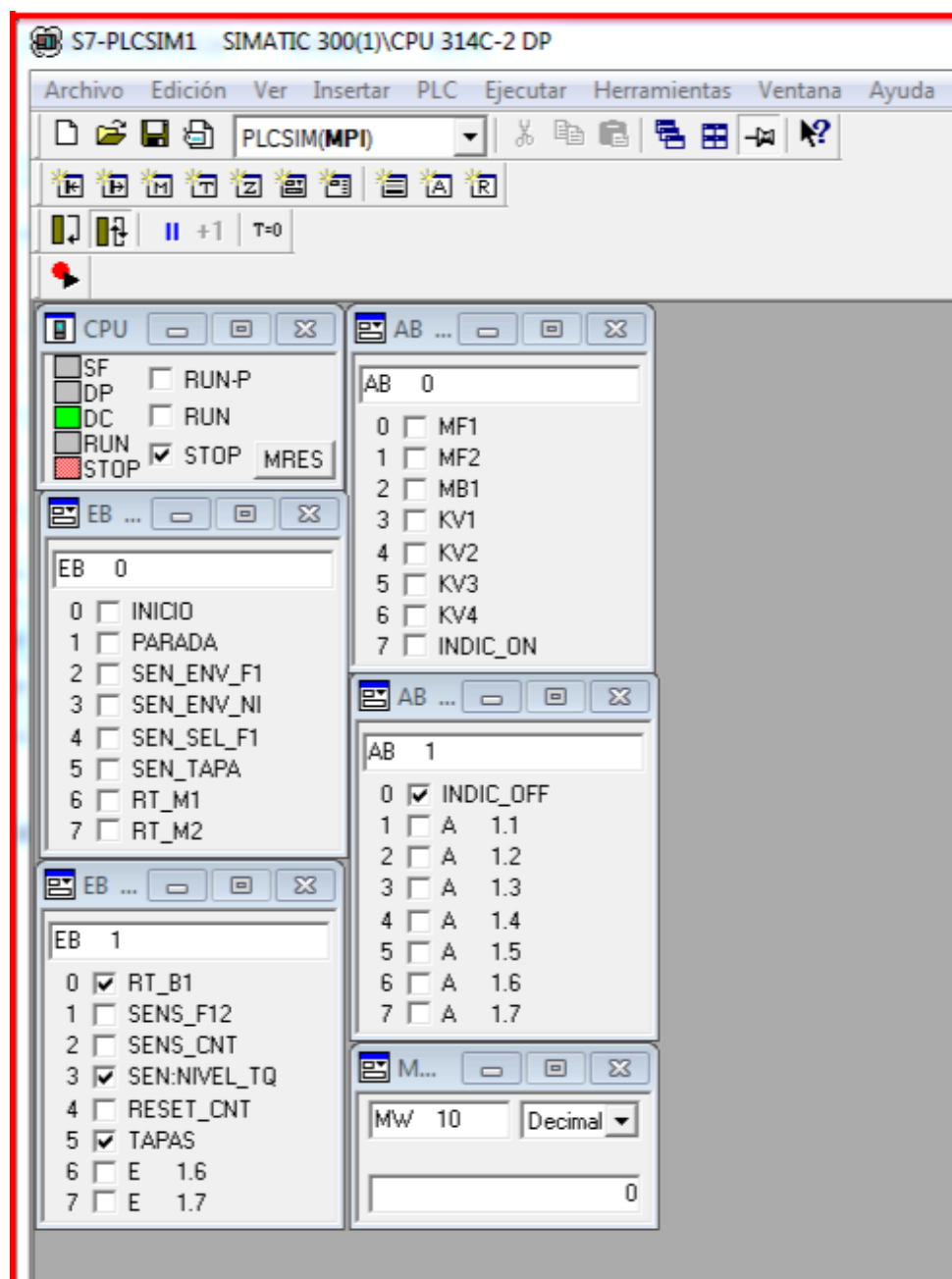
**Figura 31:** Simulación de la variable de salida analógica PAW 752

Fuente: Elaboración propia

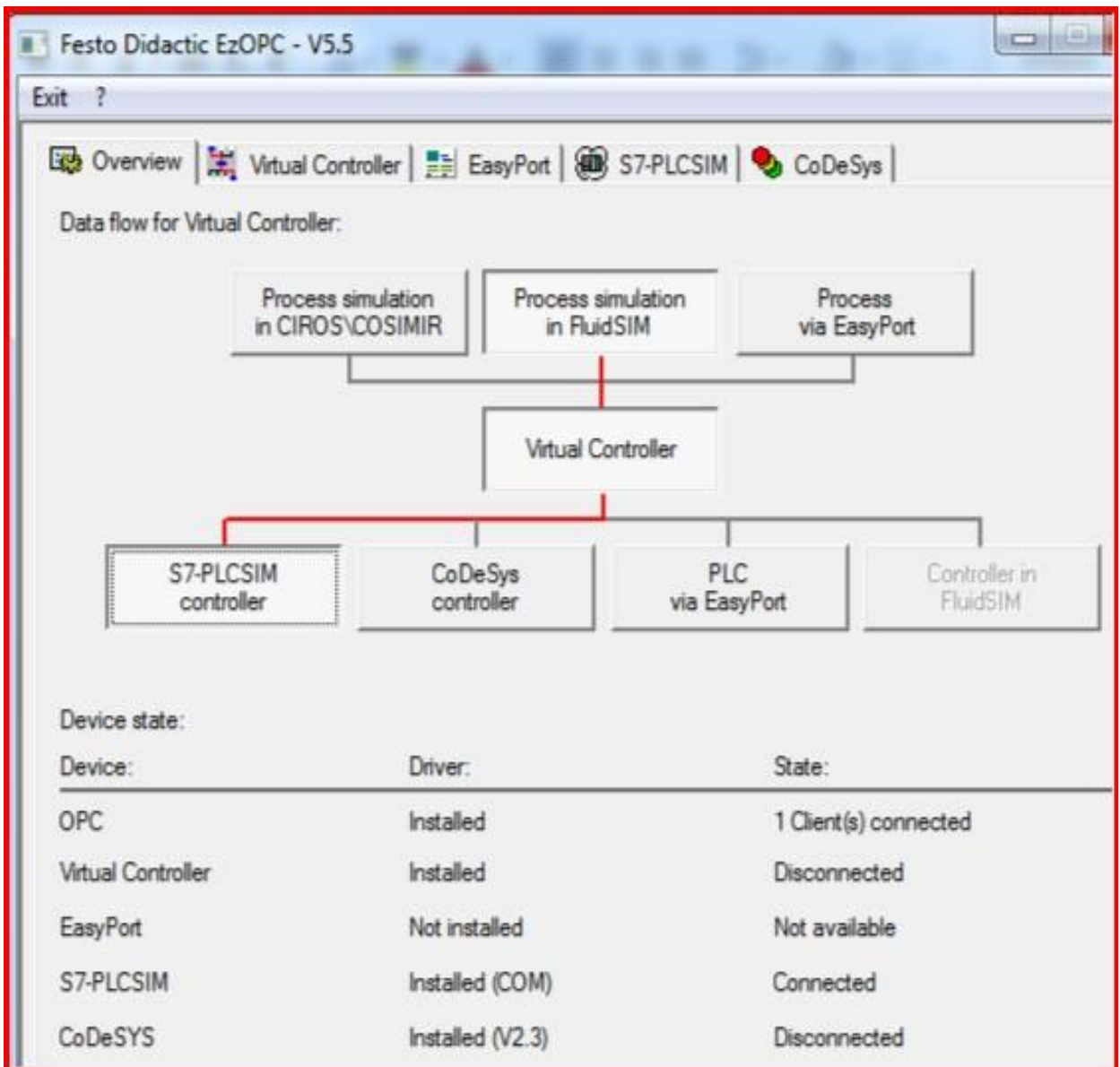
### 3.3 CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS

Para simular este proceso se utiliza dos softwares, el PLCSIM (incluido en el Simatic Manager) y el FLUIDSIM de FESTO.

- Para la simulación del programa de usuario desde el software SIMATIC MANAGER se usa el PLCSIM de SIEMENS, en la figura N° 32 se observa la ventana de simulación.
- Para realizar la interface de comunicación entre el FLUIDSIM de FESTO y el PLCSIM de SIEMENS se usa el OPC SERVER EzOPC v5.5 de FESTO, como se muestra en la figura N° 33.

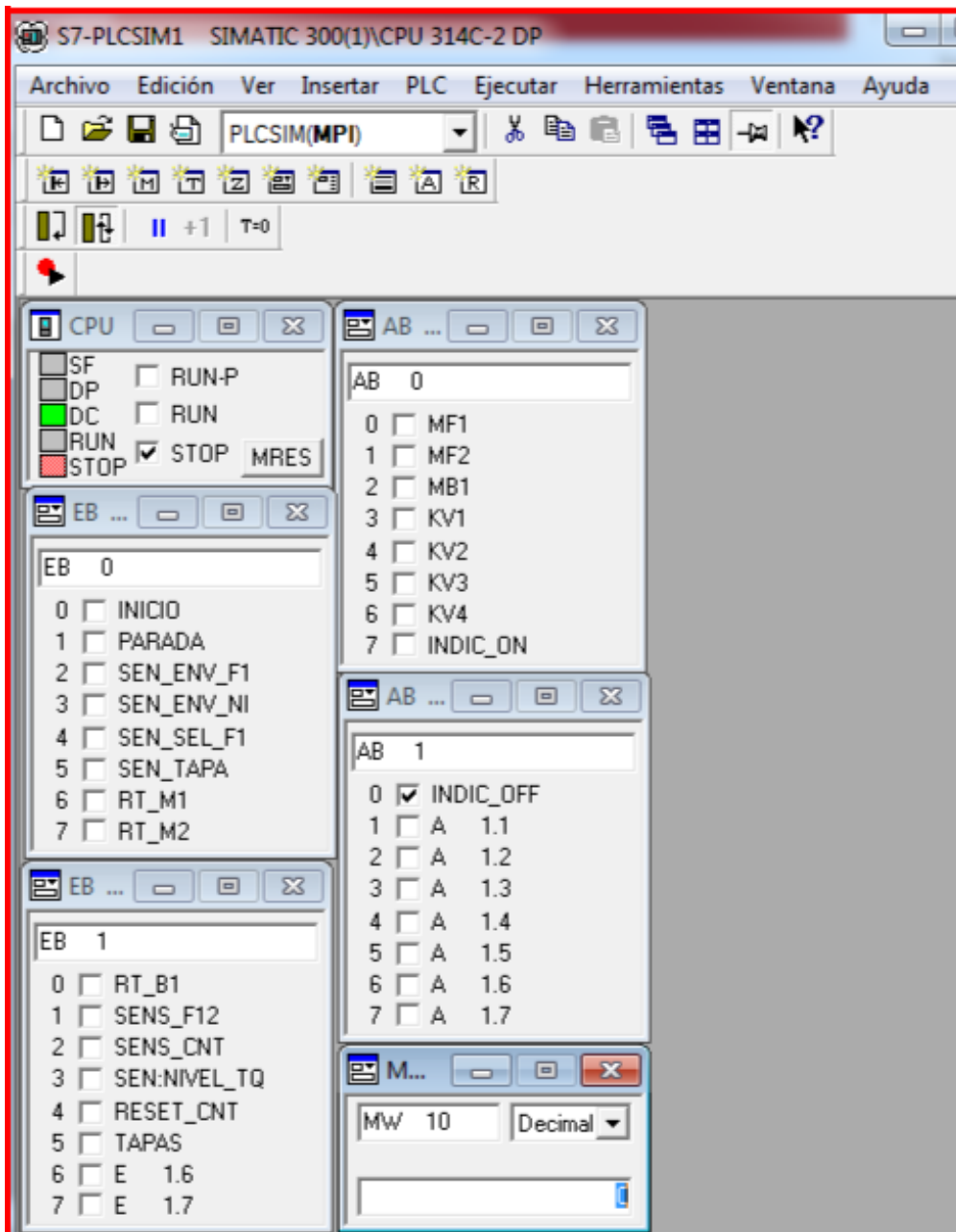


**Figura N° 32:** Entorno de simulación de PLC S7-314C-2DP de Siemens  
**Fuente:** Elaboración Propia



**Figura N° 33:** Entorno de OPC EzOPC de Festo  
Fuente: Elaboración Propia

- ✚ Abrir el simulador PLCSIM y configurar las entradas y salidas en los bytes previamente usados como entradas y salidas, en este caso tal como se muestra en la figura N° 34, las entradas están configuradas en los bytes EB0, EB1; las salidas en los bytes AB0, AB1 y en MW10 se guardan los datos de conteo de productos.



**Figura N° 34:** Configuración de bytes en el PLCSIM  
Fuente: Elaboración Propia

- ✚ Abrir el programa FLUIDSIM de FESTO presionar el ícono mostrado en la figura N° 07 desde la ventana principal de la computadora, realizar la inserción de los dispositivos de campo del proceso desde la paleta de herramientas del FLUIDSIM, como se muestra en la figura N° 35.

