

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**“ACONDICIONAMIENTO SECUENCIAL DEL PROCESO DE SECADO DE  
DETERGENTE, PARA LA MEJORA DE LA CONCENTRACIÓN DE PH, EN  
LA EMPRESA CLEAN & CLEAR SAC”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

MAMANI MEDINA, DANMER

**Villa El Salvador  
2018**

**DEDICATORIA:**

Dedico mi Trabajo de Suficiencia Profesional a mis padres Estela Medina y Bernardino Mamani, por su apoyo incondicional y fuerza para desarrollarme y continuar en este arduo camino en la obtención de mi título profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, a mis padres y a mi asesor de especialidad, por sus consejos y palabras, para esforzarme cada día más en mi vida profesional.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	9
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	11
1.2. Justificación del Proyecto.....	12
1.3. Delimitación del Proyecto.....	12
1.4. Formulación del Problema.....	13
1.4.1. Problema General.....	13
1.4.2. Problemas Específicos.....	13
1.5. Objetivos.....	14
1.5.1. Objetivo General.....	14
1.5.2. Objetivos Específicos.....	14
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	15
2.2 Bases Teóricas.....	19
2.3 Marco Conceptual.....	48
<b>CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO</b>	
3.1 Descripción del Proceso Automatizado.....	50
3.2 Desarrollo de la Programación del Automatismo.....	53
3.3 Revisión y Consolidación de resultados.....	64
<b>CONCLUSIONES</b> .....	75
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	76
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	77

## LISTADO DE FIGURAS

Figura N° 01:	Esquema general de un sistema automatizado.....	20
Figura N° 02:	Unidad central de procesos (CPU) del PLC.....	22
Figura N° 03:	Microprocesador del PLC.....	22
Figura N° 04:	Memoria del PLC.....	23
Figura N° 05:	PLC Compacto.....	29
Figura N° 06:	PLC Nano.....	29
Figura N° 07:	PLC Modular.....	30
Figura N° 08:	Función temporizador con retardo a la conexión.....	32
Figura N° 09:	Cronograma función temporizador con retardo a la conexión.....	33
Figura N° 10:	Función temporizador con retardo a la desconexión.....	33
Figura N° 11:	Cronograma función temporizador con retardo a la desconexión.....	34
Figura N° 12:	Función temporizador con retardo a la conexión/desconexión.....	34
Figura N° 13:	Cronograma función temporizador con retardo a la conexión/desconexión.....	35
Figura N° 14:	Función temporizador con retardo a la conexión con memoria.....	36
Figura N° 15:	Cronograma función temporizador con retardo a la conexión con memoria.....	36
Figura N° 16:	Función relé autoenclavador.....	37
Figura N° 17:	Cronograma del controlador avance/retroceso.....	37
Figura N° 18:	Función contador avance/retroceso.....	38
Figura N° 19:	Vaporización de las gotas atomizadas, en contacto con el aire caliente dentro de la cámara de secado por atomización.....	39
Figura N° 20:	Etapas del secado por atomización.....	40

Figura N° 21:	Válvula distribuidora.....	43
Figura N° 22:	Válvula distribuidora 2/2.....	44
Figura N° 23:	Válvula distribuidora 3/2.....	45
Figura N° 24:	Válvula distribuidora 4/2.....	45
Figura N° 25:	Válvula distribuidora 4/3.....	46
Figura N° 26:	Válvula distribuidora 5/2.....	47
Figura N° 27:	Esquema del proceso de secado por válvulas de aspersión.....	52
Figura N° 28:	Conexión de entradas y salidas al controlador lógico programable..	55
Figura N° 29:	Programación del PLC, para la activación de la válvula de transferencia de detergente en pasta– electrobomba y generador de aire caliente.....	56
Figura N° 30:	Programación del PLC, para la apertura y cierre de la bobina de la válvula de aspersión va1 y va2.....	57
Figura N° 31:	Programación del PLC, para la apertura y cierre de la bobina de la válvula de aspersión va3 y va4.....	59
Figura N° 32:	Programación del PLC, para la apertura y cierre de la bobina de la válvula de aspersión va5 y va6.....	61
Figura N° 33:	Programación del PLC, para el conteo de 8 ciclos, y apertura de la compuerta de vaciado del detergente en polvo.....	63
Figura N° 34:	Simulación de la activación de la bobina para la apertura de la válvula de transferencia del detergente, electrobomba y generador de aire caliente.....	66
Figura N° 35:	Simulación de la activación de la bobina para la apertura de la válvula de aspersión va1 y va2.....	67

Figura N° 36:	Simulación de la activación de la bobina para la apertura de la válvula de aspersión va3 y va4.....	68
Figura N° 37:	Simulación de la activación de la bobina para la apertura de la válvula de aspersión va5 y va6.....	69
Figura N° 38:	Simulación del proceso de conteo de ciclos.....	70
Figura N° 39:	Valores de pH obtenidos antes del proceso de automatización - a....	71
Figura N° 39:	Valores de pH obtenidos antes del proceso de automatización - b....	72
Figura N° 40:	Valores de pH obtenidos después del proceso de automatización-a	73
Figura N° 41:	Valores de pH obtenidos después del proceso de automatización-b	74

## LISTADOS DE TABLAS

Tabla N° 01:	Elementos de entrada del proceso.....	53
Tabla N° 02:	Elementos de salida del proceso.....	54

## INTRODUCCIÓN

Uno de los principales factores que incrementa la competitividad de la industria por estos tiempos, está relacionado con la automatización de sus procesos, esto implica equiparlas con nuevos mecanismos de control, autorregulación y accionamiento, lo cual a corto plazo se verá reflejado en la mejora de la calidad de la producción.

El control automático de procesos es altamente conveniente debido a que el control manual requiere un ajuste continuo de las variables a controlarse mediante un operador humano, de manera que la eficacia del proceso dependa del operador, la cual disminuye inevitablemente con el tiempo.

La Empresa Clean & Clear SAC, se dedica a la producción de detergentes, con subprocesos totalmente manuales, motivo por el cual es de gran importancia la implementación de nuevas tecnologías en su proceso productivo, ya que de esta forma se garantizaría una mejora en la calidad del producto final, lo cual conllevaría a controlar de manera eficiente el accionamiento de válvulas presentes en el proceso.

En ese sentido y con la finalidad de realizar el accionamiento secuencial de las del proceso de secado de detergentes, he dividido mi trabajo de suficiencia profesional en 3 capítulos.

En el Capítulo I, se describe el planteamiento del problema, que está relacionado con los múltiples subprocesos manuales utilizados como parte del proceso productivo,

en la obtención del detergente, el mismo que no garantiza la calidad adecuada del producto final generado.

En el Capítulo II, se desarrolla el marco teórico en la cual se sustenta mi propuesta de solución, en el cual describo las características de un controlador lógico Programable, sus elementos de programación, así como la descripción del proceso productivo del detergente a fin de identificar los sensores y actuadores que serán automatizados.

En el Capítulo III, y en relación a los objetivos planteados en el Capítulo I, se describe el subproceso de secado de detergentes mediante válvulas de aspersion, el cual será automatizado, consiguiendo así establecer la conexión del controlador lógico programable con los sensores y actuadores del proceso, para finalmente realizar la programación del controlador y su respectiva simulación de este.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

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

La Empresa Clean & Clear SAC se dedica a la producción de detergentes para diversas marcas conocidas en el mercado peruano, tales como Ace, Opal y Ayudin, el cual, como parte del proceso productivo para la obtención de detergente, se hacían uso de múltiples procesos manuales, que no garantizaban la calidad adecuada del producto final generado.

Una de estas etapas críticas en el proceso productivo, es el subproceso de secado de detergente, el cual consiste en convertir la pasta de detergente a un estado en polvo, para lo cual se utilizaba una apertura y cierre de válvulas de tipo manual, controlado por operarios, generando así poca precisión en relación con el tiempo de accionamiento de la válvula y al sometimiento de aire caliente al detergente en pasta.

La calidad del producto final se ve reflejada en la concentración alcalina del detergente en polvo, cuyo valor de PH debe ser de 10; pero en múltiples reportes han mostrado evidencia de que como consecuencia de este proceso manual no se llega alcanzar el nivel deseado del producto final.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto se justifica en que, a partir del accionamiento secuencial de válvulas de aspersión del proceso de secado de detergentes, se conseguirá mejorar la concentración de PH, el mismo que se verá reflejado en la calidad del producto final.

Y es que automatizar el proceso a través de un controlador lógico programable permitirá la precisión en cuanto al periodo de tiempo que debe accionarse las válvulas de aspersión que someten a la pasta de detergente a una temperatura de alrededor de 200°C, lo cual se reflejará en la mejora de la calidad del producto final, evitando reclamos del cliente y perdidas de insumos por un mal procesamiento.

## **1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO**

### **1.3.1 TEÓRICA**

Las bases teóricas utilizadas en este trabajo de suficiencia profesional son las estrictamente referidas a: Automatización mediante controladores lógicos programables de entradas y salidas discretas; Función temporizador con retardo a la conexión del controlador lógico

programable; Y sensores y actuadores del proceso de secado de detergentes por válvulas de aspersión.

### **1.3.2 ESPACIAL**

El trabajo de suficiencia profesional se desarrolló en la Empresa Clean & Clear SAC, Avenida Cajamarquilla, 621 - Urb. Zárate - San Juan de Lurigancho - Lima.

### **1.3.3 TEMPORAL**

El trabajo de suficiencia profesional se desarrolló en el mes de noviembre de 2017.

## **1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.4.1 PROBLEMA GENERAL**

¿Cómo realizar el accionamiento secuencial del proceso de secado de detergente, para la mejora de la concentración de PH, en la empresa Clean & Clear SAC?

### **1.4.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cuál será la conexión de los sensores y actuadores al controlador lógico programable, que permita realizar el accionamiento secuencial del proceso de secado de detergente, para la mejora de la concentración de PH, en la empresa Clean & Clear SAC?
- ¿Cuál será la programación del controlador lógico programable, que permita realizar el accionamiento secuencial del proceso de secado

de detergente, para la mejora de la concentración de PH, en la empresa Clean & Clear SAC?

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar el accionamiento secuencial del proceso de secado de detergente, para la mejora de la concentración de PH, en la empresa Clean & Clear SAC.