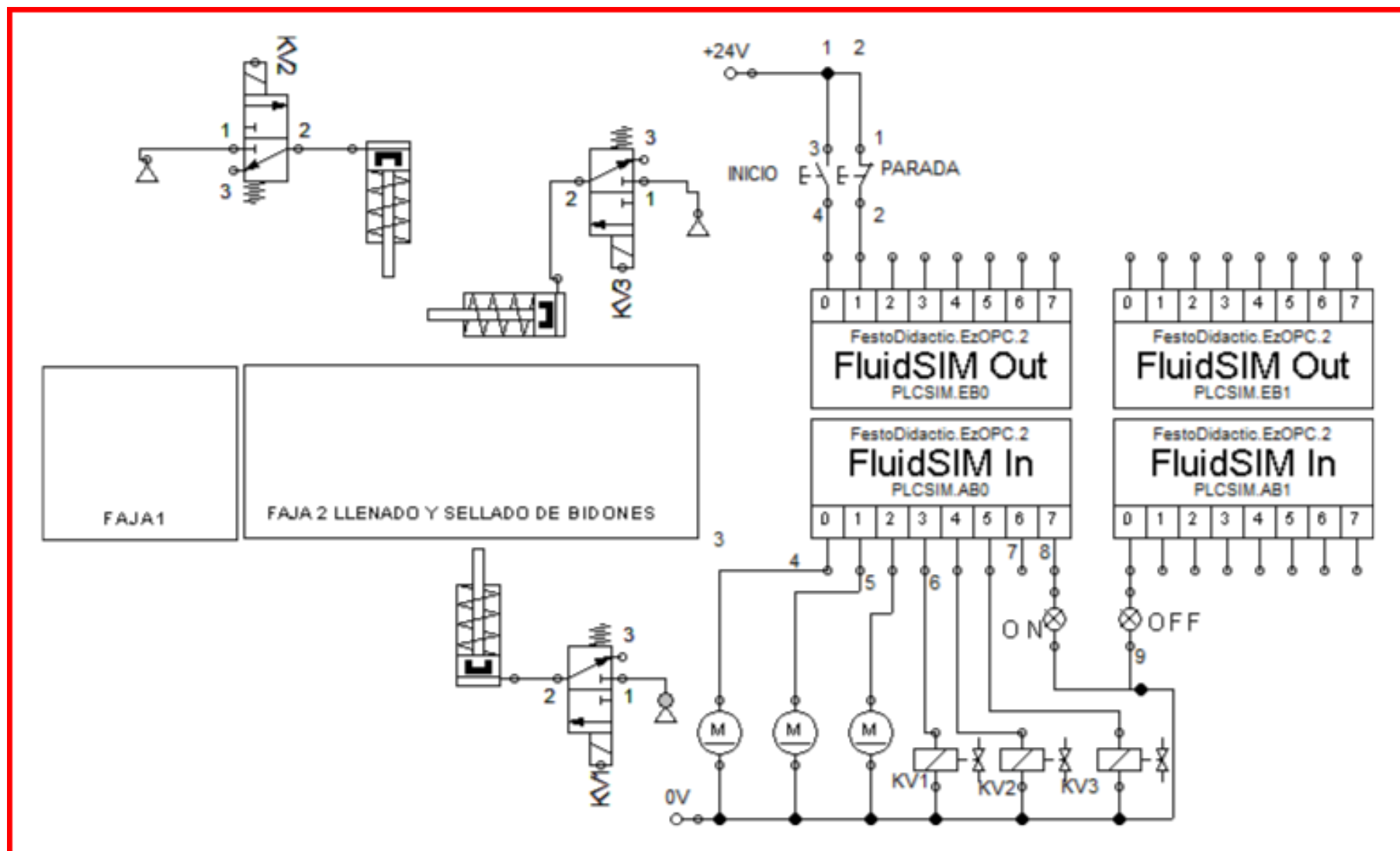
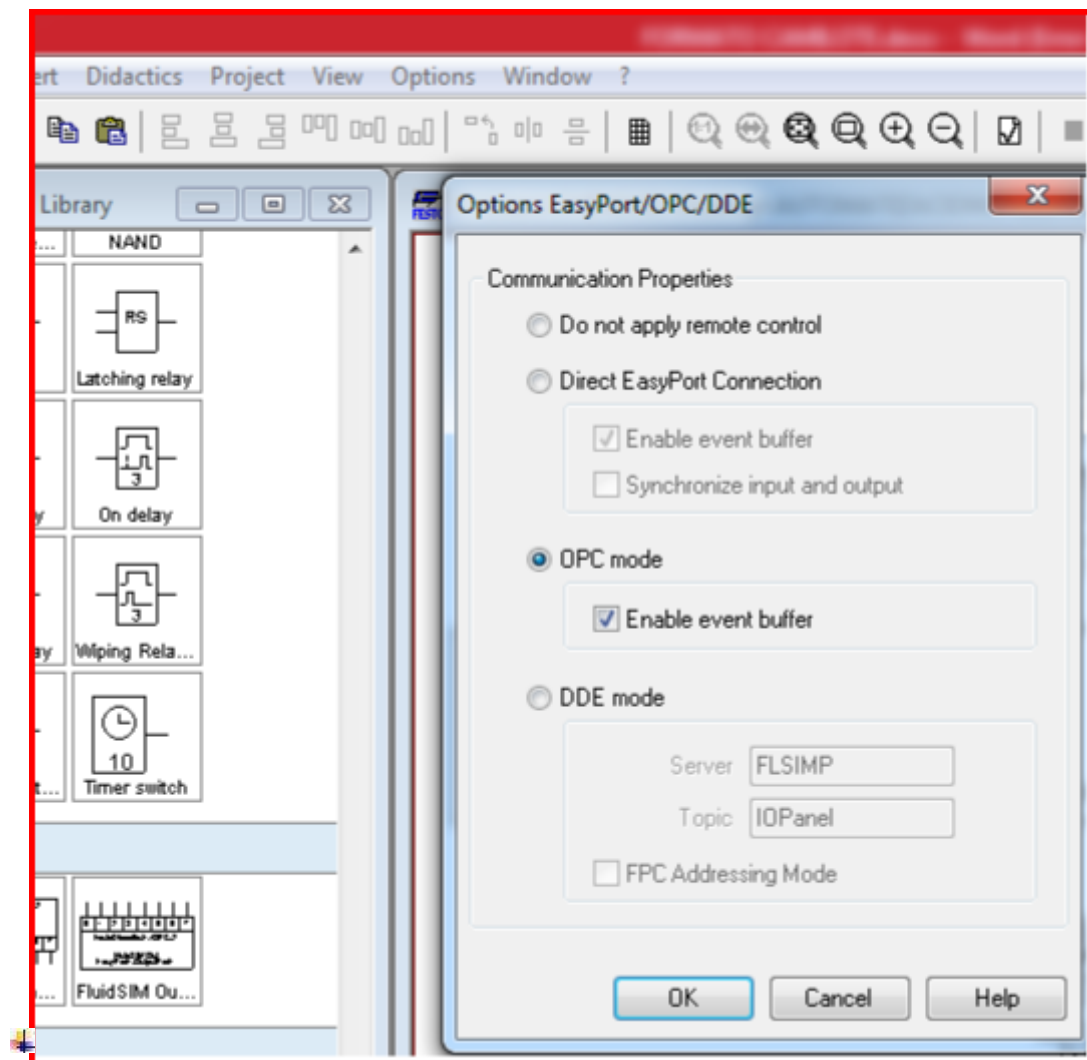


Figura N° 35: Inserción de los dispositivos de campo del proceso  
Fuente: Elaboración Propia

- Desde la ventana mostrada en la figura N° 08 configuramos la forma de comunicación del simulador de FLUIDSIM, dar click en opciones y elegir la opción EasyPort/OPC/DDE Connection, en la ventana que se visualiza en la figura N° 36 marcar la casilla OPC Mode y presionar donde indica “ok”.

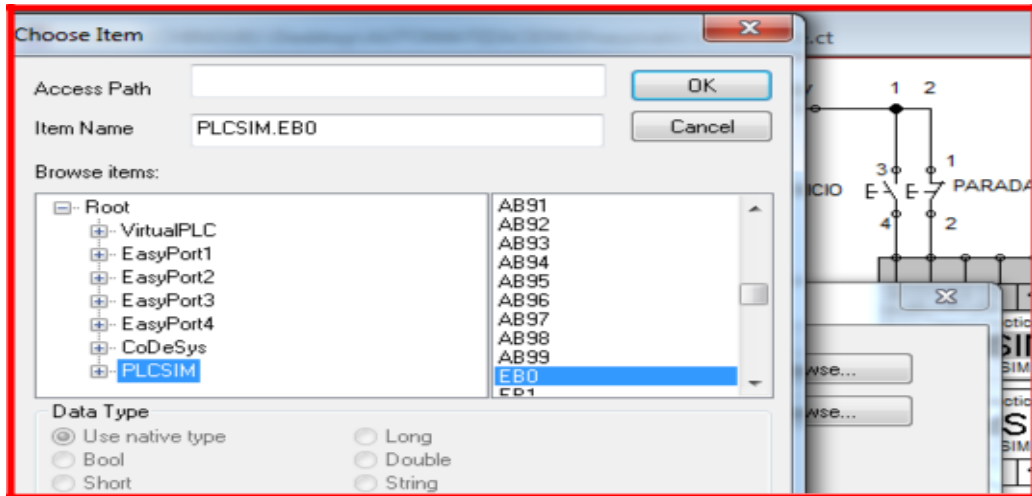


**Figura N° 36:** Configuración de modo de comunicación del FLUIDSIM  
Fuente: Elaboración Propia

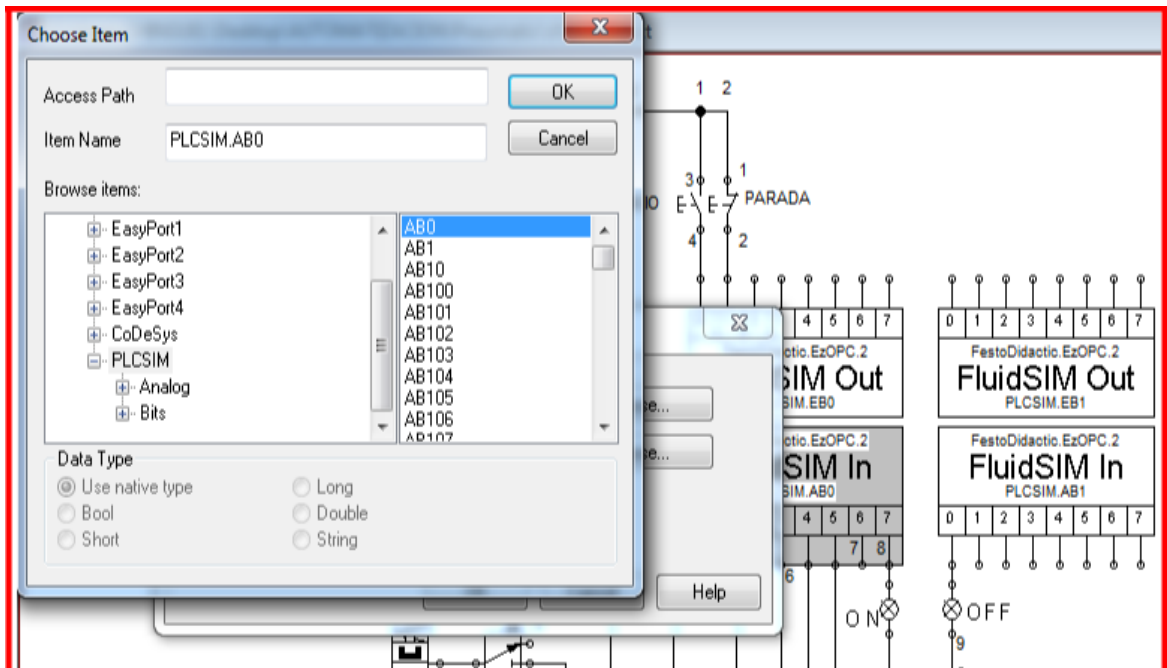
En el simulador de FLUIDSIM se configura los bytes de comunicación con el PLCSIM tal como se muestra en la figura N° 37; para lograr esta configuración presionar click derecho sobre el ícono FluidSIM OUT



que se muestra en la figura N° 34, luego aparece la ventana de bytes de comunicación, elegir la opción PLCSIM y el byte de entradas EB0 como se visualiza en la figura N° 37, y el byte de salidas AB0 mostrado en la figura N° 38 presionar en ok y cerrar.

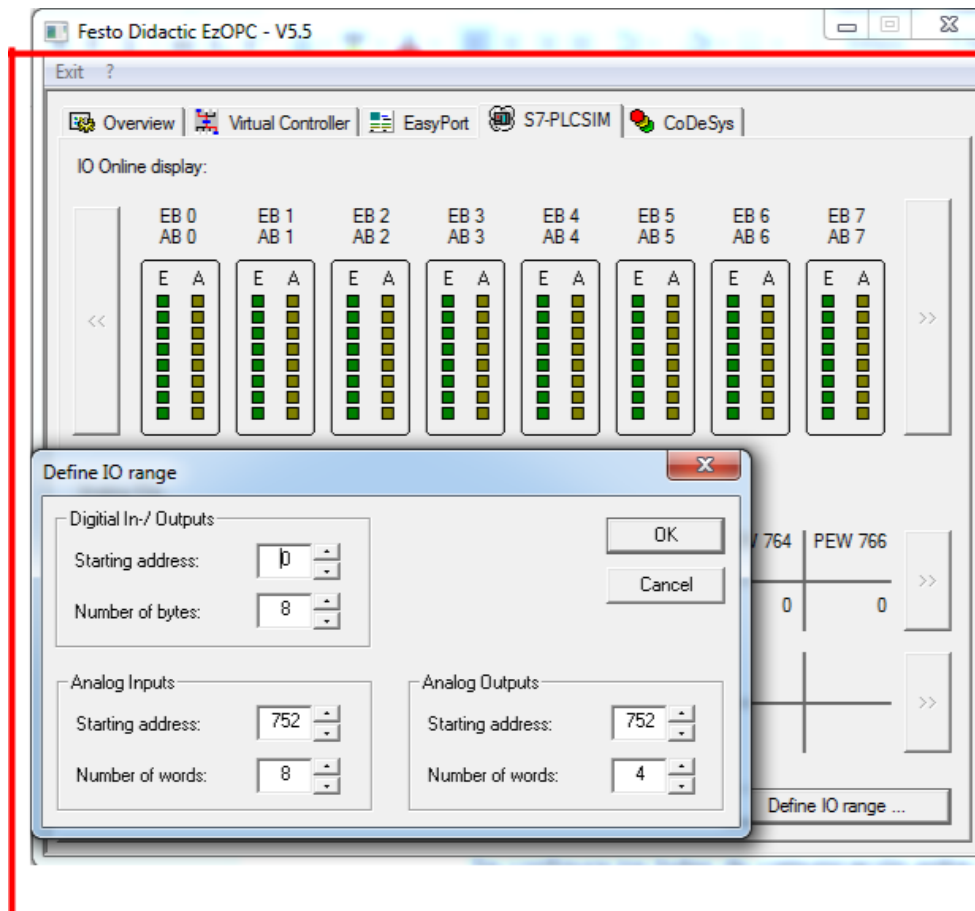


**Figura N° 37:** Configuración de bytes de entrada EB0 del FLUIDSIM  
Fuente: Elaboración Propia



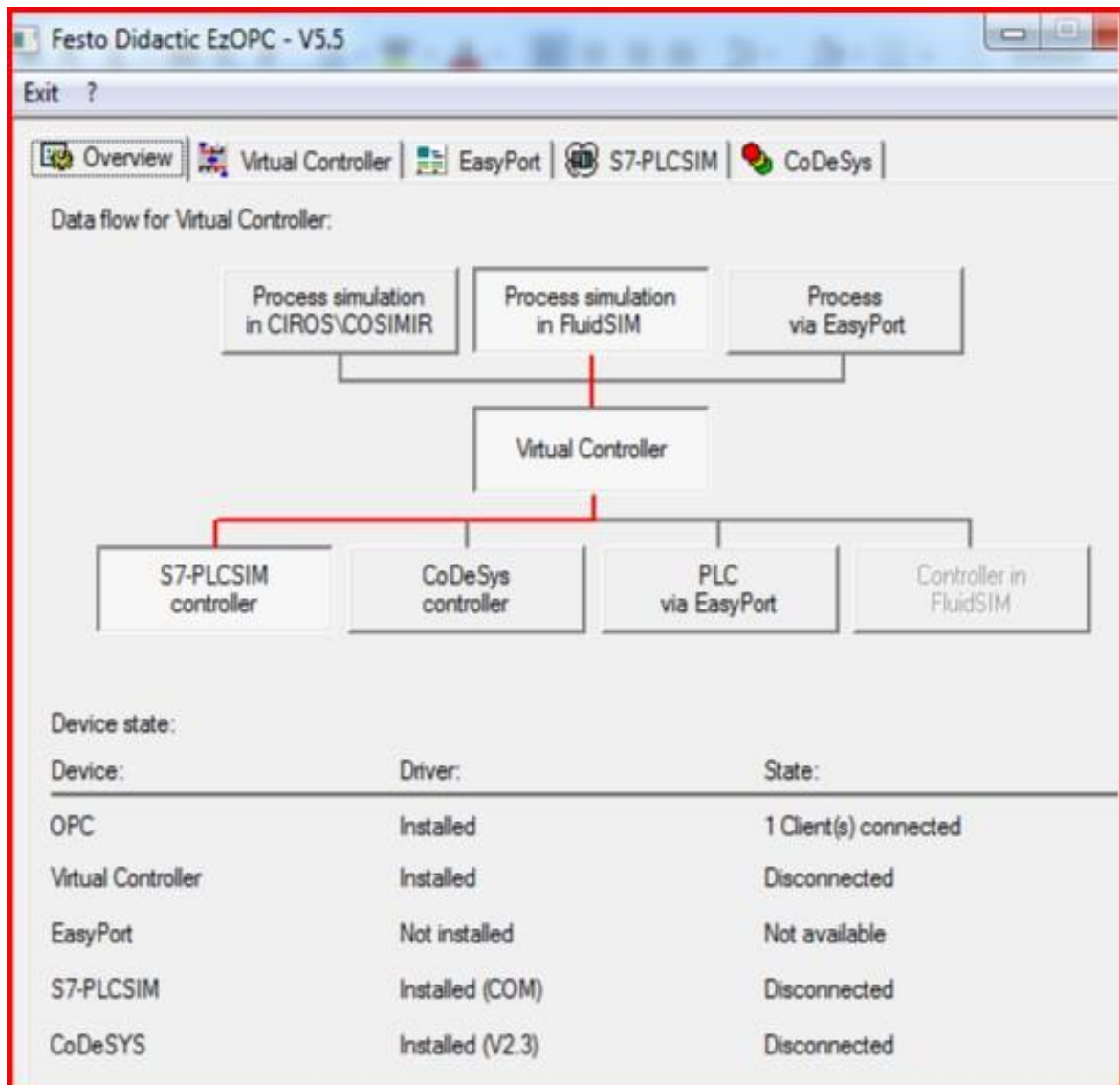
**Figura N° 38:** Configuración de bytes de salida EB0 del FLUIDSIM  
Fuente: Elaboración Propia

- Se configura el rango de los bytes de comunicación entre el PLCSIM y FLUIDSIM desde el EzOPC, el cual se encarga de hacer el enlace, en la opción Define IO range, escribir el rango de bytes de 0 a 8, ver figura N° 39.



**Figura N° 39:** Configuración de rango de bytes de comunicación  
Fuente: Elaboración Propia

- En la ventana principal del EzOPC, la conexión al activar en los dos terminales PLCSIM y FLUIDSIM, los cuales quedan conectados por medio de la línea de color rojo como se muestra en la figura N° 40, realizando esta configuración final quedan enlazados los dos programas de simulación.



**Figura N° 40:** Conexión entre PLCSIM y FLUIDSIM  
Fuente: Elaboración Propia

- La simulación del proceso se inicia al elegir la opción RUN desde el simulador PLCSIM, como se visualiza en la figura N° 41, y al presionar play en la casilla del FLUIDSIM (como se muestra en la figura N° 42).

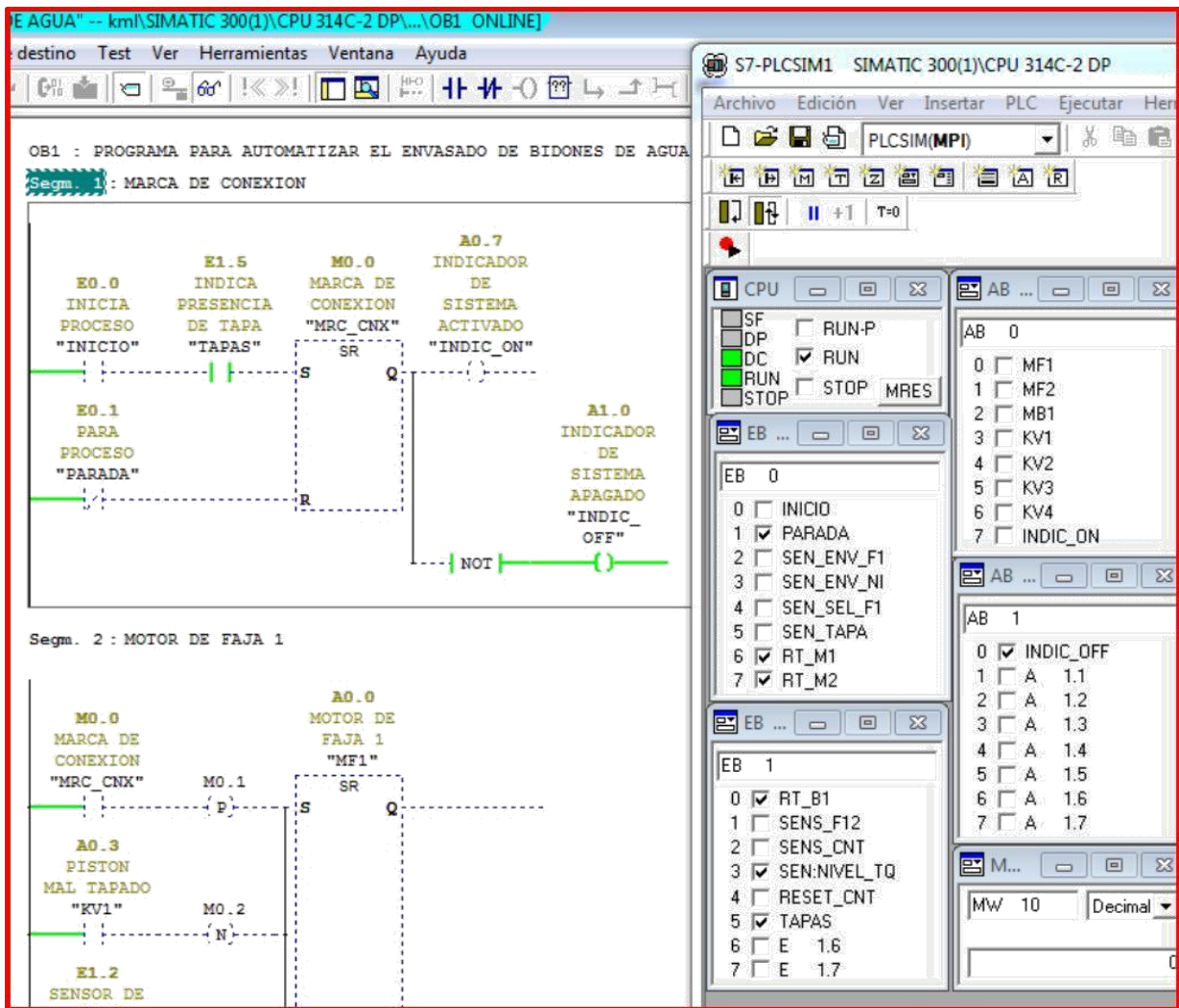


Figura N° 41: Inicio de la simulación desde PLCSIM  
Fuente: Elaboración Propia

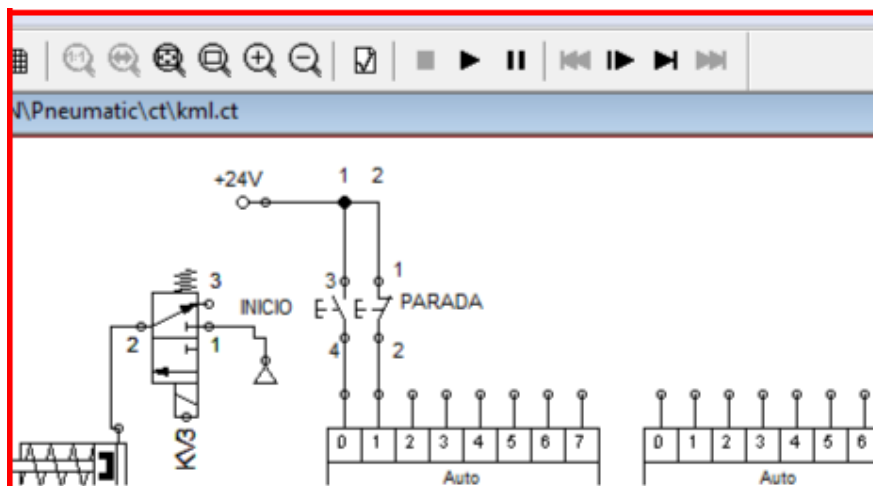


Figura N°42: Simulación en FluidSim  
Fuente: Elaboración Propia

- ✚ El proceso inicia al activar la dirección E0.0 desde el simulador PLCSIM o bien desde el pulsador normalmente abierto conectado desde el FLUIDSIM, la lógica de funcionamiento y simulación se puede visualizar en la figura N° 43.
  
- ✚ Para realizar la simulación de detección desde los sensores se realiza desde el PLCSIM marcando con un check en las direcciones y se muestran las acciones en la ventana del FLUIDSIM para los motores de la faja 1 MF1 y faja 2 MF2, la bomba de llenado de agua purificada MB1, las electroválvulas KV1, KV2 y KV3 que controlan los tres pistones de simple efecto.
  
- ✚ Los motores MF1, MF2 y MB1 cuentan con un relé térmico RT\_M1, RT\_M2 y RT\_B1 respectivamente, que los ponen fuera de servicio cuando se produce una sobrecarga.

La simulación del proceso se realiza considerando el diseño del proceso mostrado en la figura N° 10 y el programa de usuario explicado en el punto 3.3 del presente trabajo de suficiencia profesional.

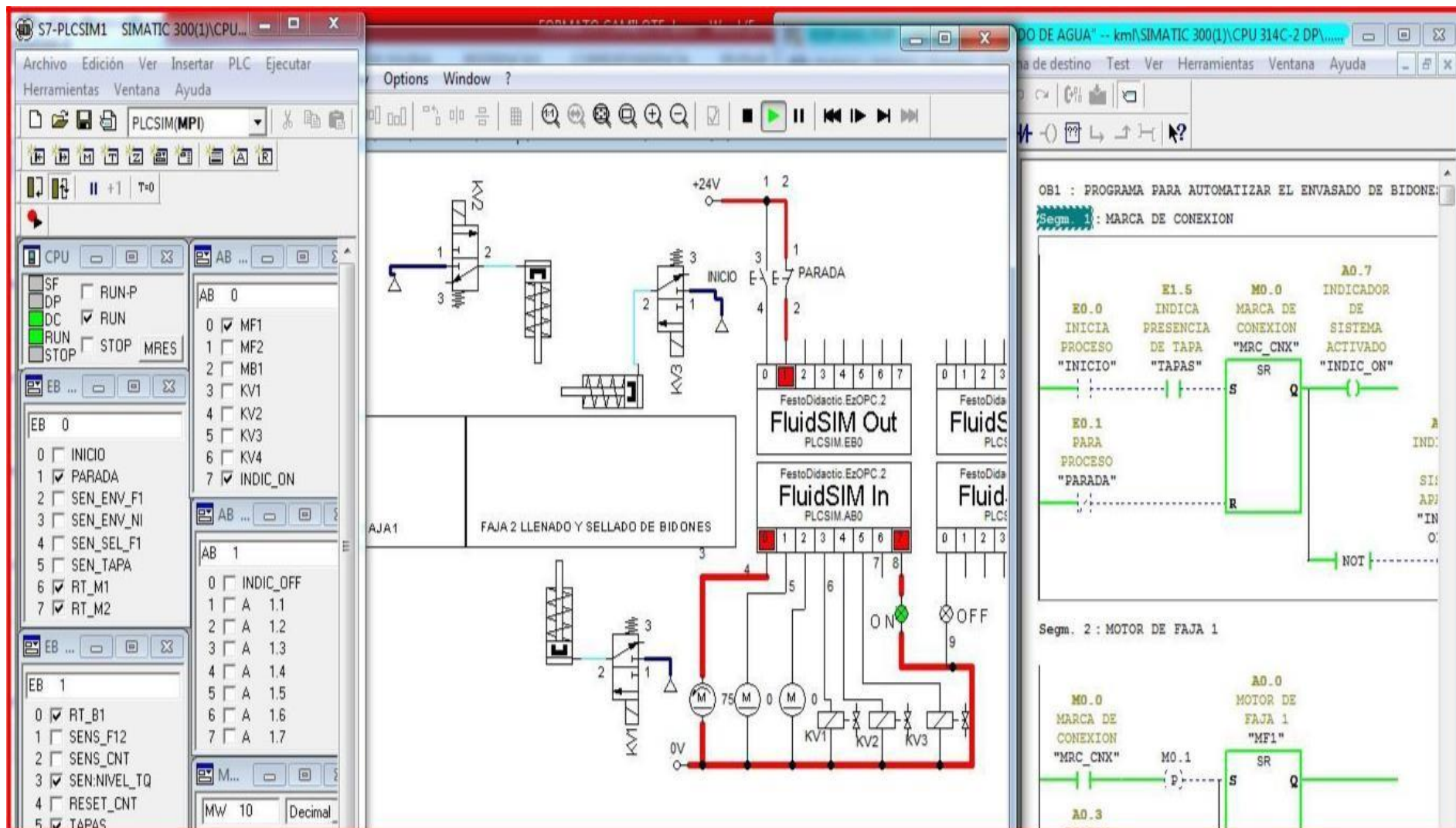


Figura N° 43: Simulación de PLCSIM y FLUIDSIM enlazados  
Fuente: Elaboración Propia

Con la finalidad de cumplir con el objetivo general a continuación en las siguientes tablas se muestra los resultados de producción diaria y mensual del proceso de llenado de bidones plásticos de agua purificada de la empresa Aquapure SAC, se muestra los datos obtenidos antes de la implementación (proceso manual) correspondientes a los meses de julio y agosto, así como también se muestra los datos obtenidos después de la implementación del control automático de nivel los cuales pertenecerán a los meses de setiembre y noviembre.

Cabe señalar que estos datos fueron otorgados por la misma empresa embotelladora Aquapure SAC y fueron realizados por la empresa A&M Gestión y Desarrollo, la cual está encargada de realizar diferentes análisis tales como: producción, calidad, seguridad, entre otros.