### **1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la conexión de los sensores y actuadores al controlador lógico programable, que permita realizar el accionamiento secuencial del proceso de secado de detergente, para la mejora de la concentración de PH, en la empresa Clean & Clear SAC.
- Realizar la programación del controlador lógico programable, que permita realizar el accionamiento secuencial del proceso de secado de detergente, para la mejora de la concentración de PH, en la empresa Clean & Clear SAC.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

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

Gutiérrez (2006), en su tesis titulada “*Diseño de un Sistema Automatizado para la producción de desinfectantes de una planta de detergentes*” en la Escuela de Pre-Grado de la Universidad Simón Bolívar de Sartenejas, concluye que: “El sistema automatizado logra que el personal tenga menos contacto con el proceso (mezcladores, bombas, materiales corrosivos e inflamables) por consiguiente su seguridad aumenta notoriamente. Con los equipos y dispositivos propuestos en el diseño del sistema, la seguridad del proceso aumenta, se evitan paros de producción por numerosos motivos. Finalmente se demostró que el sistema de control trae consigo numerosos beneficios operacionales, de seguridad, de producción y monetarios; además el análisis financiero elaborado evidencia que la inversión retornará el primer año. Por consiguiente, se concluye

que este proyecto es positivo para el negocio y debe implementarse cuanto antes para continuar con el crecimiento de la compañía.”

Cuca (2012), en su tesis titulada “*Propuesta para la automatización del proceso de fabricación de jabón en la Universidad de San Buenaventura Cali*”, en la Escuela de Pre-Grado de la Universidad de San Buenaventura Cali, concluye que: “Se consigue obtener un diseño de control sencillo, económico y confiable que responde a la fórmula química del proceso guiada por los docentes de la Universidad de San Buenaventura Cali. Alcanzando, la dosificación oportuna, en los tiempos establecidos de las cantidades específicas para lograr el objetivo del producto final”.

Guerrero (2010), en su tesis titulada “*Automatización en la máquina de empaclado de jabón de tocador*” en la Escuela de Pre-Grado del Instituto Politécnico Nacional del Distrito Federal de México, concluye que: “Los resultados obtenidos entre los dos sistemas de producción que se analizan, nos indican que el sistema automatizado es una buena inversión a un plazo de un año y es recomendable su instalación; si se desea que la producción aumente de forma inmediata. Es muy notable la diferencia de un sistema a otro y también los beneficios que otorgan cada una, por lo tanto, podemos decir que el proyecto es factible, ya que el análisis detallado que se realizó del mismo nos indica que es mejor implementar un sistema automatizado de producción con el cual se obtendrá una serie de beneficios como son: mayor producción, reducción de tiempos, mayor eficiencia, productividad y calidad”.

Pérez (2010), en su libro titulado "*El control automático en la industria*", señala que: "La automatización de procesos industriales debe contemplar todos los posibles estados en que se puede encontrar dicho sistema. No solamente se debe tener en cuenta en el programa el simple funcionamiento automático normal; sino las situaciones de fallo, de parada de emergencia, los procesos de rearme y puesta en marcha. Un programa de autómatas debe considerar prioritario la detección de los posibles de la parte operativa y la ejecución de la parada de emergencia".

Medina (2010), en su libro titulado "*La automatización en la Industria Química*", señala que: "La automatización en el campo industrial se desarrolla en dos vertientes. En primer lugar, sustituyendo al operador humano en aquellas tareas más repetitivas. En segundo lugar, mejorando la calidad del producto final y abaratando los costes del proceso. Las ventajas de aplicar la automatización a un proceso industrial se resumen en los siguientes puntos: Aumenta la productividad y la flexibilidad de la máquina y de las instalaciones. Minimiza los tiempos de espera y parada por cambios de producción o alarmas en los procesos. Incrementa la seguridad del operario, ayudándolo o sustituyéndolo en entorno hostiles que puedan perturbar su seguridad, así como en tareas físicas o intelectuales poco apropiadas".

Armesto (2009), en su libro titulado "*Autómatas Programables y Sistemas de Automatización*", señala que: "El aumento de la capacidad de integración ha permitido a algunos fabricantes introducir en un único circuito integrado, que contiene un microcontrolador diseñado a medida, todos los elementos de un

autómata programable, incluido un controlador de una pantalla visualizadora (Display). Si dicho circuito integrado se coloca un bastidor con un módulo de entrada/ salida de una determinada capacidad no ampliable se tiene un autómata programable compacto o no modular en el que se disminuye al máximo el coste del sistema físico a expensas de limitar su campo de aplicación. Este tipo de autómatas programables comenzó a comercializarse en la década de 1990. Un ejemplo es el autómata programable 230 RC de la familia LOGO Siemens”.

Inca (2013), en su tesis titulada *“Automatización y control del sistema NFT para Cultivos Hidropónicos”*, en la Escuela de Pre Grado de la Universidad Ricardo Palma del Perú, concluye que: “El diseño del sistema de control y automatización para los cultivos hidropónicos que usan la técnica NFT, no solamente permite controlar los niveles de pH, conductividad y temperatura de las soluciones nutritivas, además de ello permite registrar constantemente estos valores creando un registro de todas las variables a lo largo del proceso de producción, lo cual se convierte en una fuente de información importante para mejorar la calidad de las producciones futuras”.

Mendoza (2011), en su tesis titulada *“Control de temperatura y monitoreo de pH del agua en el proceso de incubación de tilapias usando PLC”*, en la Escuela de Pre-Grado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, concluye que: “Con el control automático de la variable temperatura y el monitoreo de pH del agua en el proceso de incubación de Tilapias, aseguramos mayor producción de larvas.

Los rangos máximos y mínimos permitidos de las variables temperatura y pH fueron considerados para el proceso de Incubación de Tilapias”.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**

Un Controlador Lógico Programable o PLC, es un equipo electrónico, que puede ser programado en lenguaje no informático, está diseñado para controlar, en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales. Su manejo y programación se pueden realizar por personal con conocimientos eléctricos o electrónicos y sin necesidad experiencia en campos de la informática. Estos controladores realizan funciones en serie, en paralelo, de temporización, de conteos y otras más potentes como cálculos y regulaciones. (Jeauzarru, 2014)

Su programación es básica y se basa en diagramas de contactores, de modo similar a los circuitos electromecánicos o bien en el álgebra booleana. No hay que perder de vista que los PLC son la evolución natural del empleo de la tecnología eléctrica en el control de procesos.

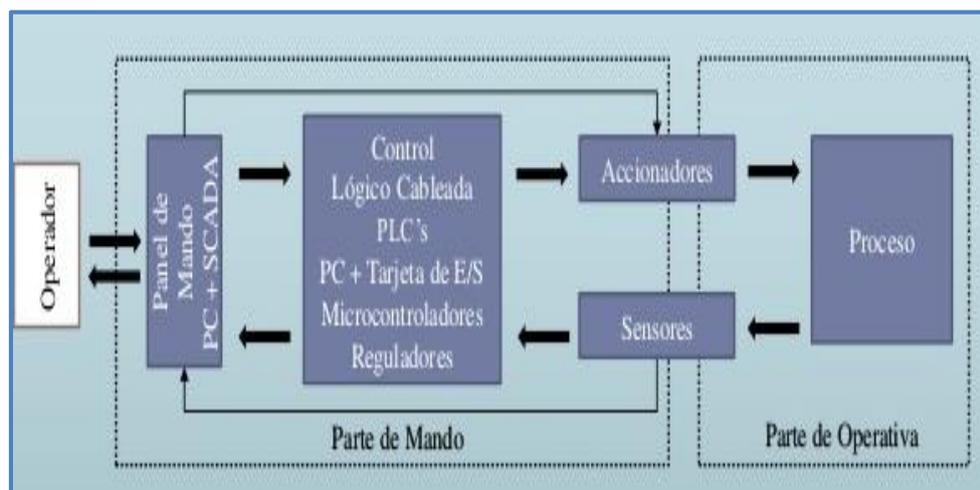
De esta forma un PLC se puede entender como el dispositivo electrónico que viene a sustituir el conjunto de componentes eléctricos que adecuadamente combinados implementan la lógica de un circuito de mando. Esa lógica será implementada en este nuevo dispositivo como un programa de control. En el campo de la industria se han desarrollado los Controladores Lógicos Programables (PLC), que son

dispositivos electrónicos programables encargados de controlar el funcionamiento normal de los sistemas de producción, aumentando la calidad del producto final o mejorando los servicios que proporcionan los equipos o procesos así controlados.

Todo sistema automatizado está formado por tres partes claramente diferenciadas:

- La parte operativa o proceso que se desea controlar.
- La parte de control o mando utilizado para gobernar la parte operativa de la manera deseada.
- La parte de supervisión (operador) y explotación del sistema que servirá de interfaz entre el operador y el sistema automatizado.

A continuación, en la siguiente figura se muestra la formación del sistema automatizado.



**Figura N° 01:** Esquema General de un Sistema Automatizado

Fuente: [https://www.slideshare.net/RobertoDanielRochaCa/automatismos-industriale\\_s-73801574](https://www.slideshare.net/RobertoDanielRochaCa/automatismos-industriale_s-73801574)

## **A. Estructura Interna**

El PLC es un equipo autónomo y compacto que internamente está distribuido por diferentes áreas o secciones: (Segura, 2015)

- Unidad Central de Procesos (CPU)
- Microprocesador
- Memoria
- Sección de entradas y salidas
- Unidad de Alimentación
- Módulos
- Puertos

Las Funciones Generales de las Secciones Internas son las que se describen a continuación:

### **a.1) Unidad Central de Procesos (CPU)**

La Unidad Central de Procesos es el auténtico cerebro del sistema. Se encarga de recibir las órdenes, del operario por medio de la consola de programación y el módulo de entradas.

La CPU (Central Processing Unit) interpreta las instrucciones del programa de usuario y consulta el estado de las entradas. Dependiendo de dichos estados y del programa, ordena la activación de las salidas deseadas.