En el proceso manual de llenado de bidones se debe tener en cuenta las siguientes especificaciones:


**Tabla N° 05.** Especificaciones del proceso productivo

CAPACIDAD DE LOS BIDONES	PROMEDIO TOTAL DE LA PRODUCCIÓN MENSUAL
20 litros	2571 bidones

Fuente: Elaboración Propia

## INFORME DE LA PRODUCCIÓN DE BIDONES DE AGUA PURIFICADA ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN

Tabla N° 06. Informe de producción del mes de julio – agosto – Parte “a”

	<b>INFORME DE PRODUCCIÓN – ANÁLISIS DEL PROCESO DE ENVASADO DE AGUA PURIFICADA</b>						
<b>Empresa:</b>	AQUAPURE SAC	<b>Procedimiento:</b>	Envasado	<b>Reporte N°:</b>	48795	<b>Fecha:</b>	31/08/2017
<b>Área de Producción:</b>	AGUA PURIFICADA	<b>Modalidad del Proceso:</b>	Manual	<b>Atención:</b>	Ing. Karla Mendiola Torres		
<b>N° Mediciones</b>	6 por Mes	<b>Meses:</b>	Julio - Agosto	<b>Hora:</b>	15:18	<b>Páginas</b>	3

JULIO			
PROMEDIO DIARIO	Volumen (L)	TIEMPO (Seg.)	PRODUCCIÓN TOTAL x DIA(8hrs)
1° DIA	22.5	297	98
2° DIA	18.5	301	96
3° DIA	22	299	96
4° DIA	17	302	95
5° DIA	18.5	297	98
6° DIA	17	300	96
<b>PROMEDIO DIARIO</b>	<b>19.25</b>	<b>299</b>	<b>97</b>

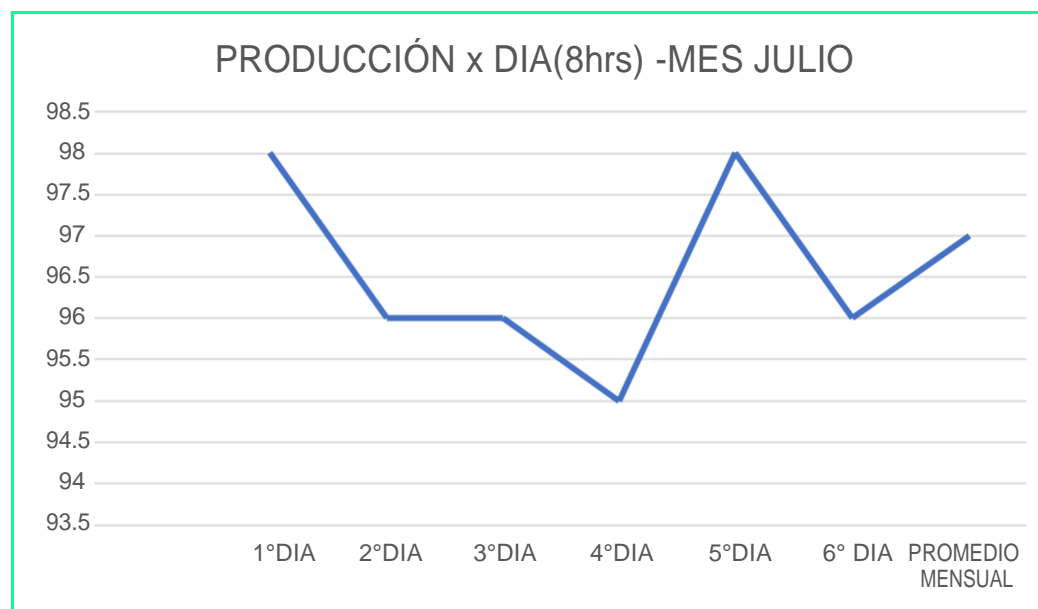
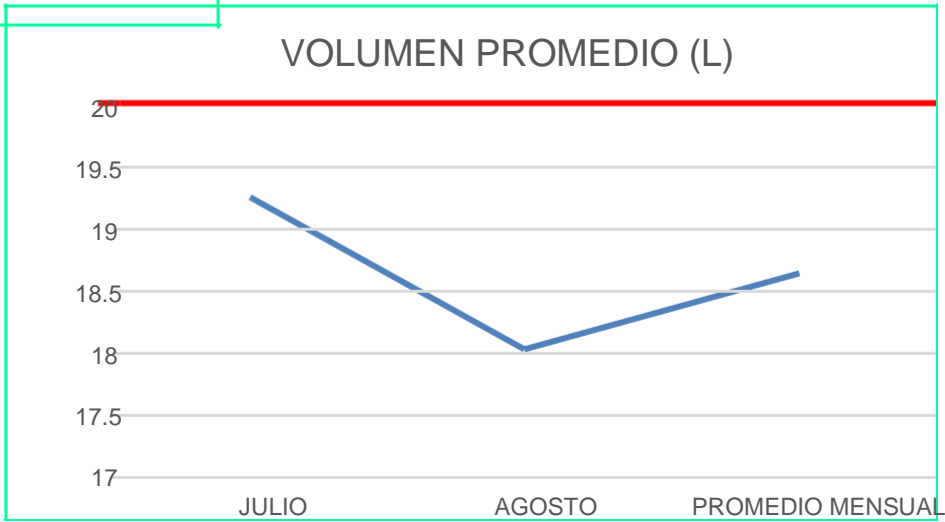
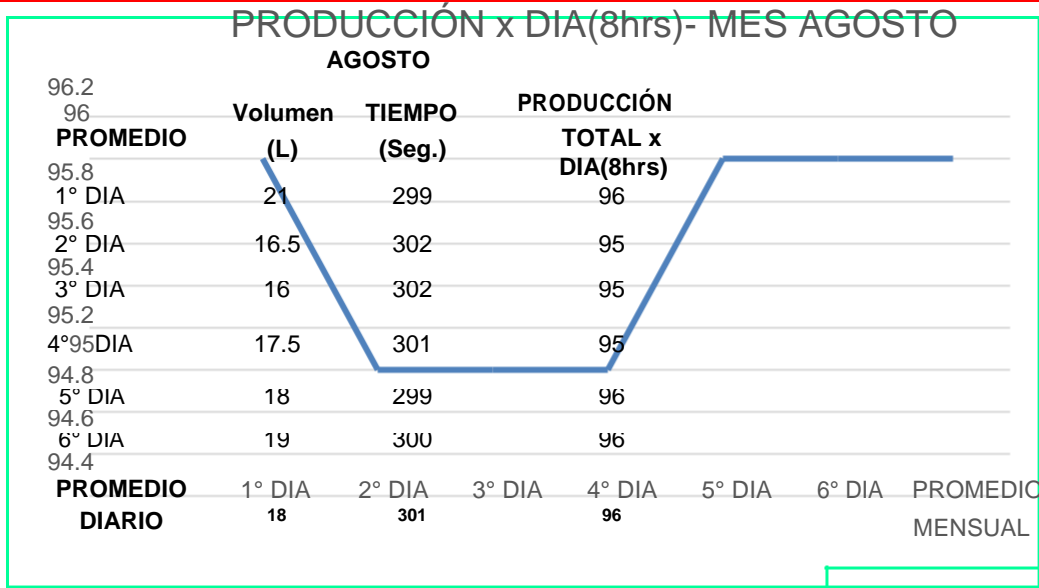


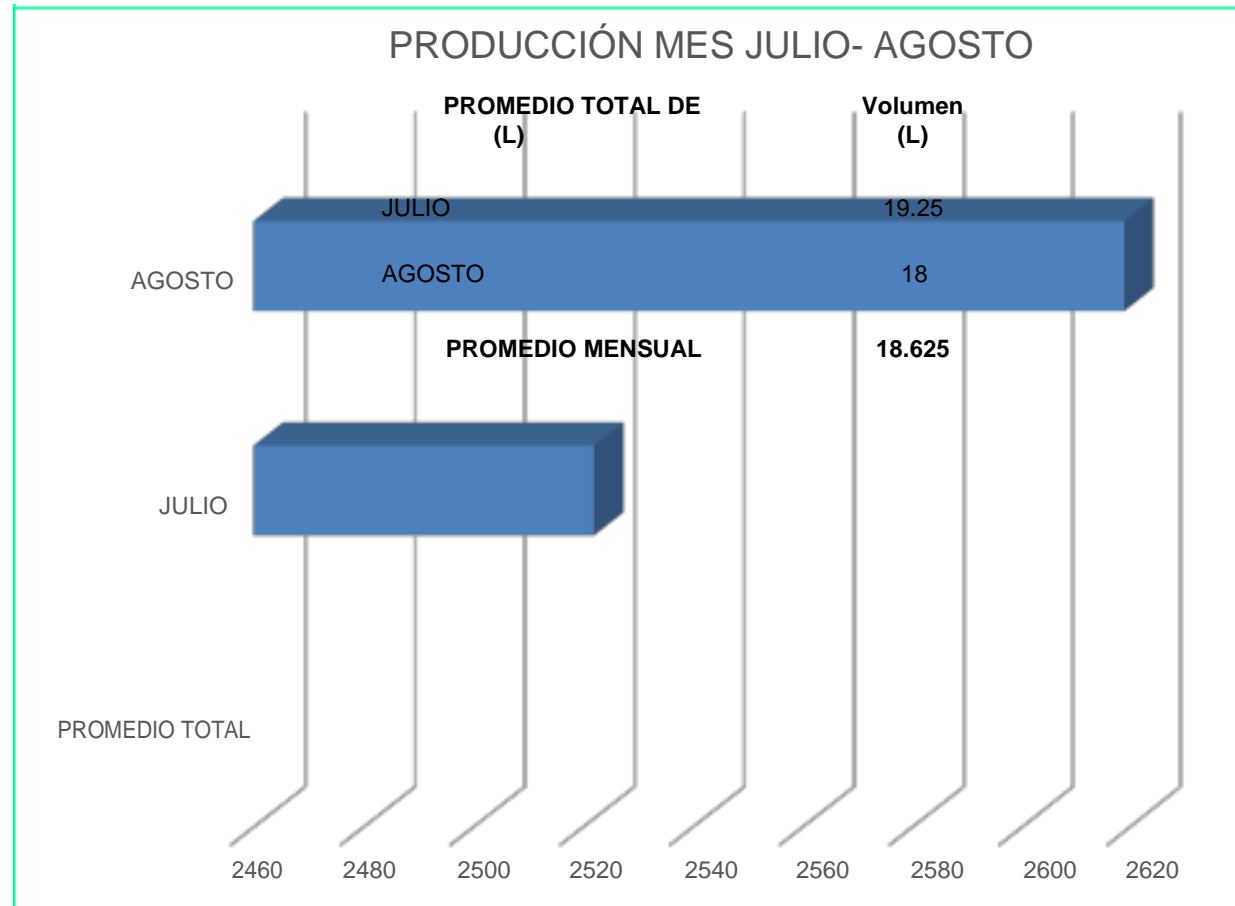


Tabla N° 07. Informe De Producción Del Mes De Julio – Agosto – Parte “b”




**Tabla N° 08.** Informe de producción del mes de julio – agosto – Parte “c”

<b>PROMEDIO TOTAL MENSUAL</b>	
<b>JULIO</b>	
Volumen (L)	19.25
Tiempo (seg.)	299
<b>PRODUCCION MENSUAL</b>	<b>2522</b>
<b>AGOSTO</b>	
Volumen (L)	18
Tiempo (seg.)	301
<b>PRODUCCION MENSUAL</b>	<b>2619</b>



## INFORME DE LA PRODUCCIÓN DE BIDONES DE AGUA PURIFICADA DESPUES DE LA IMPLEMENTACIÓN

Tabla N° 09. Informe de producción del mes de setiembre – noviembre – Parte “a”

	<b>INFORME DE PRODUCCIÓN – ANÁLISIS DEL PROCESO DE ENVASADO DE AGUA PURIFICADA</b>						
<b>Empresa:</b>	AQUAPURE SAC	<b>Procedimiento:</b>	Envasado	<b>Reporte N°:</b>	48990	<b>Fecha:</b>	30/11/2017
<b>Área de Producción:</b>	AGUA PURIFICADA	<b>Modalidad del Proceso:</b>	Automatizado	<b>Atención:</b>	Ing. Karla Mendiola Torres		
<b>N° Mediciones</b>	6 por Mes	<b>Meses:</b>	Setiembre - Noviembre	<b>Hora:</b>	17:05	<b>Páginas</b>	3

SETIEMBRE			
PROMEDIO DIARIO	Volumen (L)	TIEMPO (Seg.)	PRODUCCIÓN TOTAL x DIA(8hrs)
1° DIA	20	120	240
2° DIA	20	120	240
3° DIA	20	120	240
4° DIA	20	120	240
5° DIA	20	120	240
6° DIA	20	120	240
<b>PROMEDIO DIARIO</b>	<b>20</b>	<b>299</b>	<b>240</b>

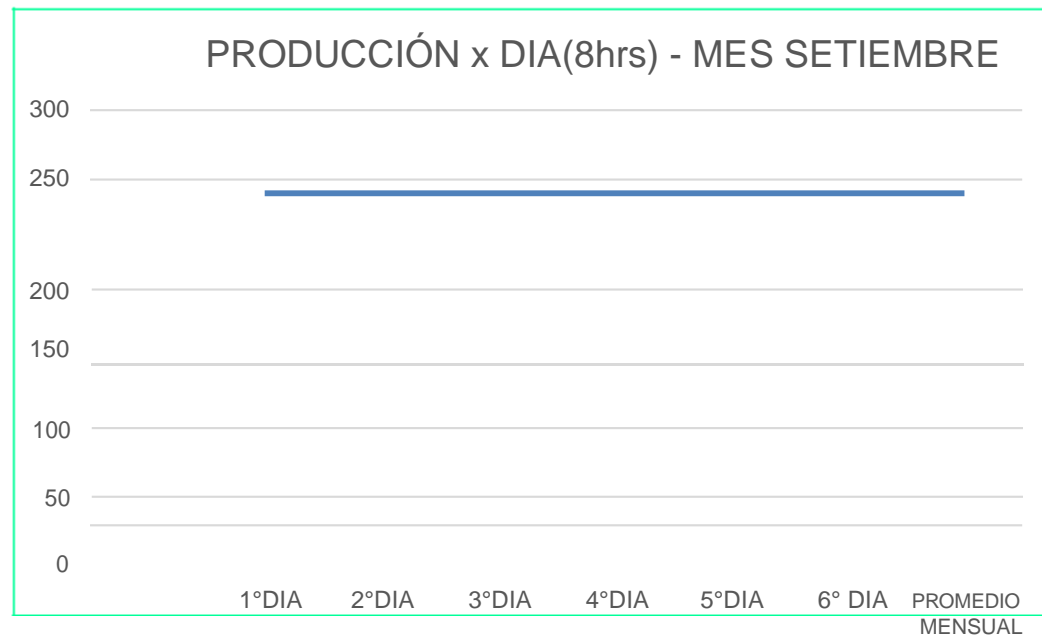
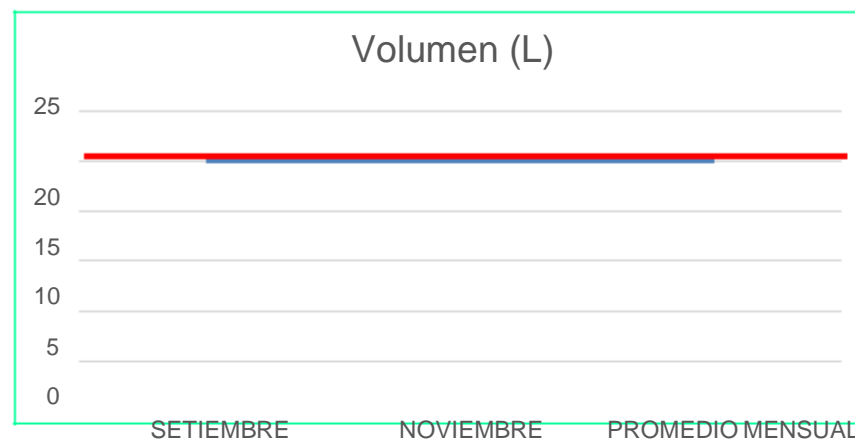


Tabla N° 10. Informe de producción del mes de setiembre – noviembre – Parte “b”