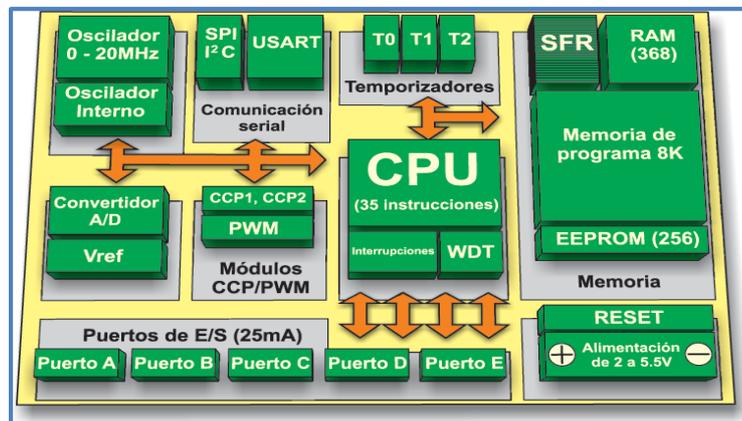


**Figura N° 02:** Unidad central de procesos (CPU) del PLC

Fuente: <https://www.empirewc.com/products/plc-cpu-160-i-o-ethernet-cjmi-series>

### a.2) El microprocesador

Es un circuito integrado que realiza las operaciones de tipo lógico, aritmético y de control de transferencia de datos dentro del controlador.



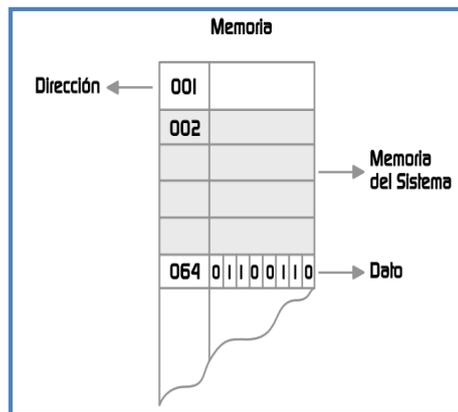
**Figura N° 03:** Microprocesador del PLC

Fuente: [http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/informacion\\_de\\_referencia\\_ISE6\\_1\\_1.pdf](http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf)

### a.3) Memorias

Son registros de almacenamiento temporal de instrucciones, datos y direcciones. Los registros básicos son el acumulador, el

contador de programa, el registro de trabajo y el registro de banderas. Es el almacén de información del sistema. Contiene datos numéricos en código binario y está dividida en posiciones de memoria, a cada una de las cuales le corresponde una dirección de memoria, cada posición de memoria es un arreglo de una determinada cantidad de bits (8 o 16 bits).



**Figura Nº 04:** Memoria del PLC  
Fuente: <http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/InformacionderreferencialSE611.pdf>

Las posibilidades de acceso se clasifican en:

### a.3.1) Memorias de Solo Lectura

Se utilizan para almacenar programas y datos constantes; la manera como están dispuestos los circuitos en la CPU determina que solo se pueda leer su contenido.

Existen Memorias de Solo Lectura de los siguientes tipos:

- Memoria de Solo Lectura - ROM (Read Only Memory): Son grabadas por el fabricante del chip y su información no puede ser alterada.
- Memoria de Solo Lectura Programable – PROM (Programmable Read Only Memory): Salen de la fábrica en blanco para ser programadas por el usuario por una sola vez.
- Memoria de Solo Lectura Programable y Borrable - EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory): Se diferencia de las PROM en que pueden ser borradas y reprogramadas.
- Memoria de Solo Lectura Programable y Borrable Eléctricamente – EEPROM: Estas memorias de solo lectura, no se extraen del circuito de aplicación para borrarlas y programarlas de nuevo, ellas pueden borrarse y grabarse en tarjeta, si la aplicación posee los circuitos apropiados, utilizando impulsos de voltaje adecuados.
- Memoria EPROM Rápidas - FLASH EPROM (Flash Erasable Programmable Read Only Memory): Son en la actualidad más utilizadas que las EEPROM por contar con mejores características de capacidad de almacenamiento y tiempo de acceso.

### **a.3.2) Memorias de Lectura-Escritura**

Memoria de Acceso Aleatorio - RAM (Random Access Memory): Utilizadas universalmente para almacenar datos variables que son escritos y leídos por la CPU. No obstante, las memorias del tipo EEPROM y FLASH EPROM pueden hacer las veces de memorias de lectura escritura.

### **a.4) Sección de entradas y salidas**

La sección de entradas es una interfaz que adapta y codifica, de forma comprensible por la CPU, las señales procedentes de los dispositivos de entrada, los cuales se denominan captadores o elementos primarios y que indican cómo se encuentra el proceso en cada momento. Los captadores pueden ser detectores de valores límites, pulsadores, sensores y otros dispositivos de entrada. Esta sección, además, debe garantizar la protección de los dispositivos internos del controlador. Estas entradas pueden ser de tipo analógica o discreta. (Grupo Másar, 2010)

Mientras que la sección de salidas es una interfaz que decodifica las señales generadas por la CPU, las amplifica y las envía a los actuadores. Los actuadores pueden ser lámparas, relés, contactores, arrancadores, electroválvulas o cualquier otro elemento de acción final. Estas salidas pueden ser de tipo

analógica o discreta. Para que esta sección lleve a cabo su función, existen en memoria bits de salida que están asignados a puntos de salida, a través de los cuales se envían las señales a los diferentes dispositivos.

#### **a.5) Unidad de Alimentación**

Esta sección se encarga de suministrar la alimentación eléctrica a los circuitos del controlador. Generalmente 220 V c.a. ó 24 V c.c. Además, es capaz de adaptar la tensión de la red 110 V c.a. ó 220 V c.a., 50 Hz ó 60 Hz a la de funcionamiento de los circuitos electrónicos internos del controlador, así como a los dispositivos de entrada, los cuales, en su mayoría, reciben alimentación eléctrica desde esta unidad.

#### **a.6) Módulos**

Se denomina Módulos a los puertos con un mayor grado de sofisticación que la simple transferencia de datos binarios, los Módulos, son dispositivos especializados diseñados de manera autónoma con muy poca intervención de la CPU.

### **B. Programación del Controlador Lógico Programable**

Programar un controlador consiste en introducirle una secuencia de órdenes (instrucciones) obtenidas a partir de un modelo de control, según una codificación determinada (lenguaje) que por su forma puede ser:

- Literal, o de textos
- Gráfica, o de símbolos

Cada instrucción del programa consta de dos partes: el código de operación, que define qué se debe hacer y el código de los operandos (generalmente identificados por su dirección), que indican las constantes o variables con las que se debe operar. En definitiva, el usuario introduce su ley de mando en la unidad de programación mediante un programa (secuencia de órdenes) codificado según el lenguaje (conjunto de símbolos).

La unidad de programación compila o convierte el programa a los códigos binarios que realmente son entendibles por el controlador, los transfiere y deposita en la memoria de este, estos códigos binarios, más tarde, se interpretan por el sistema operativo del PLC para poner en funcionamiento los recursos físicos (procesador, interfaces E/S, etc.) necesarios en la ejecución del programa.

Un lenguaje de programación es el conjunto de símbolos y textos legibles por la unidad de programación, que le sirven al usuario para codificar, sobre un controlador en particular, las leyes de control deseadas. Un programa es el conjunto de instrucciones, órdenes y símbolos reconocibles por el controlador, a través de su unidad de programación, que le permiten ejecutar la secuencia de control deseada.

El lenguaje depende del controlador empleado y de su fabricante, el cuál decide el tipo de unidad de programación (literal, gráfico) y el intérprete que utiliza su máquina. Asimismo, el modelo de representación depende del usuario, que lo elige según sus necesidades o conocimientos. Pese a ello, los lenguajes de programación para los controladores intentan ser lo más parecidos posibles a los modelos de representación usuales, a fin de facilitar la transcripción entre ambos.

### **b.1) Clasificación de los PLC**

Debido a la gran variedad de tipos distintos de PLC, tanto en sus funciones, en su capacidad, en el número de I/O, en su tamaño de memoria, en su aspecto físico y otros, es que es posible clasificar los distintos tipos en varias categorías: (Millor, 2011)

- **PLC Compactos**

Son aquellos que incorporan CPU, PS, módulos de entrada y salida en un único paquete. A menudo existe un número fijo de E/Ss digitales (no mayor a 30), una o dos canales de comunicación (para programar el PLC y la conexión de los buses de campo) y HMI. Además, puede haber una entrada para el contador de alta velocidad y una o dos E/Ss analógicas. Para aumentar el número de las E/Ss de una PLC compacta individual se incrementa (además) los módulos que

pueden ser conectados. Estos se colocan en un paquete, similar al del mismo PLC.



**Figura N° 05:** PLC compacto

Fuente:<https://www.solucionesyservicios.biz/Automatizacion-y-control>

- **PLC de tipo Nano**

Generalmente PLC de tipo compacto (Fuente, CPU e I/Q integradas) que puede manejar un conjunto reducido de I/Q, generalmente en un número inferior a 100. Permiten manejar entradas y salidas digitales y algunos módulos especiales. En la siguiente figura se muestra el PLC tipo Nano.



**Figura N° 06:** PLC Nano

Fuente:<https://exploratecnica.blogspot.pe/2016/05/que-es-un-plc.html>

- **PLC Modular**

Es el tipo de PLC más potente y tiene más funciones que los PLC compactos. La CPU, SM, CP y otros módulos se encuentran generalmente en paquetes separados en un riel DIN o en un riel con una forma especial y que se comunica con la CPU a través de un sistema bus. Tiene un número limitado de lugares para los módulos, pero, en la mayoría de los casos, este puede aumentarse.

Además, los PLC modulares pueden utilizar un elevado número de entradas/salidas, pueden soportar programas más grandes, guardar más datos y operar bajo el modo de multitarea. Normalmente se utilizan para el control, regulación, posicionamiento, procesamiento de datos, manipulación, comunicación, monitorización, servicios-web, etc. En la siguiente figura se muestra el PLC tipo Modular.



**Figura Nº 07:** PLC modular

Fuente: <http://www.aotewell.com/siemensplc-simatic-plc-siemens-controller>

## **b.2) Tipos de señales utilizadas por los PLC**

Un PLC recibe y transfiere señales eléctricas, expresando así variables físicas finitas (temperatura, presión etc.). De este modo es necesario incluir en el SM un convertidor de señal para recibir y cambiar los valores a variables físicas. (Millor, 2011)

Existen tres tipos de señales en un PLC: señales binarias, digitales y analógicas.

- **Señales digitales**

Se trata de una secuencia de señales binarias, consideradas como una sola. Cada posición de la señal digital se denomina un bit.

- **Señales analógicas**

Son aquellas que poseen valores continuos, es decir, consisten en un número infinito de valores (ej. en el rango de 0 – 10 V). Hoy en día, los PLCs no pueden procesar señales analógicas reales. De este modo, estas señales deben ser convertidas en señales digitales y viceversa. Esta conversión se realiza por medio de SMs analógicos, que contienen ADC.

La elevada resolución y precisión de la señal analógica puede conseguirse utilizando más bits en la señal digital. Por ejemplo, una señal analógica típica de 0 – 10 V puede ser con precisión (pasos para la conversión en una señal digital)

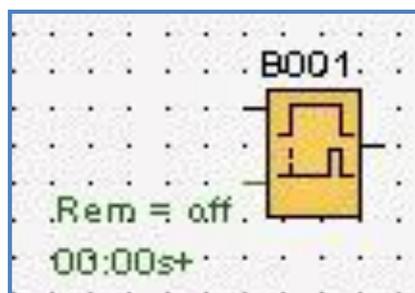
desde 0.1 V, 0.01 V o 0.001 V de acuerdo al número de bits que vaya a tener la señal digital.

### b.3) Funciones especiales de los PLC

Tenemos, por ejemplo, las funciones de Retardo a la Conexión, Retardo a la Desconexión, Retardo a la Conexión/Desconexión y Retardo a la Conexión con Memoria entre otros muchos temporizadores, Así como los contadores de avance/retroceso. (Tejedor, 2015)

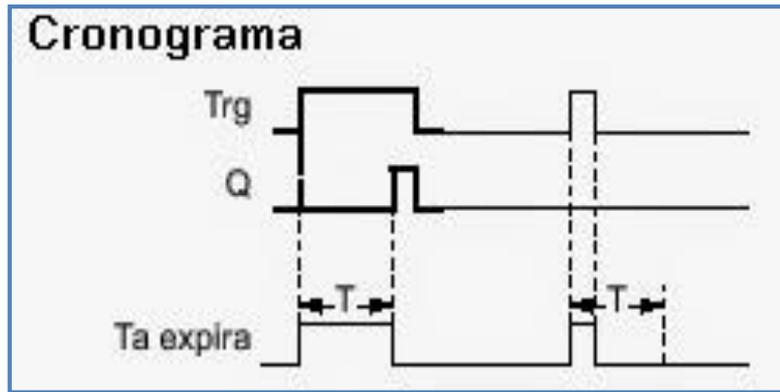
- **Temporizador con Retardo a la Conexión**

Esta función solo posee una entrada y una salida. Cuando la entrada Trg (Trigger o disparador) cambie su estado de 0 a 1, se inicia el tiempo programado en la función. Al acabar dicho tiempo, la salida cambia su estado de 0 a 1, manteniéndose así hasta que la entrada Trg cambie su estado de 1 a 0. Si esa entrada cambia de 1 a 0 antes de que termine el tiempo programado, el temporizador se resetea. En las siguientes figuras se muestra el aspecto de la función y su cronograma, respectivamente.



**Figura Nº 08:** Función temporizador con retardo a la conexión

Fuente: <http://microautomatalogo.blogspot.pe/search/label/Funciones%20B%C3%A1sicas%20y%20Especiales>

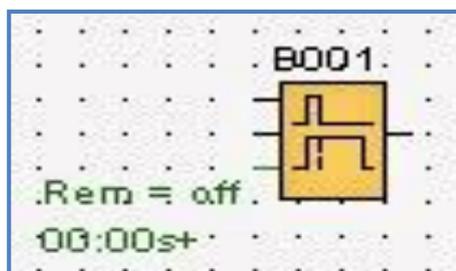


**Figura N° 09:** Cronograma función temporizador con retardo a la conexión

Fuente: <http://microautomatalogo.blogspot.pe/search/label/Funciones%20B%C3%A1sicas%20y%20Especiales>

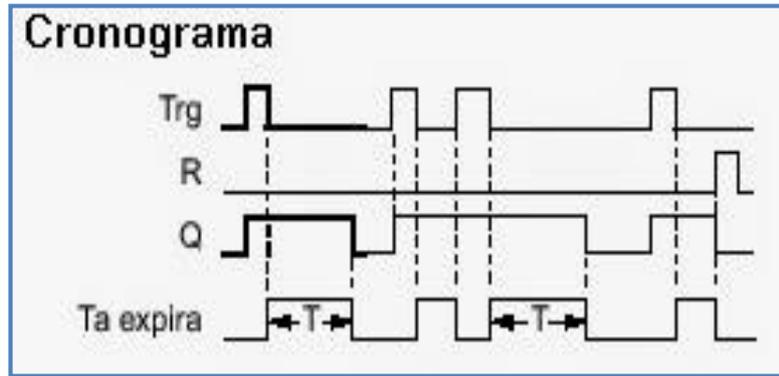
- **Temporizador con Retardo a la Desconexión**

La función tiene dos entradas (Trg y Reset) y una salida. Cuando la entrada Trg cambie su estado de 0 a 1, la salida se pone inmediatamente a 1. Si la entrada Trg cambia su estado de 1 a 0, se inicia el tiempo regresivo programado en la función. Cuando ese tiempo expire, la salida cambiará su estado de 1 a 0. Si el tiempo está contando, y la entrada Reset cambia su estado de 0 a 1, el tiempo se resetea y la salida cambia su estado de 1 a 0. En las siguientes figuras se muestra el aspecto de la función y su cronograma, respectivamente.



**Figura N° 10:** Función temporizador con retardo a la desconexión

Fuente: <http://microautomatalogo.blogspot.pe/search/label/Funciones%20B%C3%A1sicas%20y%20Especiales>

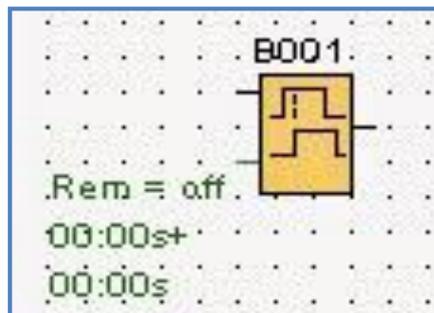


**Figura N° 11:** Cronograma función temporizador con retardo a la desconexión

Fuente: <http://microautomatalogo.blogspot.pe/search/label/Funciones%20B%C3%A1sicas%20y%20Especiales>

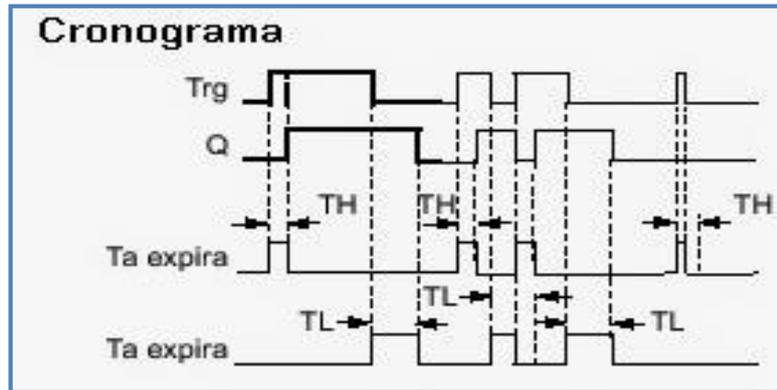
- **Temporizador con Retardo a la Conexión/Desconexión**

Esta función tiene una entrada (Trg) y una salida. Cuando la entrada cambie su estado de 0 a 1, se inicia el tiempo programado en la función. Al expirar dicho tiempo la salida se pone a 1. Si la entrada Trg cambia de nuevo su estado de 1 a 0, se inicia el tiempo regresivo programado y en cuanto éste termine, la salida cambia su estado de 1 a 0.



**Figura N° 12:** Función temporizador con retardo a la conexión / desconexión

Fuente: <http://microautomatalogo.blogspot.pe/search/label/Funciones%20B%C3%A1sicas%20y%20Especiales>



**Figura N° 13:** Cronograma función temporizador con retardo a la conexión / desconexión

Fuente: <http://microautomatalogo.blogspot.pe/search/label/Funciones%20B%C3%A1sicas%20y%20Especiales>

En la función Temporizador con Retardo a la Conexión - Desconexión, se pueden usar las dos funciones conjuntamente o por separado, con lo que en una misma función podremos disponer de tres. En las figuras anteriores se muestra el aspecto de la función y su cronograma, respectivamente.

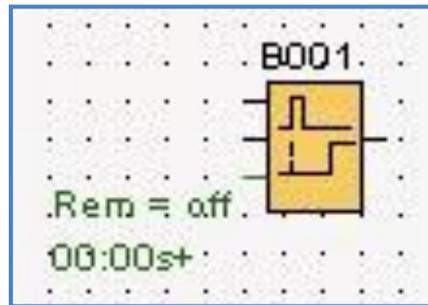
- **Temporizador con Retardo a la Conexión con memoria**

Al igual que el temporizador de Retardo a la Desconexión, este temporizador tiene dos entradas (Trg y Reset) y una salida. Si la entrada Trg cambia su estado de 0 a 1, se inicia el tiempo programado en la función. Cuando ese tiempo expire, la salida cambia su estado de 0 a 1.

Si el estado de la entrada Trg vuelve a cambiar de 1 a 0 mientras el tiempo está contando, éste continúa hasta que termine. Una vez acabado el tiempo la salida de la función se

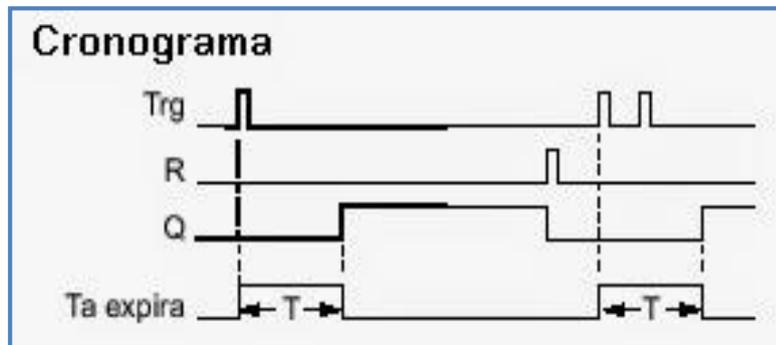
activa. Para poner la salida a 0 y resetear el tiempo, será necesario que la entrada Reset cambie su estado de 0 a 1.