**PRODUCCIÓN x DIA(8hrs) - MES NOVIEMBRE  
NOVIEMBRE**

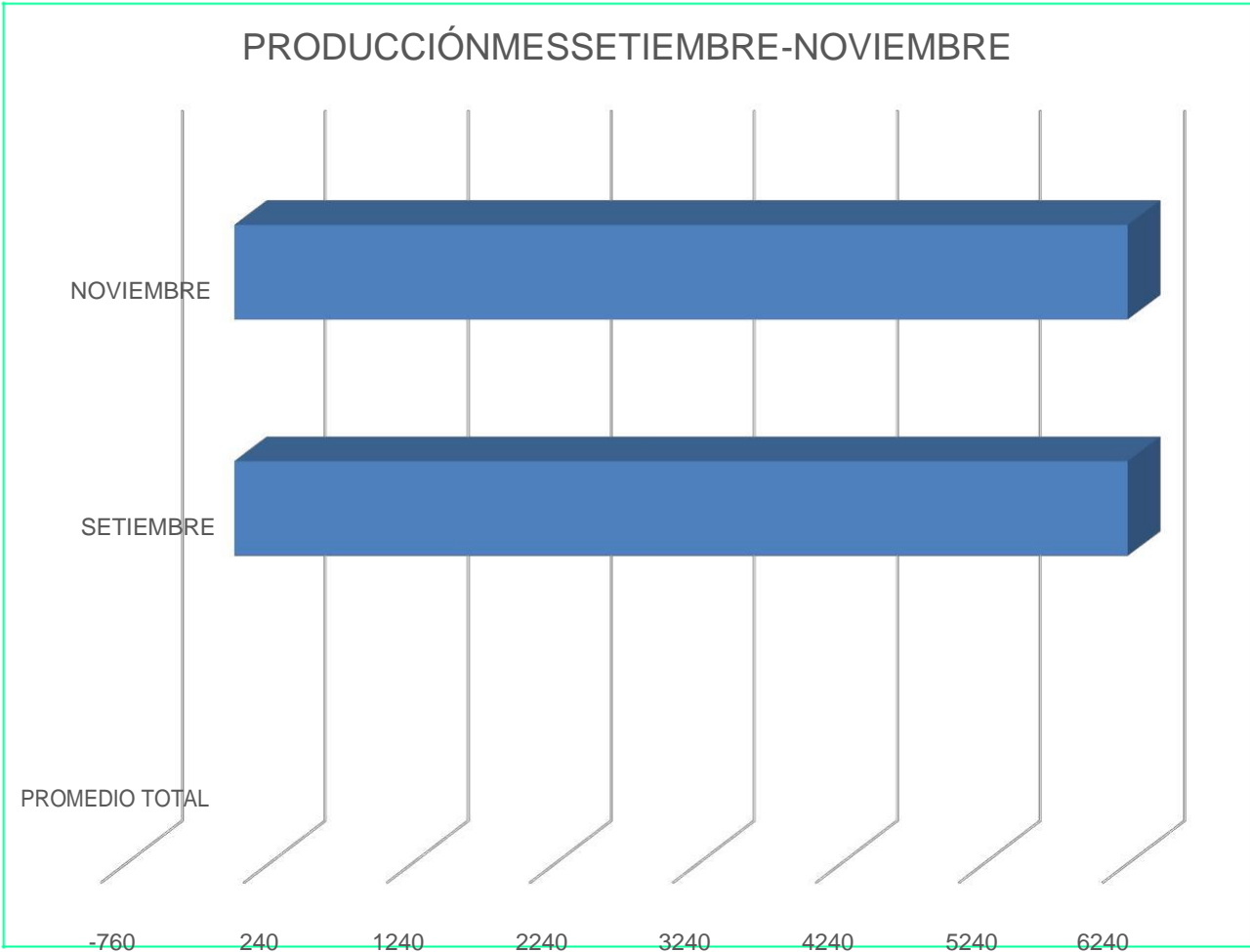
PROMEDIO DIARIO	Volumen (L)	TIEMPO (Seg.)	PRODUCCIÓN			
			TOTAL x DIA(8hrs)			
1° DIA	20	120	240			
2° DIA	20	120	240			
3° DIA	20	120	240			
4° DIA	20	120	240			
5° DIA	20	120	240			
6° DIA	20	120	240			
<b>PROMEDIO DIARIO</b>	<b>20</b>	<b>299</b>	<b>4° DIA</b>	<b>5° DIA</b>	<b>6° DIA</b>	<b>PROMEDIO MENSUAL</b>
			<b>240</b>			

PROMEDIO TOTAL DE VOLUMEN (L)	Volumen (L)
SETIEMBRE	20
NOVIEMBRE	20
<b>PROMEDIO MENSUAL</b>	<b>20</b>

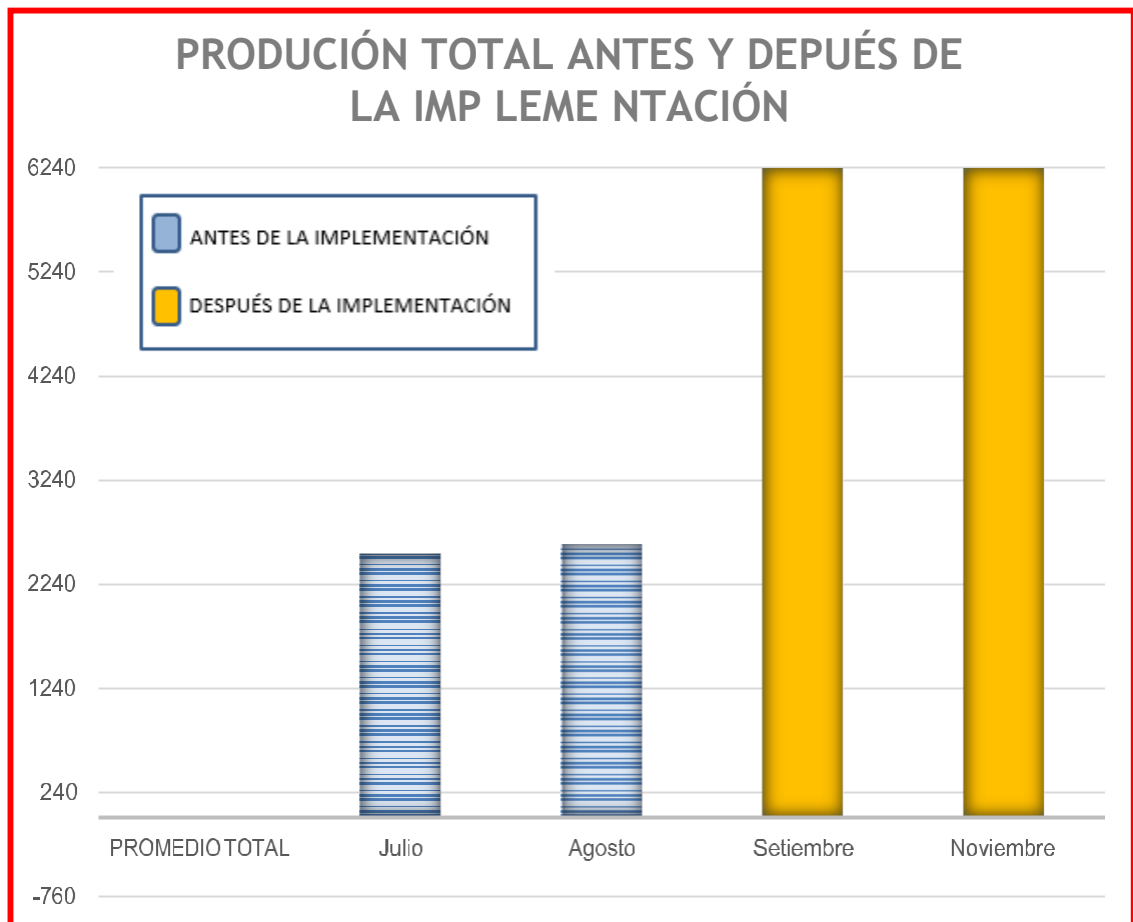


**Tabla N° 11.** Informe de producción del mes de setiembre – noviembre – Parte “c”

<b>PROMEDIO TOTAL MENSUAL</b>	
<b>SETIEMBRE</b>	
Volumen (L)	20
Tiempo (seg.)	120
<b>PRODUCCION MENSUAL</b>	<b>6240</b>
<b>NOVIEMBRE</b>	
Volumen (L)	20
Tiempo (seg.)	120
<b>PRODUCCION MENSUAL</b>	<b>6240</b>



Según los datos mostrados a continuación en la siguiente tabla, se muestra un análisis comparativo de la cantidad de producción total de bidones de agua purificada antes y después de la implementación.



**Figura N° 44:** Cuadro comparativo de la productividad antes y después de la implementación  
Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que con el control automatizado de nivel se logra aumentar notoriamente la cantidad de producción mensual, en la figura 44 se muestra el cuadro comparativo de la producción antes y después de la implementación.

## CONCLUSIONES

- En el desarrollo del proyecto, involucró investigación del proceso a automatizar, estudio del funcionamiento del proceso, variables que se manejan, justificación de la automatización, los materiales y herramientas existentes para hacer la selección del equipo de control y actuadores.
- Se obtuvo el eficiente funcionamiento del control automático de nivel de llenado de bidones plásticos, por medio de dos software denominados PLCSIM y el FLUIDSIM de FESTO.
- Se determinó en usar sensores y actuadores en el proceso automatizado, siendo estos 13 sensores discretos, como son los sensores tipo óptico (fotoeléctrico) y capacitivo, además de 8 actuadores, como son las electroválvulas de los pistones electro neumáticos y contactares tripolares para los motores de las fajas transportadoras.
- Finalmente se concluyó que controlando automáticamente el nivel de llenado de bidones de plástico, se logra incrementar en un 60% adicional comparando como 100% la producción que se obtenía con el proceso manual.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda revisar y mantener la operatividad del sistema de llenado y vaciado de la planta de agua Aguapare ya que está compuesto de una válvula y bomba, lo que garantiza un caudal constante de agua, a diferencia del anterior sistema manual donde el sistema de llenado y vaciado era por gravedad, con lo cual se mejoró el tiempo de llenado de los bidones a 9 segundos, Gonzalo encontró que cuando el agua se deposita en un tanque elevado y cae por gravedad el tiempo de llenado se incrementa a medida que el tanque se vaya descargando alcanzando un nivel máximo de 51 segundos a un nivel de depósito de 1.8%, a partir de un porcentaje inferior de 20% de ocupación del nivel de depósito de agua, el tiempo de llenado se dispara de modo exponencial, es por ello que es fundamental uso de bomba de agua para mantener el flujo constante del agua.
- El método de diseño de la aplicación propuesta es la automatización utilizando tecnología de programación lógica de los PLC, es efectivo debido a que la producción se incrementó al 160%, teniendo en cuenta el crecimiento de la demanda de nuevos productos, se tendrá diseños con mejor optimización como la implementación de sistema SCADA y HMI, cada uno de estos sistemas dedicado a una tarea particular dentro del proyecto global, de acuerdo a Gonzales el sistema SCADA proporciona el área grafica en la que están situados los componentes del proyecto de la planta.
- Diversificar la oferta con un nuevo producto como el agua embotellada de 625 ml, y de un litro, ya que se tiene instalada la capacidad de procesar agua purificada y si se sigue la tendencia de crecimiento en los últimos 3 años en



el cual el consumo de agua embotellada se incrementó del 24% al 30 %, además se ha proyectado el crecimiento del consumo a 7.9% en el presente año, este crecimiento impulsada por la tendencia de consumir alimentos saludables y la sustitución de bebidas azucaradas encarecidas debida al mayor impuesto ISC, según la fuente del diario Gestión, será de un crecimiento sostenido con la consiguiente mejora en la producción y ventas.

- Se recomienda instalar un supresor de transitorios, que es un dispositivo de protección industrial que evitará las sobretensiones instantáneas de la red para la protección de nuestros dispositivos y elementos de nuestro proceso. El estándar recomienda usar protectores de la categoría A y B, la categoría A es para los tomacorrientes y circuitos derivados largos mientras la categoría B es para los equipos electrónicos sensibles que estén a mas de 10 metros (IEEE Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits). El TVSS Schneider SPD HWA de 20 kA cumple con tales requerimientos.
- Se recomienda aplicar soluciones y tecnologías que implemente el uso de eficiente de energías dentro de la empresa, que consuma la energía realmente necesaria, además de un correcto mantenimiento de la instalación eléctrica; se debería cambiar la tecnología led en la iluminación lo cual reducirá notablemente el consumo eléctrico, de acuerdo a Fillipo se tiene una reducción de energía de entre el 60% a 85%, mientras que la vida útil de las iluminarias con LEDS es de 60.000 horas. Así como un mantenimiento constante de los diferentes elementos del proceso lo convertirá a este en energéticamente eficiente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Armesto, J. (2009). *Autómatas Programables y sistemas de automatización*. Arotinco
- I.(2015) Criterios para seleccionar el sistema automático de una planta industrial de alimentos. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima, Perú).Recuperado de: [http://repositorio.untels.edu.pe/bitstream/UNTELS/90/1/Arotinco\\_Ivan\\_Trabajo\\_de\\_Investigacion\\_2015.pdf](http://repositorio.untels.edu.pe/bitstream/UNTELS/90/1/Arotinco_Ivan_Trabajo_de_Investigacion_2015.pdf)
- Bacells, J. (1997). *Autómatas Programables*. Barcelona, España: Marcombo.
- Bishop, R. H. (2002). *The Mechatronics Handbook*. EEUU: Editor In Chief Bradley, A.(2000).*Fundamentos del sensado o detección de presencia*: Copyright Rokwell International.
- Bolton, W. (2001). *Ingeniería de Control*. Madrid. España: Alfaomega. Carit, M. (2002). *Sistemas de control aplicados a la robótica*. Universidad de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Eléctrica. Recuperado de <http://www.profesaulosuna.com/data/files/ROBOTICA/APUNTE%20DE%20ROBOT%201/ucr.ie431.trabajo.2002.01.grupo06.pdf>
- Castro, Adrián. (2008).*Sensores utilizados en la automatización industrial*. (Tesis de Pregrado, Universidad de Costa Rica). Recuperado de [https://www.academia.edu/33955839/Tesis\\_sensores\\_utilizados\\_en\\_la\\_automatizacion\\_industrial](https://www.academia.edu/33955839/Tesis_sensores_utilizados_en_la_automatizacion_industrial)
- Contreras, A. (2010). *Diseño de un sistema de automatización para el sistema de iluminación de una planta industrial* (Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/518>

Creus, A. (2008). *Neumática e Hidráulica*. España: Marcombo

Danilles, S. y Custodio, A. (2010). Programacion a distancia del PLC Simatic S7-300 para realizar Prácticas Virtuales en Ingeniería. *8th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*. Recuperado de:

[http://www.laccei.org/LACCEI2010Peru/Papers/Papers\\_pdf/TTL028\\_Sulani.pdf](http://www.laccei.org/LACCEI2010Peru/Papers/Papers_pdf/TTL028_Sulani.pdf)

Fillipo Rugeles, Víctor Hugo, & Cano Garzón, Hugo Baldomiro, & Chaves Osorio, José Andrés (2010). APLICACIONES DE ILUMINACIÓN CON LEDs. *Scientia Et Technica*, XVI(45), undefined-undefined. [Fecha de Consulta 13 de Noviembre de 2019]. ISSN: 0122-1701. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=849/84917249003>

García, A. (2005). *El control automático en la industria*. Cuenca, España: Universidad de Castilla – La Mancha.