En las siguientes figuras se muestra el aspecto de la función y su cronograma, respectivamente.



**Figura N° 14:** Función temporizador con retardo a la conexión con memoria

Fuente: <http://microautomatalogo.blogspot.pe/search/label/Funciones%20B%C3%A1sicas%20y%20Especiales>

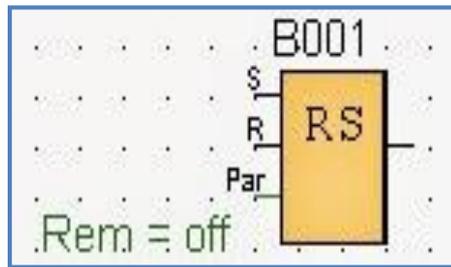


**Figura N° 15:** Cronograma función temporizador con retardo a la conexión con memoria

Fuente: <http://microautomatalogo.blogspot.pe/search/label/Funciones%20B%C3%A1sicas%20y%20Especiales>

Otra función importante es la de relé autoenclavador o elemento Biestable, en esta función la entrada R siempre tiene prioridad sobre la entrada S, de forma que, si en la entrada R se mantiene el estado 1, un cambio en la entrada

S no tendrá ningún efecto sobre la salida. En la siguiente figura se muestra el aspecto de la función.

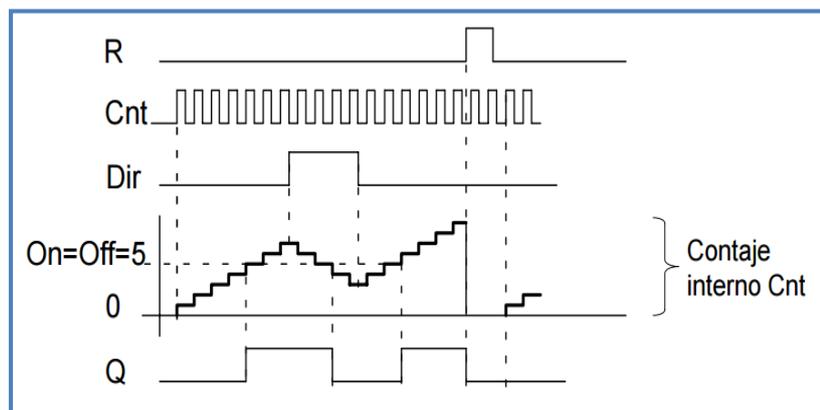


**Figura Nº 16:** Función relé autoenclavador

Fuente: <http://microautomatalogo.blogspot.pe/search/label/Funciones%20B%C3%A1sicas%20y%20Especiales>

- **Contador de avance/retroceso**

Según la parametrización, un impulso de entrada incrementa o decrementa un valor de contaje interno. Cuando se alcanzan los umbrales parametrizables, la salida se activa o desactiva. La dirección de contaje puede cambiarse a través de la entrada Dir.

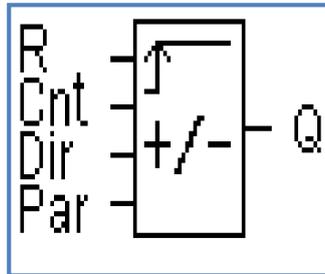


**Figura Nº 17:** Cronograma del controlador avance/retroceso

Fuente: [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att\\_82567/v1/Logo\\_s.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logo_s.pdf)

Por cada flanco positivo en la entrada Cnt, el contador interno incrementa (Dir = 0) un valor o decrementa un valor

(Dir = 1). Con la entrada de desactivación o reset R puede desactivar la salida y el valor de contaje interno a '000000'. Mientras R=1, también la salida está reseteada a 0 y los impulsos en la entrada Cnt no se cuentan.



**Figura N° 18:** Función contador avance/retroceso

Fuente: [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att\\_82567/v1/Logo\\_s.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logo_s.pdf)

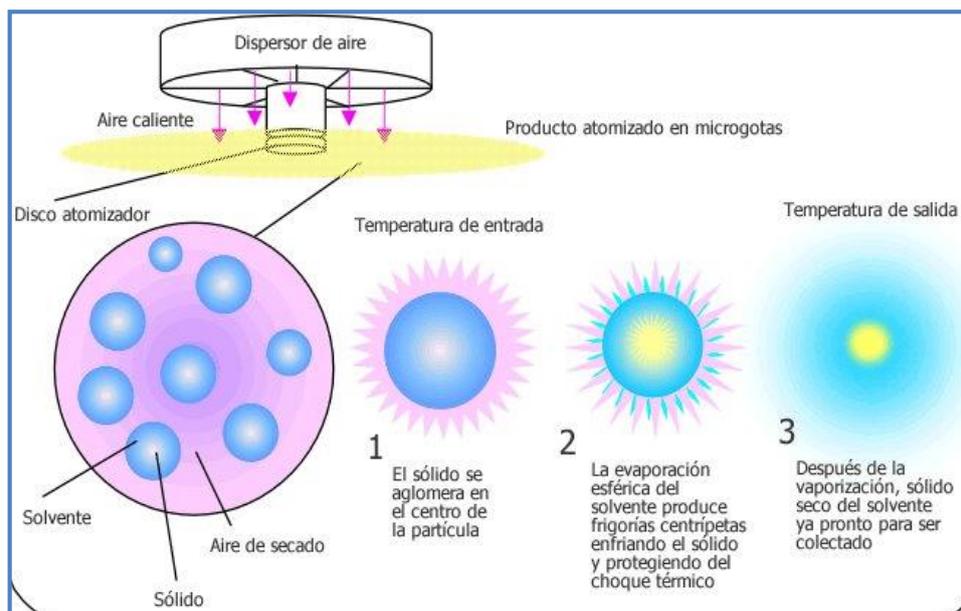
## 2.2.2 PRODUCCIÓN DE DETERGENTE EN POLVO

Los detergentes en polvo contienen materiales disponibles en forma sólida (fosfatos, carbonato, silicato, sulfato) y sustancias que o bien están en forma de pasta, o bien en forma de líquido viscoso (jabones, surfactantes no iónicos) o en solución (colorante, mejoradores ópticos, perfumes). El problema de fabricación de los detergentes en polvo es mezclar íntimamente todos los ingredientes hasta obtener un sólido que contenga sólo 10% de agua. Hoy en día existen varios métodos para llegar a tal tipo de producto. (Salager, 2010)

El método de secado por atomización es el método más utilizado ya que permite una perfecta homogeneización, consiste en mezclar todos los ingredientes en una suspensión pastosa (slurry) que contiene 30%

de agua y luego secar por atomización (spray drying) en una corriente de gases calientes.

El secado por atomización es la transformación de partículas en fase líquida a partículas secas por medio de la aspersion en un medio caliente, puede ser en solución, suspensión o pasta, y el producto final es polvo, granulo o aglomerado, el cual depende de las propiedades químicas y físicas, así como del diseño y operación de la torre. En este tipo de secado el producto, previamente concentrado, es atomizado en forma de pequeñas gotitas (10 a 200  $\mu\text{m}$  de diámetro), en una masa de aire caliente en movimiento (150 a 300  $^{\circ}\text{C}$ ), en el interior de una cámara de deshidratación de gran volumen. El flujo de producto a la entrada se controla de forma que la temperatura de aire a la salida sea de 90 a 100  $^{\circ}\text{C}$ . Esta temperatura corresponde a una temperatura de bulbo húmedo (y temperatura del producto) de 40 a 50  $^{\circ}\text{C}$ .



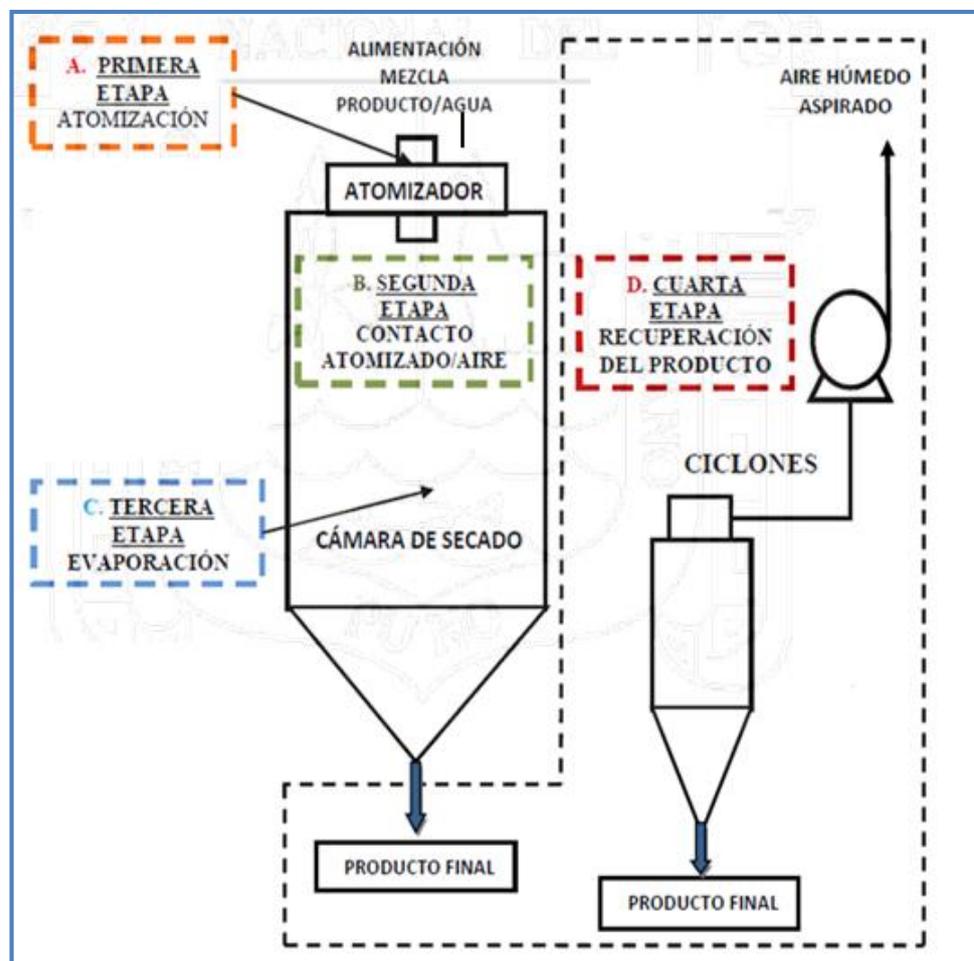
**Figura N° 19:** Vaporización de las gotas atomizadas, en contacto con el aire caliente dentro de la cámara de secado por atomización

Fuente: <http://secadospray.blogspot.pe/2006/03/spray-dryer-spray-dry-conceptos.html>

## A. Etapas del secado por Atomización

El secado por aspersión consiste en cuatro etapas:

- Atomización (de la mezcla producto/agua en el secador por aspersión).
- Contacto de aire-gota (mezcla del atomizado y del medio de secado).
- Evaporación.
- Recuperación del producto seco del aire.



**Figura Nº 20:** Etapas del secado por atomización

Fuente: <http://secadospray.blogspot.pe/2006/03/spray-dryer-spray-dry-conceptos.html>

## **B. Normas Aplicadas a la concentración de pH en detergentes en polvo**

- ISO 607, Agentes tensoactivos - Detergentes - Métodos de división de la muestra.
- ISO 894, Agentes tensoactivos - Alquilsulfatos primarios de sodio técnico - Métodos de análisis.
- ISO 4314, Agentes tensoactivos - Determinación de la alcalinidad libre o acidez libre - Método volumétrico.
- ISO 4315, Agentes tensoactivos - Determinación de la alcalinidad - Método volumétrico.

Estas normas indican que en el proceso de detergentes en polvo la concentración de pH será de 10 – 10.5, con un 0.5% de lodo de enzimas tales como alcalosa, savinosa, o esperosa. La estabilidad del material enzimático tiende a decrecer al aumentar el contenido de agua y el pH; por eso se usan en general en detergentes en polvo de pH relativamente bajo.

Es necesario mantener un control estricto de la composición del producto resultante, la temperatura y el pH.

Parámetros de la formación de detergente en polvo

- Temperatura de mezcla: 60° C.
- pH de la mezcla: 10 (básico).

### **C. Ventajas del proceso de secado por Atomización**

- La calidad y las propiedades del producto son controladas de forma eficiente.
- En este secado el material no está en contacto con las paredes del equipo hasta que está seco y, además, las paredes se encuentran aproximadamente a la temperatura del aire de salida, por lo tanto, se reducen los problemas de adherencia y corrosión en el equipo.
- El producto es obtenido como un polvo fluido finamente dividido y en forma fácilmente soluble en un disolvente apropiado.

Básicamente un sistema de atomización tiene cinco elementos utilizados para el proceso de secado, en el presente trabajo de suficiencia nos centraremos en las válvulas neumáticas.

#### **2.2.3 ELÉCTROVALVULAS**

Los circuitos neumáticos están constituidos por los actuadores que efectúan el trabajo y por aquellos elementos de señalización y de mando que gobiernan el paso del aire comprimido, y por lo tanto la maniobra de aquellos, denominándose de una manera genérica válvulas. (Sarce, 2011).

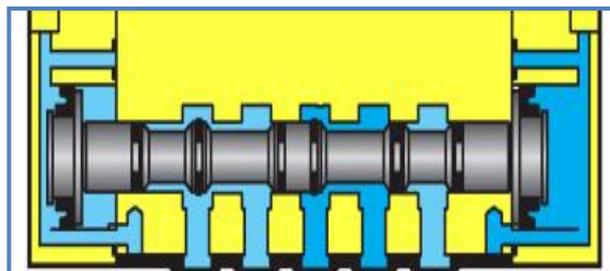
Estos elementos tienen como finalidad mandar o regular la puesta en marcha o el paro del sistema, el sentido del flujo, así como la presión o el caudal del fluido procedente del depósito regulador.

## A. Válvulas Distribuidoras

Estas válvulas son los componentes que determinan el camino que ha de seguir el aire en cada momento, gobernando a la postre el sentido de desplazamiento de los actuadores, trabajan en dos o más posiciones fijas determinadas. En principio, no pueden trabajar en posiciones intermedias.

El accionamiento puede ser manual, mecánico, neumático o eléctrico:

- El primero se hace mediante pulsador, palanca o pedal. El mecánico se efectúa por medio de una leva, muelle o rodillo; éste puede ser normal, es decir si sólo actúa cuando se desplaza el rodillo en un sentido mientras que en el otro se retrae.
- En el accionamiento neumático se utiliza aire comprimido del mismo circuito o de otro auxiliar para maniobrar la posición de la válvula. Generalmente se necesita una presión mínima del aire para poder accionar la válvula, dicha presión se especifica en los catálogos en función de la presión de trabajo del circuito.
- El accionamiento eléctrico se efectúa con la fuerza que se provoca al hacer pasar una corriente eléctrica alrededor de una bobina con un núcleo de hierro desplazable en su interior.



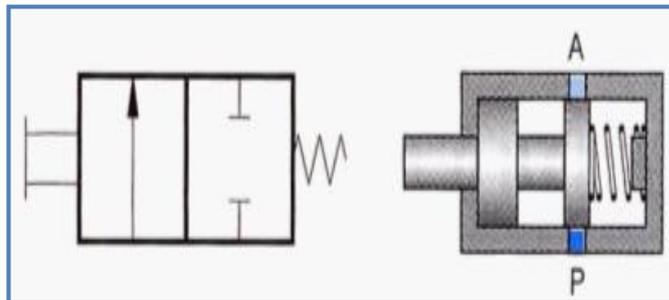
**Figura Nº 21:** Válvula distribuidora

Fuente: [http://www.festo-didactic.com/ov3/media/custom\\_er\\_s/1100/57\\_3031lbpeextractoes.pdf](http://www.festo-didactic.com/ov3/media/custom_er_s/1100/57_3031lbpeextractoes.pdf)

Las válvulas distribuidoras más usadas habitualmente, desde un punto de vista funcional, se exponen a continuación:

## B. Válvulas 2/2

Las válvulas de 2 vías y 2 posiciones suelen utilizarse como llaves de paso. Cuando están en la posición abierta, los orificios de entrada y de salida se comunican, de modo que el aire comprimido circula libremente en los dos sentidos. También pueden utilizarse como válvulas de paro, acopladas en las proximidades de las tomas de aire comprimido de cilindros neumáticos.

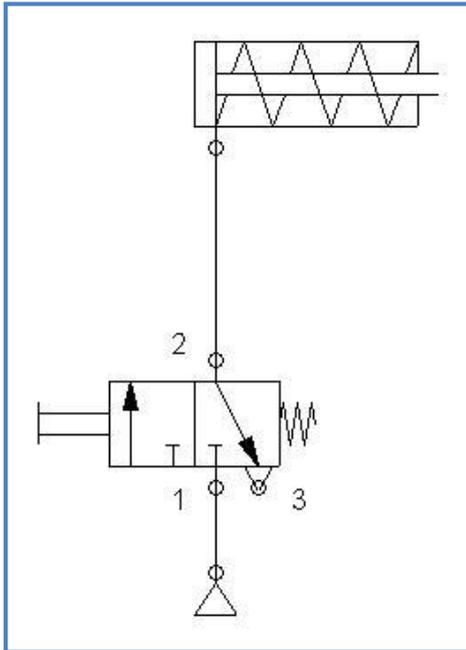


**Figura N° 22:** Válvula distribuidora 2/2

Fuente: <http://industrial-automatiza.blogspot.com/2010/09/válvulas-distribuidoras.html>

### a.2) Válvulas 3/2

Son válvulas utilizadas para el control del funcionamiento de cilindros de simple efecto y para realizar señales (pilotajes) neumáticos. Al tener tres vías, permiten dos direcciones del flujo de aire, lo que les ayuda a realizar la alimentación (posición abierta) y el escape (posición cerrada) de la cámara del émbolo en un cilindro de simple efecto.

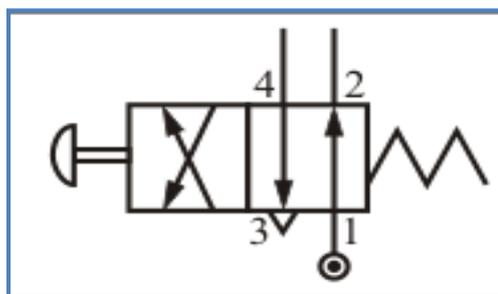


**Figura N° 23:** Válvula distribuidora 3/2

Fuente: <http://industrial-automatca.blogspot.com/2010/09/valvulas-distribuidoras.html>

### a.3) Válvulas 4/2

Las válvulas de 4 vías y 2 posiciones son utilizadas habitualmente para el control del funcionamiento de cilindros de doble efecto. Pues su construcción, permiten que el flujo de aire circule en dos direcciones por posición, lo que implica poder controlar dos cámaras de un cilindro de doble efecto.

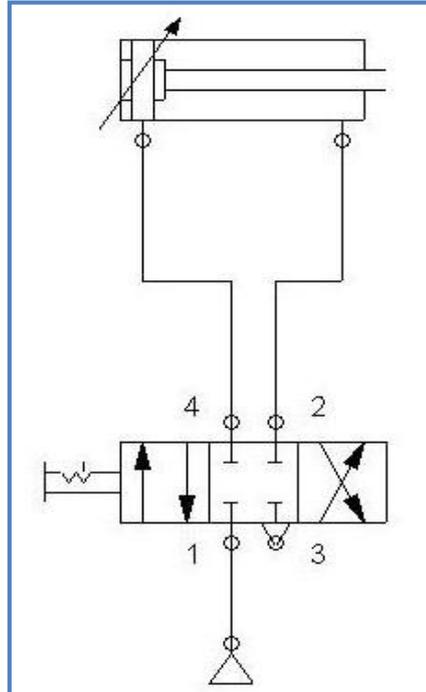


**Figura N° 24:** Válvula distribuidora 4/2

Fuente: <http://industrial-automatca.blogspot.com/2010/09/valvulas-distribuidoras.html>

#### a.4) Válvulas 4/3

Además de las funciones de la Válvula 4/2, tiene las funciones añadidas de la tercera posición.