Gestión (15 de marzo del 2018). *Mayor consumo de agua embotellada reduce liderazgo de las gaseosas, reportó Kantar*. Recuperado de:

<https://gestion.pe/economia/mayor-consumo-agua-embotellada-reduce-liderazgo-gaseosas-reporto-kantar-231516-noticia/>

Gonzalo, L. (2007). *Automatización de una Planta Industrial*. (Memoria de Investigación en el Programa de Doctorado Interuniversitario en Automática y Robótica, Universidad de Alicante, Alicante, España). Recuperado de

<https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/10056/1/Suficiencia%20Gonzalo.pdf>

Gutiérrez, W. y López, J. (1 de agosto del 2010). Control Difuso para un Sistema de Nivel Implementado en un Autómata Programable. *XIV Congreso Latino Americano de Control Automático*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/303446539\\_Control\\_Difuso\\_para\\_un\\_Sistema\\_de\\_Nivel\\_Implementado\\_en\\_un\\_Automata\\_Programable](https://www.researchgate.net/publication/303446539_Control_Difuso_para_un_Sistema_de_Nivel_Implementado_en_un_Automata_Programable)

Harper, E. (2013). *El ABC de la instrumentación en el control de procesos industriales*. Barcelona, México: Limusa.

IEEE Power Engineering Society (1991) IEEE Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits. IEEE C62.41

Jiménez, R. (2013). *Automatización de una planta de luz de emergencia con despliegue de status, utilizando un sistema GPS*. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México), Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/4296>

Kuo, B. (2010). *Sistemas de control Automático*. Barcelona, España: Pearson. Loli J. (2012). *Modelación y simulación de un actuador hidráulico para un simulador de marcha normal*. (Tesis de Pre Grado, Pontificia Universidad Católica del Perú). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1738>

Loyola y Chávez (2015). *Automatización del sistema de dosificación del líquido de gobierno en la producción de conservas para empresas agroindustriales para reducir tiempos de llenado y pérdidas en el proceso*. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo, Perú). Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/1126>

Luque, M. (2015). *Automatización, herramienta efectiva para la eficiencia energética*. Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/16452>

- Mandado Pérez, Enrique y Murillo Roldan, Antonio, *Sensores Capacitivos*, E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación de Vigo, Departamento de Ingeniería Electrónica.
- Morales, I. (2007). *Diseño de un sistema automático para dosificación de líquido de frenos en envases de 900 c/c*. (Tesis de Pre Grado, Universidad de la Salle). Recuperado de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/10185/16622/1/T44.07%20M363d.pdf>
- Ogata, K. (1993). *Ingeniería de Control Moderna*. Segunda edición. México DF: Prentice-Hall Hispanoamericana.
- Rivera, D (2017). Estudio de pre factibilidad de una planta embotelladora de agua potable en el departamento de Tumbes. (Tesis de pregrado, Universidad de Piura).
- Rodríguez, J. (2014). *Automatismos Industriales*. Madrid, España: Paraninfo
- Sánchez, R. (2010). *Diseño y construcción de un banco de prácticas en motores eléctricos, como apoyo a la asignatura diseño de máquinas II*. (Tesis de Pregrado, Universidad Industrial de Bucaramanga, Colombia). Recuperado de: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/133923.pdf>
- Romera, P (2010). *Automatización*. Barcelona, España: PARANINFO. TECSUP, Automatización Industrial con PLC. Recuperado de <http://www.tecsup.edu.pe/home/curso-y-programas-de-extension/cursos-y-programas-de-extension/?sede=L&padre=3003&detail=4725>
- Vallejo, M.B., Vallejo, S.B., Aspectos generales de la automatización industrial del sector farmacéutico. Rev. Col. Ciencia. Quim. Farm. Vol 35 (1)-47-63 Abril 2006.

Velásquez Costa, J. y Gonzales Prado L. (2017). Prototipo automatizado para el llenado y tapado de botellas de plástico. *Industrial Data*, 20, (1), 125-130,

Recuperado de

<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/13505/11950>

Vergara, J., Molina, R. y Machado, C (2011). Prototipo para control automático de nivel y caudal de líquidos. *Ingenius revista de ciencia y tecnología*, 6 ,2-10,

Recuperado de

<https://dialnet.unirioja.es>

## BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA

*Control de procesos.* Disponible en:

[https://pastranamoreno.files.wordpress.com/2011/03/control\\_pr\\_ocesos- valvulas.pdf](https://pastranamoreno.files.wordpress.com/2011/03/control_pr_ocesos- valvulas.pdf)

*Introducción a los sistemas de control y modelo matemático para*

*sistemas lineales invariantes en el tiempo.* Disponible en:

<http://dea.unsj.edu.ar/control1b/teoria/unidad1y2.pdf>

*Controlador Lógico Programable – PLC.* Disponible en:

[http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electro/cat/eye\\_archivos/apuntes/a\\_practico/CAP%209%20Pco.pdf](http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electro/cat/eye_archivos/apuntes/a_practico/CAP%209%20Pco.pdf)

*Lenguaje de Programación.* Disponible en:

<https://es.scribd.com/document/350134650/Automatizaciones-lenguajes-de-Programación>

*Controlador Lógico Programable.* Disponible en:

<http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLogicoProgramablePLC.pdf>

*SIMATIC S7-300, Nueva CPU compacta 314C-2PN/DP.* Disponible

en: <http://www.infopl.net/noticias/item/516-simatic-s7-300-nueva-cpu-compacta-314c-2pn-dp>

## **ANEXOS**

Anexo A: Controlador Lógico PLC 314 -2DP y PLC 314 -2DP

Anexo B: Pulsadores NA y NC

Anexo C: Relee Térmico

Anexo D: Sensor Capacitivo

Anexo E: Sensor Fotoeléctrico

Anexo F: Contacto Tripolar

Anexo G: Bomba de Agua

Anexo H: Electroválvula

Anexo I: Lámpara Indicadora (Piloto)

Anexo J: Botón de Emergencia

Anexo K: sensor de flujo Opflow

Anexo L: Drive de motor



## ANEXO A1: CONTROLADOR LÓGICO PLC 314 -2DP



### SIMATIC S7-300

Más potencia y funciones integradas  
para la automatización manufacturera

Si necesita una alta rentabilidad, flexibilidad y productividad en su máquina, la solución es SIMATIC S7-300.

El sistema SIMATIC S7-300 es objeto de continuas innovaciones, especialmente en el ámbito de las CPU's.

La **CPU compacta 314C-2 PN/DP** es compatible con PROFINET, integra interfaz de comunicación PROFINET y PROFIBUS y se caracteriza por una mayor memoria de trabajo (192 Kbytes); tiempos de ejecución más breves (0,06 µs por operación de bits) y por las conocidas funciones tecnológicas y E/S integradas.

Además, a partir del firmware v3.2, las CPU PN poseen todas las nuevas funciones PROFINET, p. ej. I-Device, Shared Device, MRP (Media Redundant Protocol), IRS (Isochronous Real-Time) y páginas web definidas por el usuario.

La **CPU S7315F-2 PN/DP**, con memoria de programa y capacidad funcional de nivel medio para configurar un sistema de automatización de seguridad positiva en instalaciones de altos requisitos.

Fuente: Siemens

## ANEXO A2: CONTROLADOR LOGICO PLC 314 -2DP

Kit SCE SIMATIC S7 314C-2 PN/DP compacta, que integra periferia e interface Profinet y Profibus DP		Precio
		1.658,75 €
Nº de pedido	Uds.	Concepto
ES2:C018OFOCT1430	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 x Perfil de 480 mm.</li> <li>• 1 x Fuente de alimentación PS 307 (24V DC / 5A).</li> <li>• 1 x Controlador SIMATIC S7 314C-2 PN/DP.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentación a 24v DC.</li> <li>- Memoria de trabajo: 192 Kbytes.</li> <li>- Interfaz MPI/DP (Maestro/Esclavo).</li> <li>- Interfaz Ethernet / PROFINET.</li> <li>- Switch de 2 puertos integrado.</li> <li>- Periferia integrada: 24 ED/16 SD/4 EA/2 SA/1 PT100.</li> <li>- Servidor Web.</li> </ul> </li> <li>• 1 x Micro Memory Card 512 Kbytes.</li> <li>• 2 x Conectores frontales.</li> <li>• 1 x Módulo de simulación de 16 entradas o salidas.</li> <li>• 1 x Cable comunicación RJ45 / RJ45.</li> </ul> <p>STEP 7 Professional COMBO compuesto por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 x Software STEP 7 Professional V13 (TIA Portal).</li> <li>• 1 x Software STEP 7 Professional V2010.</li> <li>• 1 x Software STEP 7 Safety Advanced y S7 Distributed Safety.</li> <li>• 1 x Software SINAMICS Startdrive V13 (TIA Portal) para SINAMICS (CU240E-2, CU250-S (FW 4.6).</li> <li>• 1 x licencia en memory stick común a ambos Software.</li> </ul> <p>Compatible con Windows 7 Ultimate 64 bits y Windows 8.1.</p>

Fuente: Siemens

## ANEXO B: PULSADORES: NA Y NC

### PULSADORES

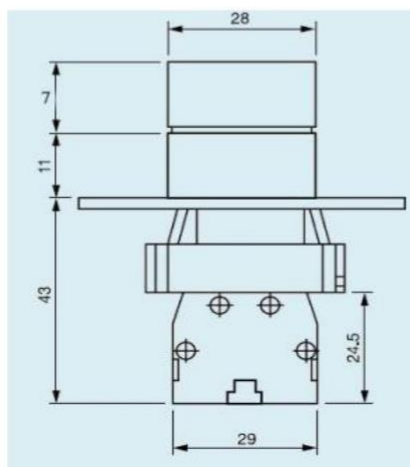


Pulsadores eléctricos, metálicos, usado en circuitos eléctrico para el control de automatismos. El montaje se realiza mediante taladro de diámetro 22mm.

Con el suministro se incluye 1 contacto, pueden añadirse contactos adicionales abiertos y cerrados.

### PULSADORES SIN INSCRIPCIÓN


						
<b>Modelo</b>	9920050002100	9920050002101	9920050002102	9920050002103	9920050002104	9920050001106
<b>Color</b>	<b>Rojo</b>	<b>Verde</b>	<b>Amarillo</b>	<b>Azul</b>	<b>Blanco</b>	<b>Negro</b>
<b>Contacto</b>						
<b>Ith (A)</b>	10 (6) A. @ 400V					
<b>Ue (V)</b>	415 Vac					
<b>Temp trabajo</b>	-5..+40°C					
<b>Grado Humedad</b>	45..85% RH					
<b>Vida Eléctrica</b>	5.000.000 operaciones					
<b>Grado de protección</b>	IP40					



Fuente: Adajusa.com

## ANEXO C: RELÉ TÉRMICO

### Relés térmicos

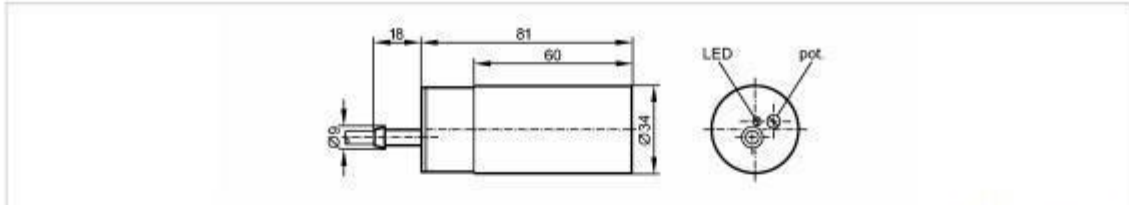
Clase 10	Intensidad de empleo (regulación)		Fusible		Utilización	Terminal mordaza		Sum. (uds)
	Mín. A	Máx. A	AM	gL-gG		Tipo	Código	
			A	A				
	0,16	0,26	2	2	EC09 EC12 EC18  EC25 EC32 EC40	ECRT1B10B	268996	5
	0,25	0,41	2	2		ECRT1B10C	268997	5
	0,40	0,65	2	2		ECRT1B10D	268998	5
	0,65	1,10	2	4		ECRT1B10F	268999	5
	1,00	1,50	4	6		ECRT1B10G	269000	5
	1,30	1,90	4	6		ECRT1B10H	269001	5
	1,80	2,70	6	10		ECRT1B10J	269002	5
	2,50	4,00	8	16		ECRT1B10K	269003	5
	4,00	6,30	12	20		ECRT1B10L	269004	5
	5,50	8,50	16	20		ECRT1B10M	269005	5
	8,00	12,00	20	25		ECRT1B10N	269006	5
	10,00	16,00	25	35		ECRT1B10P	269007	5
	14,50	18,00	32	50		ECRT1B10S	269008	5
	17,50	22,00	40	63		ECRT1B10T	269009	5
	8,00	12,00	20	25		ECRT2B10N	268103	5
	10,00	16,00	25	35		ECRT2B10P	268104	5
14,50	18,00	32	50	ECRT2B10S	268105	5		
17,50	22,00	40	63	ECRT2B10T	268106	5		
21,00	26,00	40	63	ECRT2B10U	268107	5		
25,00	32,00	50	80	ECRT2B10V	268108	5		
30,00	40,00	63	100	ECRT2B10W	268109	5		

Fuente: General Electric

## ANEXO D1: SENSOR CAPACITIVO KB-2020-ABO/NI

KB-2020-ABO/NI

Capacitive sensors



Made in Germany

### Product characteristics

Capacitive sensor
Plastic housing $\varnothing$ 34 mm
Cable
Increased immunity to conducted radio frequency interference
Sensing range 20 mm; adjustable 3...20 mm; [nf] non-flush mountable

### Electrical data

Electrical design		AC/DC
Operating voltage	[V]	20...250 AC/DC
Protection class		II
Reverse polarity protection		no

### Outputs

Output function		normally open
Voltage drop	[V]	< 10 AC / < 8 DC
Minimum load current	[mA]	5
Leakage current	[mA]	< 2.5 (250 V AC) / < 1.7 (110 V AC) / < 1.5 (24 V DC)

### Current rating

- Current rating (continuous)	[mA]	250 (...50 °C) / 200 (...70 °C)
- Current rating (peak)	[mA]	↑ 1.5 A (20 ms / 0.5 Hz)
Short-circuit proof		no
Overload protection		no
Switching frequency	[Hz]	25 AC / 40 DC

### Range

Sensing range	[mm]	20, adjustable 3...20 mm
Real sensing range (Sr)	[mm]	20 $\pm$ 10 %
Operating distance	[mm]	0...16.2

### Accuracy / deviations

Correction factors		water = 1 / glass approx. 0.4 / ceramics approx. 0.2 / PVC approx. 0.2
Hysteresis	[% of Sr]	1...15
Switch-point drift	[% of Sr]	-15...15

### Environment

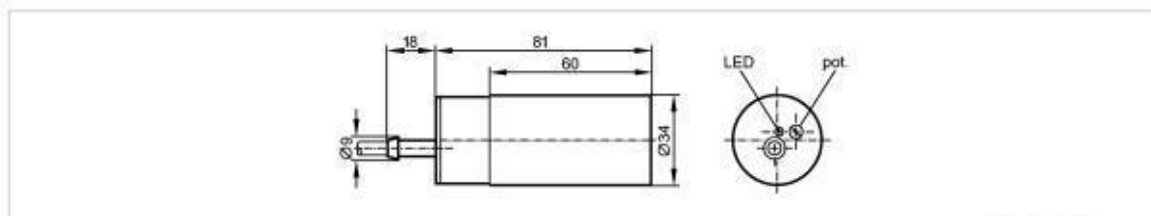
Ambient temperature	[°C]	-25...70
Protection		IP 65