**Figura Nº 25:** Válvula distribuidora 4/3

Fuente: <http://industrial-automatiza.blogspot.com/2010/09/valvulas-distribuidoras.html>

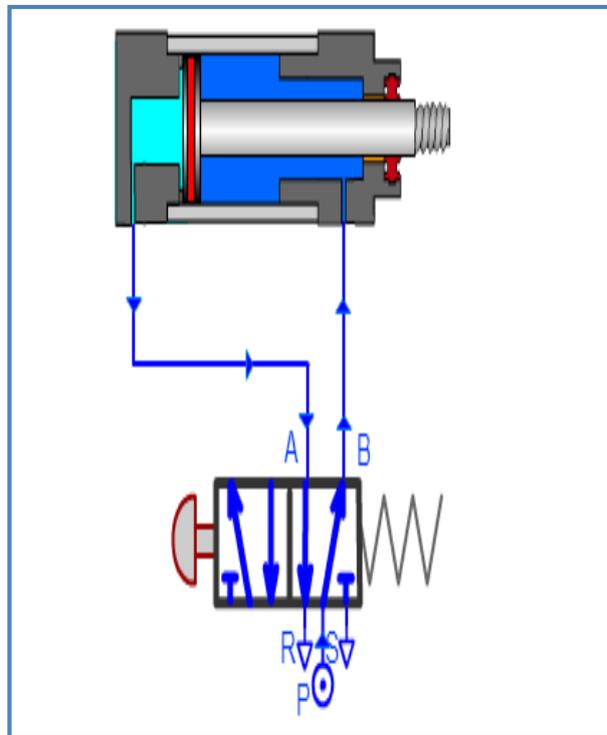
Habitualmente la forma constructiva de la tercera posición se elige para implementar la función de bloqueo del cilindro que está controlando, impidiendo tanto la alimentación como el escape de cualquiera de las cámaras de un cilindro de doble efecto, lo que supone dejarlo parado.

#### a.5) Válvulas 5/2

Con la válvula 5/2, en la posición de reposo pasará aire desde presión a una de las salidas (por ejemplo, A), y en el momento en que conmute el aire pasará hacia la otra (en este caso B). La

aplicación más usual de la válvula 5/2 es controlar el avance y retroceso de un cilindro de doble efecto, en una posición de la válvula el cilindro avanza y en la otra retrocede.

En una posición de trabajo la salida B tendrá aire mientras que la A estará conectada al escape R, en la posición contraria será A la salida que tenga aire mientras que B estará conectada al escape S.



**Figura Nº 26:** Válvula distribuidora 5/2

Fuente: [http://demo.imh.es/Electroneumatica/Ud03/modulos/m\\_en001/ud04/html/en0\\_ud04\\_125\\_con.htm](http://demo.imh.es/Electroneumatica/Ud03/modulos/m_en001/ud04/html/en0_ud04_125_con.htm)

### 2.3. MARCO CONCEPTUAL

- Acidez: La capacidad cuantitativa del agua de neutralizar una base, expresada en equivalente de carbonato de calcio en PPM o del mg/l.
- Aspersión: Rociadura con agua en gotas pequeñas
- Actuador: Son mecanismos capaces de generar una fuerza en respuesta a una señal de entrada proveniente del controlador, ésta puede ser eléctrica, mecánica, neumática o hidráulica.
- Base: Una sustancia alcalina que tiene un pH que exceda de 7.5.
- Concentración de pH: La concentración es la magnitud fisicoquímica que nos permite conocer la proporción entre el soluto y el disolvente en una disolución.
- Control de realimentación: Sistema de control en que se compara una variable medida con un valor deseado (punto de consigna) y la señal de error obtenida actúa de tal modo que reduce la magnitud de este error.
- Detergente: Agente de limpieza soluble en agua, tal como jabón.
- Escala de pH: La escala de pH se usa para clasificar soluciones en términos de su acidez o alcalinidad (qué tan básica es). Puesto que la escala está basada en valores de pH, es logarítmica, lo que significa que un cambio en una unidad de pH corresponde a un cambio diez veces mayor en la concentración de iones  $H^+$ .
- Lazo abierto de control: Es el camino que sigue la señal sin realimentación.
- Lazo cerrado de control: Camino que sigue la señal desde el controlador hacia la válvula, al proceso y realimentándose a través del transmisor hacia un punto de suma con el punto de consigna.
- Medición del pH: El pH de una disolución se puede medir también de manera aproximada empleando indicadores: ácidos o bases débiles que presentan

diferente color según el pH. Generalmente se emplea un papel indicador, que consiste en papel impregnado con una mezcla de indicadores cualitativos para la determinación del pH.

- pH: Concepto químico utilizado universalmente para medir el grado de alcalinidad o acidez de un producto. Cada color de la escala del papel de PH, corresponde a un número de 0 a 14.
- Sensor: Dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.
- Set Point: El Set Point o punto de referencia puede ser establecido manualmente, automáticamente o programado.
- Transmisor: Instrumento que capta la variable del proceso y la transmite a distancia a un instrumento receptor, indicador, controlador o combinación de estos.
- Válvula de Compuerta: Son las más utilizadas en tubería industrial, se usan únicamente como válvulas de cierre para cortar o abrir totalmente el flujo.
- Válvula de Diafragma: Efectúan el cierre por medio de un diafragma flexible que utiliza en lugar de la compuerta o tapón para regular o cortar el flujo, el cual está sujeto a un compresor.

## **CAPÍTULO III**

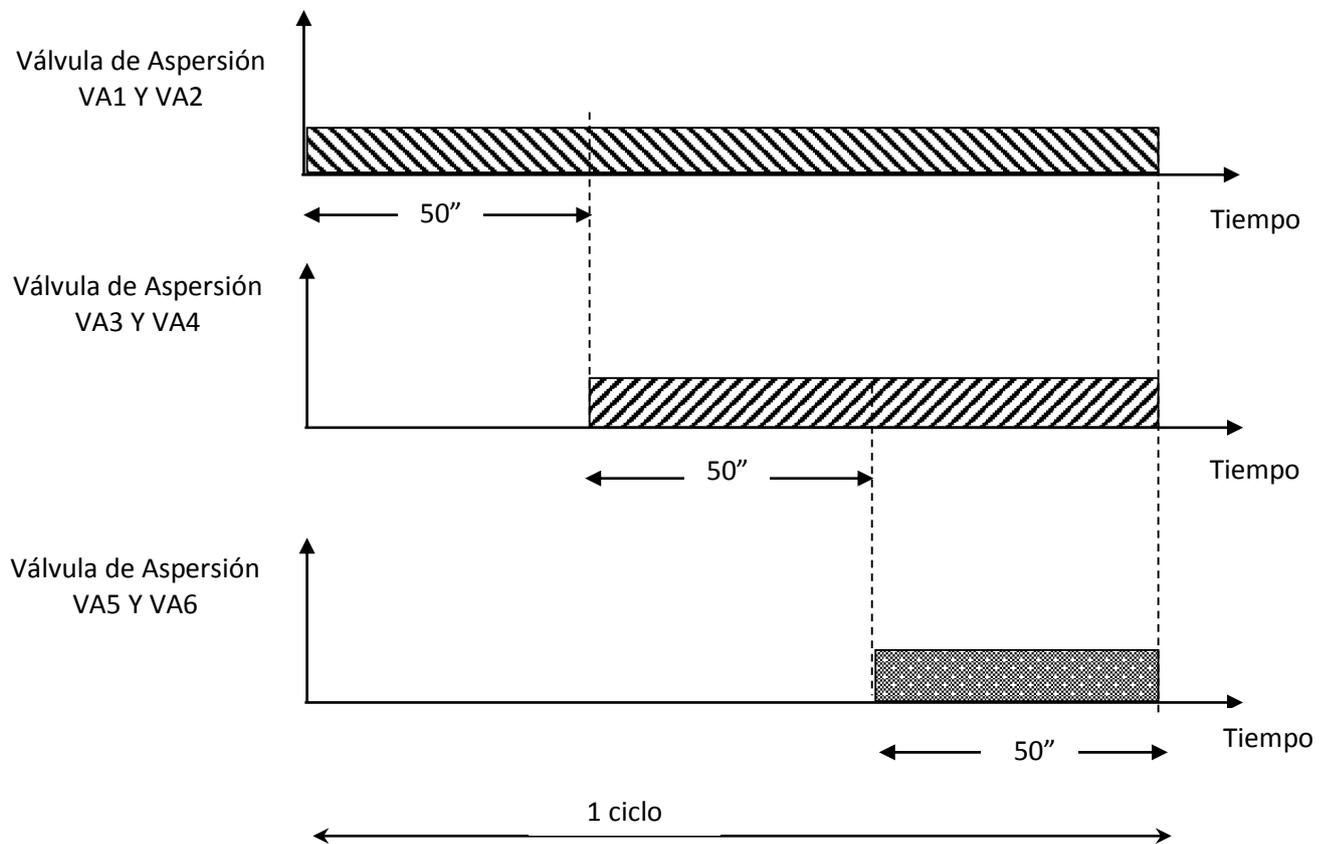
### **DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO AUTOMATIZADO**

El proceso productivo para la elaboración de detergente en polvo implica la utilización de tres subprocesos: Neutralización, Batido y Secado. Ahora, siendo consecuente con el objetivo planteado en este trabajo de suficiencia profesional, a continuación, detallo las secuencias de activación de los elementos que forman parte del subproceso de secado el cual se pretende automatizar:

- Inicialmente, al presionar el pulsador de marcha se accionará la electroválvula de bola de 3" y 220 VAC, el cual dejará pasar el detergente en pasta proveniente de la etapa de batido, cuya humedad relativa es de 28 a 32%; el mismo que ingresara al tanque de secado a una presión de 50 PSI.
- Es importante señalar que al mismo instante de accionarse la electroválvula de bola también se accionara la electrobomba de 220 VAC, con potencia de 3HP.