Fuente: Efactorisd.com

## ANEXO D2: SENSOR CAPACITIVO KB5004 - KB-3020-BPKG/NI

KB-3020-BPKG/NI

Capacitive sensors



Made in Germany

### Product characteristics

Capacitive sensor  
 Plastic housing  $\varnothing$  34 mm  
 Cable  
 Increased immunity to conducted radio frequency interference  
 Sensing range 20 mm; adjustable 3...20 mm; [nf] non-flush mountable

### Electrical data

Electrical design		DC PNP
Operating voltage	[V]	10...36 DC
Current consumption	[mA]	13 (24 V)
Protection class		II
Reverse polarity protection		yes

### Outputs

Output function		normally open
Voltage drop	[V]	< 2.5
Current rating	[mA]	250
Short-circuit protection		pulsed
Overload protection		yes
Switching frequency	[Hz]	40

### Range

Sensing range	[mm]	20, adjustable 3...20 mm
Real sensing range (Sr)	[mm]	$20 \pm 10\%$
Operating distance	[mm]	0...16.2

### Accuracy / deviations

Correction factors		water = 1 / glass approx. 0.4 / ceramics approx. 0.2 / PVC approx. 0.2
Hysteresis	[% of Sr]	1...15
Switch-point drift	[% of Sr]	-15...15

### Environment

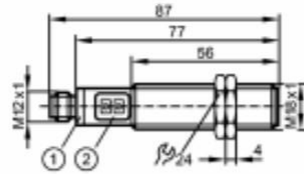
Ambient temperature	[°C]	-25...70
Protection		IP 65

Fuente: Efectorisd.com

## ANEXO D3: SENSOR CAPACITIVO

KG-3120NFPKGP2T/US

Capacitive sensors



- 1: LED ring  
2: Programming buttons



Made in Germany

### Product characteristics

Capacitive sensor
Plastic thread M18 x 1
Connector
Teach function
Electronic lock
Sensing range 12 mm; [nf] non-flush mountable

### Electrical data

Electrical design	DC PNP
Operating voltage [V]	10...36 DC
Current consumption [mA]	< 20
Protection class	II
Reverse polarity protection	yes

### Outputs

Output function	normally open / closed programmable
Voltage drop [V]	< 2.5
Current rating [mA]	200
Short-circuit protection	pulsed
Overload protection	yes
Switching frequency [Hz]	10

### Range

Sensing range [mm]	12
--------------------	----

### Accuracy / deviations

Hysteresis [% of Sr]	1...15
Switch-point drift [% of Sr]	-20...20

### Interfaces

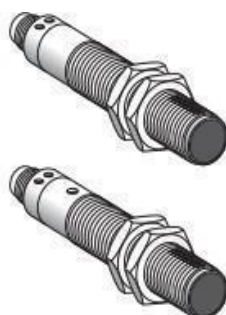
IO-Link Device	
Transfer type	COM1 (4.8 kBaud)
IO-Link revision	1.1
SDCI standard	IEC 61131-9 CDV
IO-Link Device ID	387d / 000183h
Profiles	Smart Sensor
SIO mode	yes
Min. process cycle time [ms]	101

### Environment

Ambient temperature [°C]	-25...80, temperature of the sensing face -25...110 °C
Protection	IP 65 / IP 67

Fuente: Efactorisd.com

## ANEXO E1: SENSOR FOTOELECTRICO



<b>Sistema</b>		<b>Barrera</b>
<b>Tipo de emisión</b>		Infrarrojos
<b>Alcance nominal (Sn) / máxima</b>		50 m / 70 m (emisor + receptor)
<b>Referencias</b>		
<b>3 hilos, PNP</b>	N/A (detección de objeto) + salida analógica	<b>XU2 M18AP20D</b> <sup>(2)</sup>
<b>Peso (kg)</b>		0,155
<b>Características</b>		
<b>Homologaciones de productos</b>		CE, CSA, UL
<b>Temperatura ambiente</b>	Para funcionamiento	-25...+ 55 °C
	Para almacenamiento	-40...+ 70 °C
<b>Resistencia a las vibraciones</b>	Según IEC 60068-2-6	25 gn, amplitud ± 2 mm (f = 10...55 Hz)
<b>Resistencia a los choques</b>	Según IEC 60068-2-27	30 gn, duración 11 ms
<b>Grado de protección</b>	Según IEC 60529	IP 67
<b>Salida</b>		Conector M12 macho, 4 pines (prolongadores y conectores hembra adaptables, <a href="#">ver página 9/44</a> )
<b>Materiales</b>	Cuerpo	Latón niquelado
	Lentes	PMMA
<b>Tensión de alimentación</b>		--- 12...24 V con protección contra inversiones de polaridad
<b>Límites de tensión</b>		--- 10...30 V (ondulación incluida)
<b>Salida estática "Todo o nada"</b>	Corriente conmutada (en el mantenimiento)	≤ 100 mA con protección contra sobrecargas y cortocircuitos
	Tensión residual, estado cerrado	≤ 1,5 V
	Frecuencia máxima de conmutación	30 Hz
	Retardos de disponibilidad	≤ 50 ms
	Retardos al activar	≤ 15 ms
	Retardos al desactivar	≤ 15 ms
<b>Salida analógica</b>	Corriente de salida	<b>4...20 mA</b> Deriva < 5% si la temperatura está comprendida entre 0 y + 40 °C
	Retardo	≤ 15 ms
<b>Corriente consumida sin carga</b>		≤ 55 mA (emisor + receptor)
<b>Pilotos de señalización</b>	Emisor	LED verde encendido = conectado
		LED amarillo encendido = emisión de luz

Fuente: Schneider electric.com



## ANEXO E2: SENSOR FOTOELECTRICO XU2M18MA230W



### XU2M18MA230W

photo-electric sensor - XU2 - thru beam - 90° - Sn  
15m - 24..240VAC/DC - cab. 2m

#### Principal

Rango de producto	OsiSense XU
Nombre de serie	Modo simple de uso general
Tipo de detector electrónico	Sensor fotoeléctrico
Nombre de detector	XU2
Diseño del detector	M18 cilíndrico
Sistema de detección	Directo
Material	Metál.
Línea de tipo de visión	90° lateral
Tipo de señal de salida	Discreta
Tipo de circuito de alimentaci	C.A./C.C.
Técnica de cableado de detector	2 hilos
Función de salida digital	1 NO
Conexión eléctrica	Cable
Longitud de cable	2 m
Aplicación específica producto	-
Emisión	Infrarrojos directo
Distancia de detección nominal	15 m directo

#### Complementario

Material de envoltente	Latón niquelado
Material de lente	PMMA
Distancia de detección máxima	20 m
Tipo de salida	Estado sólido
Añadir a salida	Sin
Material aislamiento cables	PvR
LED de estado	1 LED (rojo) para inestabilidad 1 LED (amarillo) para estado de salida
Tensión de alimentación	24...240 V c.a./c.c.
Límites de tensión de alimentación	20...264 V c.a./c.c.
Corriente residual	< 1.5 mA (estado abierto)
Capacidad de conmutación en mA	10...200 mA (para que se utilice con fusible quick-blow 0,4 A en serie con la carga)
Frecuencia de conmutación	<= 25 Hz
Caída de tensión	6 V (estado cerrado)
Primera temporización	< 300 ms
Respuesta del relé	< 20 ms
Recuperación de temporización	< 20 ms
Ajustes	Ajuste de la sensibilidad
Diámetro	18 mm
Longitud	97 mm
Peso del producto	0.285 kg
Composición del kit	Transmitter + receiver XU2M18MC230WT + XU2M18MA230WR

Fuente: Schneider electric.com

## ANEXO F: CONTACTOR DE 3 POLOS

### Contadores tripolares



Int. máxima empleo Cargas resistivas	Motores <440V, 3 ~ 50/60Hz AC3 <sup>(3)</sup> A	Potencias admisibles AC3						Contacto auxiliar		Circuito de mando: Corriente alterna		Circuito de mando: Corriente continua	
		Monofásico		Trifásico				•3  •4	•1 •2	Tipo <sup>(1)</sup>	Sum. (uds)	Tipo <sup>(1)</sup>	Sum. (uds)
AC1 <sup>(2)</sup> A	AC3 <sup>(3)</sup> A	115V kW HP	220V kW HP	220V kW HP	380V kW HP	500V kW HP					Código ver abajo		Código ver abajo
<b>Borne: tornillo</b>													
20	9	0,56	1,12	2,2	4	4	1	0	MC1A310AT	20	MC1C310AT	10	
		0,75	1,5	3	5,5	5,5			0	1	MC1A301AT	20	MC1C301AT
20	12	0,75	2	3	5,5	5,5	1	0	MC2A310AT	20	MC2C310AT	10	
		1	2,6	4	7,3	7,3			0	1	MC2A301AT	20	MC2C301AT
<b>Borne: para terminal circular</b>													
20	9	0,56	1,12	2,2	4	4	1	0	MC1A310AR	20	MC1C310AR	10	
		0,75	1,5	3	5,5	5,5			0	1	MC1A301AR	20	MC1C301AR
20	12	0,75	2	3	5,5	5,5	1	0	MC2A310AR	20	MC2C310AR	10	
		1	2,6	4	7,3	7,3			0	1	MC2A301AR	20	MC2C301AR

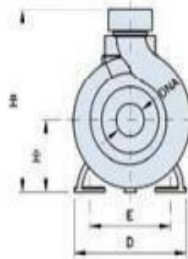
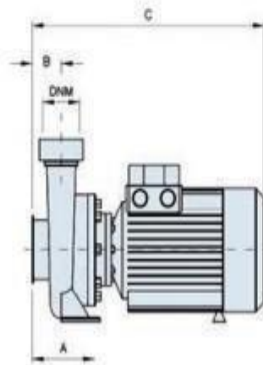
Fuente: General Electric

## ANEXO G1: BOMBA DE AGUA STE 200T IDEAL

### Electrobombas centrifugas monobloc gran caudal



STE 200T



Fuente: Bombas Ideal

#### Aplicaciones

Diseñada para usos agrícolas, civiles e industriales.

Adecuadas para trasvases de agua, riegos a canal abierto, riego por goteo, etc.

#### Construcción

##### Bomba

Cuerpo de bomba en hierro de fundición gris. Rodetes en latón de estampación. Eje en acero inoxidable. Sello mecánico en cerámica grafito.

##### Motor

Protección IP54.

Monofásico: 230 V-50Hz, con condensador permanente y protección térmica incorporada. Trifásicos: 230/400V 50Hz. La protección debe ser prevista por el usuario, con un salvamotor adecuado.

##### Bajo demanda

Se puede suministrar con regulador de presión Flumatic, Flucontrol y Variache.

## ANEXO H1: ELECTROVALVULA RS 23178

### Válvula direccional 4/3, 4/2 y 3/2 vías con solenoides de continua en baño de aceite

RS 23178-00/06.09 1/12  
Reemplaza a: 02.03

Tipo WE ...SO407

Tamaño nominal 6  
Serie 6X  
Presión de servicio máxima 315 bar [4569 psi]  
Caudal máximo 60 l/min [15.8 US gpm]



#### Indice

Características	1
Código de pedido	2
Símbolos de pistón	3
Funcionamiento, corte	4
Datos técnicos	5,6
Curvas características	7
Límites de potencia	7
Dimensiones	8 hasta 10
Conectores	10

#### Características

- Válvula direccional de corredera con accionamiento por solenoide y **consumo eléctrico reducido**
- Posición de las conexiones según DIN 24340 forma A (**sin** orificio de fijación)
- Posición de las conexiones según ISO 4401-03-02-0-05 y NFPA T3.5.1 R2-2002 D03 (**con** orificio de fijación)
- Placas de conexión ver catálogo RS 45052 (pedido separado)
- Solenoides de continua en baño de aceite con bobina extraíble
- Bobina de solenoide girable 90°
- Para cambiar la bobina no hace falta abrir la cámara de presión
- Conexión eléctrica como conexión individual o central
- Con accionamiento de emergencia protegido
- Otras conexiones eléctricas ver RS 08010

Fuente: <http://roydisa.es> y

## ANEXO H2: ELECTROVALVULA SERIE 1339

**Serie  
1339**

**Válvula de 4/3 vías.  
Centro cerrado.**



**Serie 1339**

### Aplicaciones:

- Ideal para aplicaciones donde se requiera regular la carrera del pistón en un cilindro de doble efecto.
- Gran caudal, larga vida útil, trabajos pesados.
- Aire seco, gases, agua, aceites livianos.

### Características principales

- 4 vías, 3 posiciones, centro cerrado.
- Permite comandar cilindros o actuadores de doble efecto
- Cuero de aluminio, latón y acero inoxidable.
- Conexiones roscadas de 1/4", 3/8", 1/2" BSP o NPT.
- Cierre de asiento, 4 diafragmas que obturan las respectivas vías.
- Alta capacidad y velocidad de operación.
- No necesita lubricación para operar, ideal para aire de instrumento.
- Orificios pilotos con descarga interna, apta para operar fluidos peligrosos o que no admitan derrame, como gas, combustible, agua, aceites livianos y otros fluidos similares.
- Sellos de Buna N.
- Tubo de deslizamiento de SS. 304 y 316.
- Núcleo móvil y núcleo fijo de SS. 430 F.
- Espira de sombra de cobre, plata o aluminio.
- Bobina capsulada conexión DIN 43650 forma A.
- Protección IP 65 y NEMA 4.

### Opcionales:

- Indicador luminoso de bobina energizada.
- Bobinas y carcasas a prueba de explosión y/o intemperie.

### Especificaciones técnicas

Ø Conexión	Ø Orificio		Factor de flujo		Presión diferencial				Peso				Nº de catálogo en función del material del cuerpo		
					Δp mínimo		Δp máximo		kg		Lb		Aluminio	Latón	AISI 304
					bar	psi	bar	psi	Alum	Br/ss	Alum	Br/ss			
<b>Diafragma de Buna N</b>															
1/4"	8	0,23	0,34	0,4	0,5	10	7,5	150	1,3	2,2	2,9	4,9	1339LA1	1339BA1	1339SA1
3/8"	8	0,31	0,68	0,8									1339LA2	1339BA2	1339SA2
1/2"	8	0,39	1,27	1,5									1339LA3	1339BA3	1339SA3
<b>Diafragma FKM</b>															
1/4"	8	0,23	0,34	0,4	0,5	10	7,5	150	1,3	2,2	2,9	4,9	1339LV1	1339BV1	1339SV1
3/8"	8	0,31	0,68	0,8									1339LV2	1339BV2	1339SV2
1/2"	8	0,39	1,27	1,5									1339LV3	1339BV3	1339SV3

Fuente: <http://www.jefferson.com.ar>

ANEXO I: LAMPARA PILOTO

# Dispositivos de luz piloto

		Metal tipo 4/13 (800T)		Plástico tipo 4/4X/13 (800H)	
		Tipo estándar	Pulsador de prueba	Tipo estándar	Pulsador de prueba
					
Tipo	Color				
LED universal 12-130 VCA/VCC		800T-QH2R	800T-QTH2R	800H-QRH2R	800H-QRTH2R
		800T-QH2G	800T-QTH2G	800H-QRH2G	800H-QRTH2G
		800T-QH2A	800T-QTH2A	800H-QRH2A	800H-QRTH2A
LED transformador 120 VCA, 50/60 Hz		800T-PH16R	800T-PTH16R	800H-PRH16R	800H-PRTH16R
		800T-PH16G	800T-PTH16G	800H-PRH16G	800H-PRTH16G
		800T-PH16A	800T-PTH16A	800H-PRH16A	800H-PRTH16A

Otros colores disponibles: azul, transparente, blanco y amarillo.

Fuente: Rockwell automation.com

## ANEXO J: BOTON DE EMERGENCIA

# Dispositivos de presionar-halar y de paro de emergencia

### Presionar-halar y acción de disparo de 2 posiciones, sin iluminación

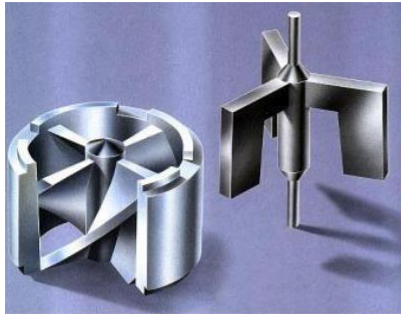
Configuración de contactos	Posición del operador	Metal tipo 4/13 (800T)			Plástico tipo 4/4X/13 (800H)
		Presionar-halar	Acción de disparo, desbloqueo por rotación	Acción de disparo, desbloqueo mediante llave	Acción de disparo, desbloqueo por rotación
 (2) S.M.C.B.	 Mantenido Salida X    Entrada O				
		800TC-FX6A55	800TC-TFXT6A55	800TC-TFXK6A55	800HC-TFRXT6A55
 (2) N.C.L.B. / (2) N.C.					
		800TC-FX6A5	800T-TFXT6A4	800T-TFXK6A4	800H-TFRXT6A4

### Presionar-halar y acción de disparo de 2 posiciones, con iluminación

Tipo	Posición del operador	Metal tipo 4/13 (800T)		Plástico tipo 4/4X/13 (800H)
		Presionar-halar	Acción de disparo, desbloqueo por rotación	Acción de disparo, desbloqueo por rotación
LED universal 12...130 VCA/VCC (1) N.A. (1) S.M.C.B.	 Mantenido Salida O    Entrada X			
		800TC-FXQH2RA15	800TC-TFXTQH2RA15	800HC-TFRXTQH2RA15
Transformador, LED 120 VCA, 50/60 Hz (1) N.A. (1) N.C.L.B. /N.C.				
		800T-FXPH16RA1	800T-TFXTPH16RA1	800H-TFRXTPH16RA

Fuente: Rockwell automation.com

## ANEXO K1: IR-OPFLOW Science Gate



### Specifications of the *IR-Opflow*

Table 1

Type	Measurement range (l/min)	K-factor < 5 cSt (pulses/l)	Output (Hz)
1	0.1 - 2.0	36000	60 - 1200
2	0.3 - 9.0	8000	40 - 1200
3	0.5 - 15.0	3200	26.66 - 800
4	1.0 - 30.0	1200	20 - 600
5	2.5 - 75.0	450	18.75 - 562
6	4.0 - 120.0	225	15 - 450

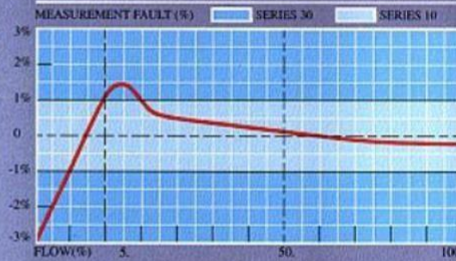
#### Technical specifications

Accuracy: *IR-Opflow* 10 series:  $\pm 1\%$  of meas. value;  
*IR-Opflow* 30 series:  $\pm 3\%$  of meas. value;  
 Repeatability:  $\pm 0,1\%$  of measured value.  
 Linearity:  $\pm 1\%$  or  $\pm 3\%$  of measured value (depending on series selected).  
 Measurement range: See table 1.  
 Temperature range:  $-40^\circ$  to  $+85^\circ$  Celcius.  
 Maximum pressure: 10 bar.  
 Viscosity: Max. 15 cSt (depending on the measurement range).  
 Process connection: BSP, NPT or flexible hose fitting, see tables 2 and 3.  
 Materials: All wet parts are manufactured from PVDF.

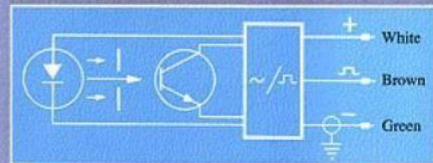
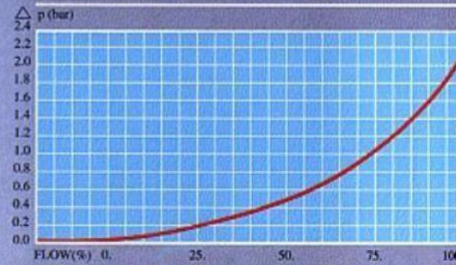
#### Electrical specifications:

Power supply: 5 - 12 VDC, 6 - 33 mA.  
 Pulse output: Open collector.  
 Max. load: 500  $\Omega$ .  
 Frequency: 15 - 1200 Hz, see table 1.  
 Signal generation: Optoelectronic (infrared).  
 Signal cable: 1 metre, other lengths on request.

Linearity curve - applicable to all versions



Pressure loss curve - applicable to all versions



Fuente: <http://www.scigate.com.sg>



## ANEXO K2: Sensor de Flujo SEN-FLOW-050



### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

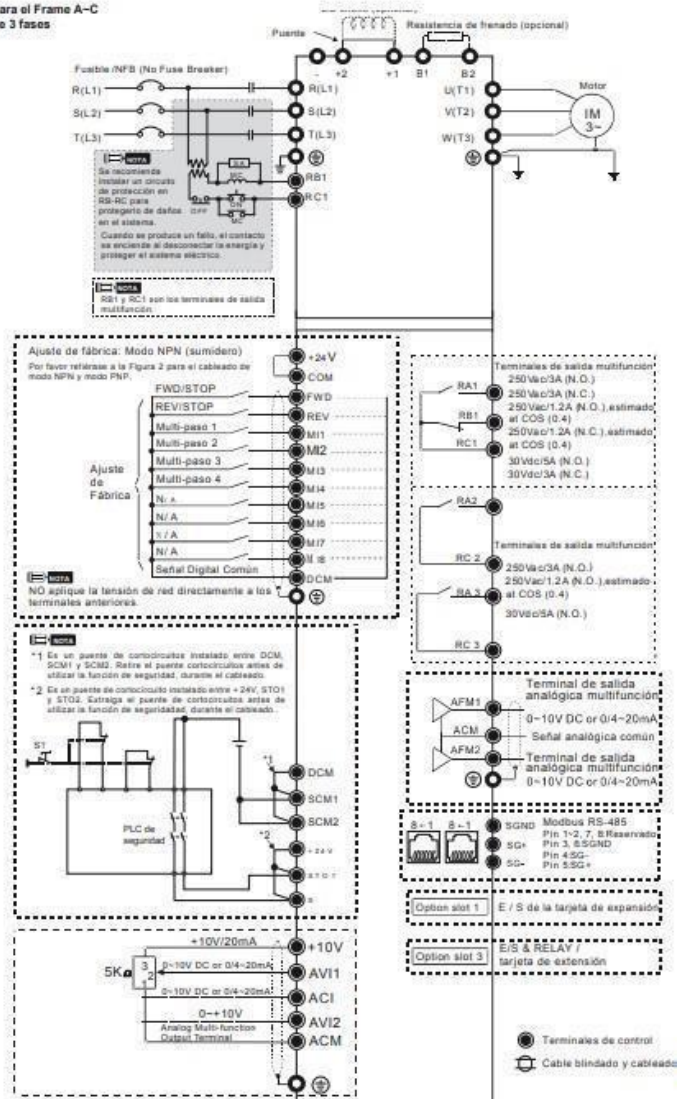
- Modelo: YF-S201
- Voltaje de operación: 5V - 18V DC
- Consumo de corriente: 15mA (5V)
- Capacidad de carga: 10mA (5 VDC)
- Salida: Onda cuadrada pulsante
- Rango de Flujo: 1-30L/min
- Volumen promedio por pulso: 2.25mL
- Pulsos por litro: 450
- Factor de conversión: 7.5
- Rosca externa: 1/2" NPS
- Presión de trabajo máx.: 1.75MPa (17 bar)
- Temperatura de funcionamiento: -25°C a 80°C
- Material: Plástico color negro

Fuente: <https://naylampmechatronics.com>

# ANEXO L1: DRIVER DE MOTOR Delta CP2000

## Series CP2000

Diagrama de cableado para el Frame A-C  
 \* Proporciona energía de 3 fases



Fuente: <http://www.deltaww.com/Products>

## ANEXO L2: DRIVER DE MOTOR Delta MS300

### General Specifications and Accessories

<b>Control Functions</b>	Control Methods	V/F, SVC
	Applicant Motors	Induction Motor (IM), Interior Permanent Magnet (IPM) Motor, Surface Permanent Magnet (SPM) Motor
	Max. Output Frequency	Standard model: 599.00Hz ; High speed model: 1500.0Hz (with derating, V/F control only)
	Starting Torque*	150%/3 Hz (V/f, SVC control for IM, heavy duty) 100%/(1/20 of motor rated frequency) (SVC control for PM, heavy duty)
	Speed Control Range*	1 : 50 (V/f, SVC control for IM, heavy duty) 1 : 20 (SVC control for PM, heavy duty)
	Overload Tolerance	Normal Duty (ND): 120% of rated output current for 60 seconds; 150% of rated output current for 3 seconds Heavy Duty (HD): 150% of rated output current for 60 seconds; 200% of rated output current for 3 seconds
	Frequency Setting Signal	0 ~ +10V/-10V ~ +10V, 4 ~ 20mA/0 ~ +10V, 1 pulse input (33kHz), 1 pulse output (33kHz)
<b>Protection Functions</b>	Motor Protection	Overcurrent protection, overvoltage protection, over-temperature protection, phase failure protection
	Stall Prevention	Stall prevention during acceleration, deceleration and running independently
<b>Accessories</b>	Communication cards	PROFIBUS DP, DeviceNet, MODBUS TCP, EtherNet/IP, CANopen
	External DC power supply	EMM-BPS01 (DC 24V power supply card)
<b>Digital Controller</b>		A removable keypad as standard
<b>Certifications</b>		UL, CE, RoHS, RCM, TUV, REACH

\*Control accuracy may vary depending on the environment, application conditions, different motors or encoder. For details, please contact our company or your local distributor.

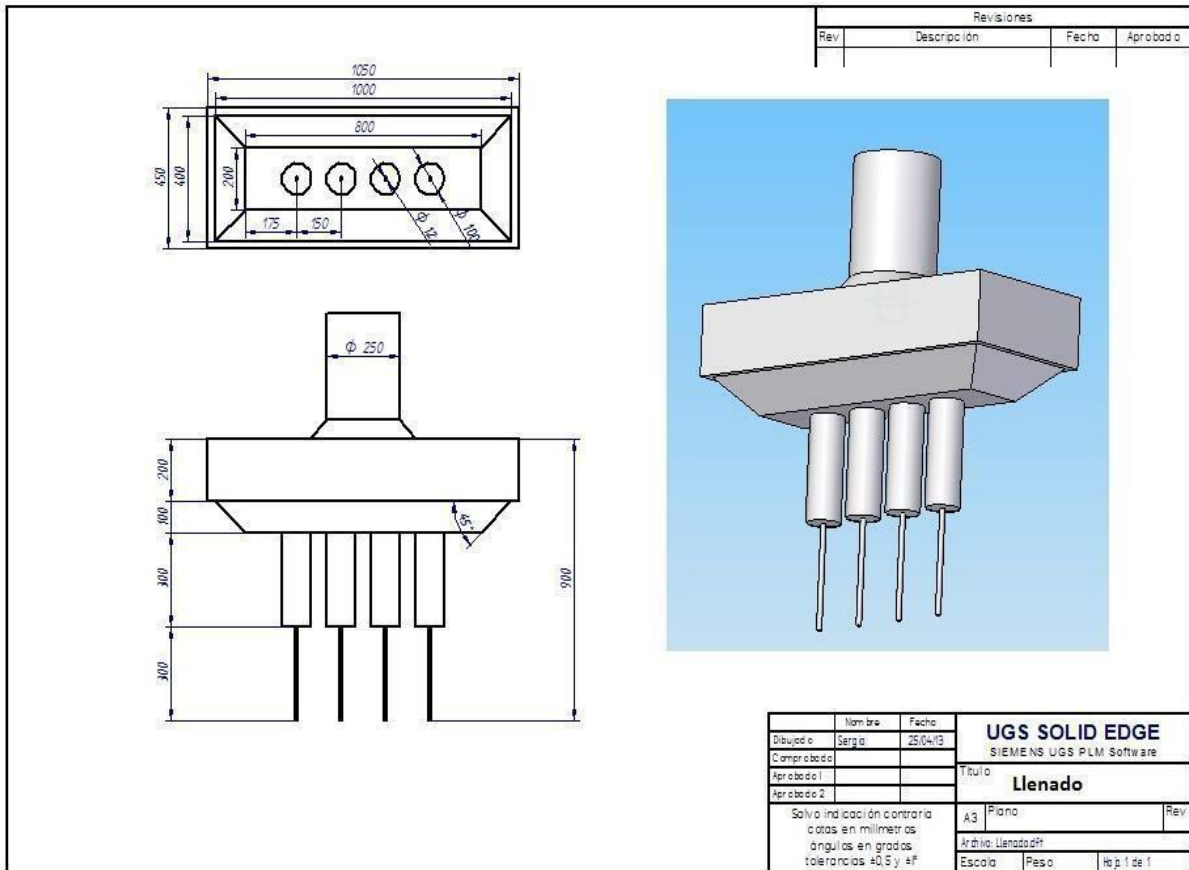
### MS300 Operating Environment

<b>Operating Environment</b>	Installation Location	IEC60364-1/IEC60664-1 Pollution degree 2, Indoor use only		
	<b>Ambient Temperature (°C)</b>	<b>Operation</b>	IP20/UL Open Type	-20 to 50
			IP40/NEMA 1/UL Type 1	-20 to 60 (needs derating)
			Zero stacking Installation	-20 to 40
				-20 to 50 (needs derating)
	<b>Rated Humidity</b>	Storage	-40 to 85	
		Transportation	-20 to 70	
		Operation	Max. 90%	
	<b>Air Pressure (kPa)</b>	Storage/Transportation	Max. 95%	
		Operation	86 ~ 106	
<b>Pollution Level</b>	Storage/Transportation	70 ~ 106		
	Pollution Level	Compliance to IEC60721-3-3, 3C2		
<b>Altitude</b>	An altitude of 0 ~ 1000 m for normal operation			
	(derating is required for installation at an altitude above 1000 m)			
<b>Vibration</b>		Compliance to IEC 60068-2-6		
<b>Shock</b>		Compliance to IEC/EN 60068-2-27		

Please refer to MS300 user manual for more details.

Fuente: <https://www.mechtrix.com.au/products/products/ms300-series-variable-speed-drive/>

## ANEXO M: LLENADO DE BOTELLAS DE AGUA



Fuente: SIEMENS UGS PLM SOFTWARE