- Al ingresar el detergente en pasta al tanque de secado, se accionarán de forma secuencial las electroválvulas con boquillas de aspersion de 3 mm de diámetro, inyectando aire caliente para la evaporación del agua, cuya temperatura del aire comprimido es de 300°C. Y con la finalidad de alcanzar un secado óptimo, el cual se verá evidenciado en el PH del detergente en polvo (de 9 a 11), se pretende dosificar la aplicación del aire caliente en según el siguiente diagrama de tiempo para un ciclo:



El diagrama al cual hace referencia al proceso de secado y sus componentes, se muestra a continuación:

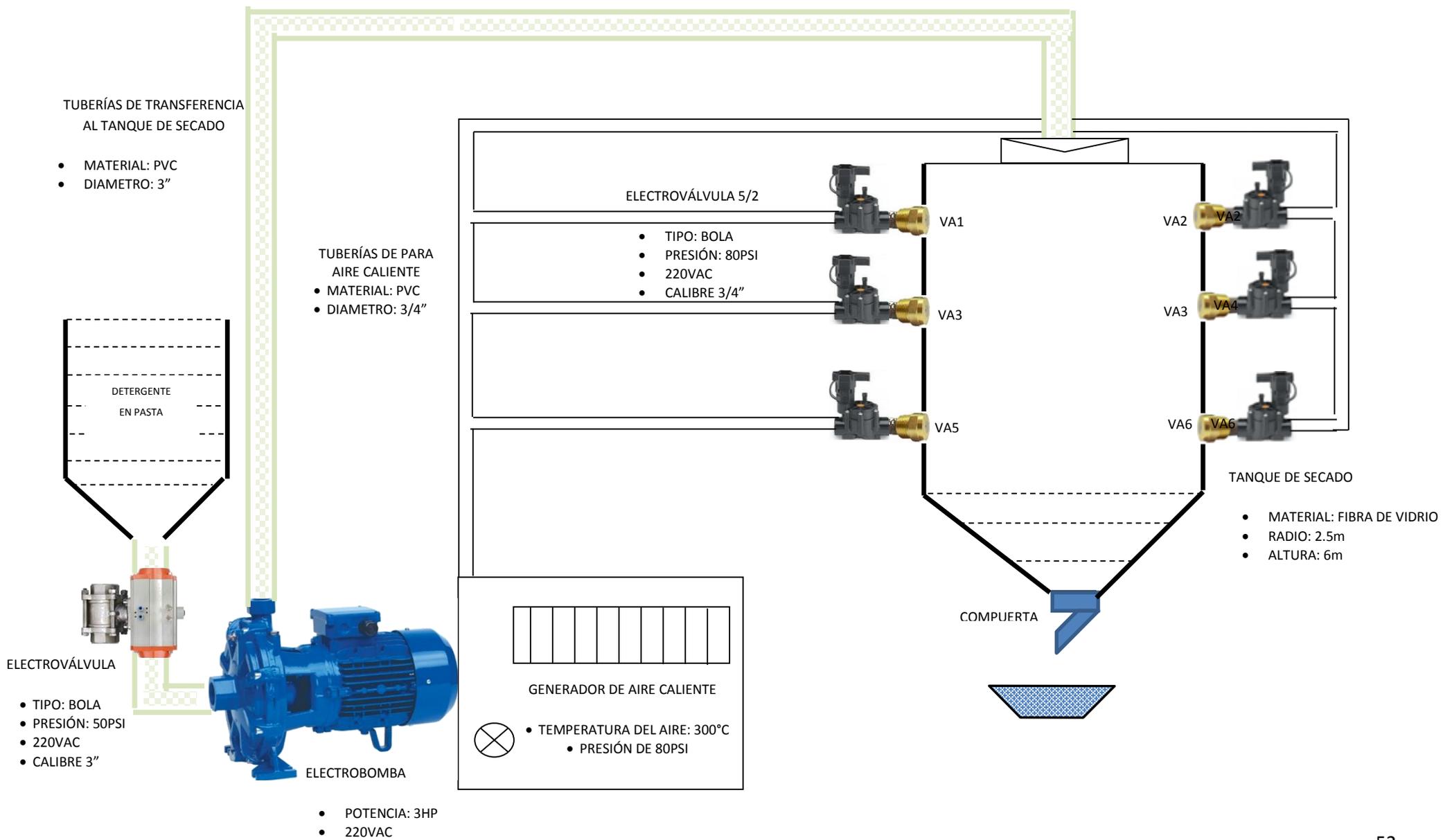


Figura N° 27: Esquema del proceso de secado por válvulas de aspersión

Cabe resaltar que luego del proceso de accionamiento de las válvulas de aspersion, se generará el detergente en polvo, el mismo que caerá por gravedad a la sección inferior del tanque, almacenándose hasta un tiempo de 20 minutos, esto implica que el proceso de accionamiento de las válvulas deberá realizarse en 8 ciclos. Al cumplirse los 20 minutos, de forma automatizada se accionará la compuerta por donde caerá el detergente en polvo hacia varias vagonetas que trasladaran el producto a la zona de envasado, cuya etapa pertenece a otro subproceso.

El proceso automatizado tendrá un pulsador de parada, que detenga el proceso en cualquier instante, en caso ocurra algún evento contrario a lo programado. Asimismo, presentara protección ante sobrecarga para el caso de la electrobomba.

### 3.2 DESARROLLO DEL AUTOMATISMO

Iniciaremos el desarrollo del automatismo del proceso de secado de detergente, identificando sus elementos de entrada y salida.

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

N°	ELEMENTO DE ENTRADA	DENOMINACIÓN
1	Relé térmico _ Electrobomba	RT – I1
2	Pulsador de Parada	PP – I3
3	Pulsador de Marcha	PM – I5
4	Interruptor para el Reset del Contador	RES – I7
5	Interruptor de la compuerta de vaciado	INT – I8

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

N°	ELEMENTO DE SALIDA	DENOMINACIÓN
1	Bobina para la apertura de la Válvula de transferencia del detergente en pasta.	Y1 – Q1
2	Bobina para el cierre de la Válvula de transferencia del detergente en pasta.	Y2 – Q2
3	Contactador_Electrobomba	KM1 – Q3
4	Contactador_ Generador de aire caliente	KM2 – Q4
5	Bobina para la apertura de la válvula de aspersión VA1 y VA2.	YA1 – Q5
6	Bobina para el cierre de la válvula de aspersión VA1 y VA2.	YA2 – Q6
7	Bobina para la apertura de la válvula de aspersión VA3 y VA4.	YA3 – Q7
8	Bobina para el cierre de la válvula de aspersión VA3 y VA4.	YA4 – Q8
9	Bobina para la apertura de la válvula de aspersión VA5 y VA6.	YA5 – Q9
10	Bobina para el cierre de la válvula de aspersión VA5 y VA6.	YA6 – Q10
11	Contactador para la compuerta	KM3 – Q11

Tomando como referencia los elementos de entrada y salida del proceso, a continuación, procederemos a realizar la conexión al controlador lógico programable LOGO 230RC, al mismo que se le agregara módulos de expansión de salidas discretas.

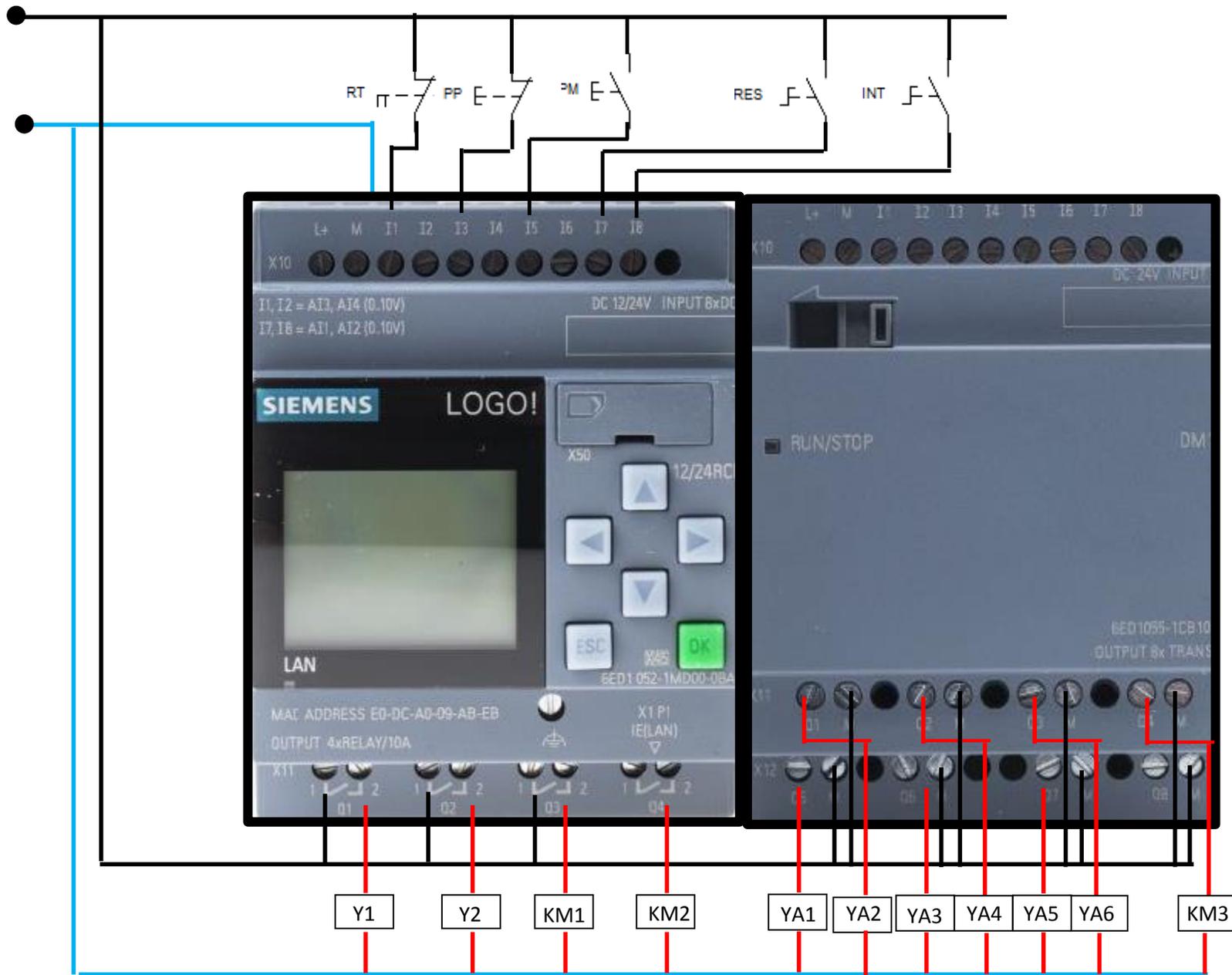
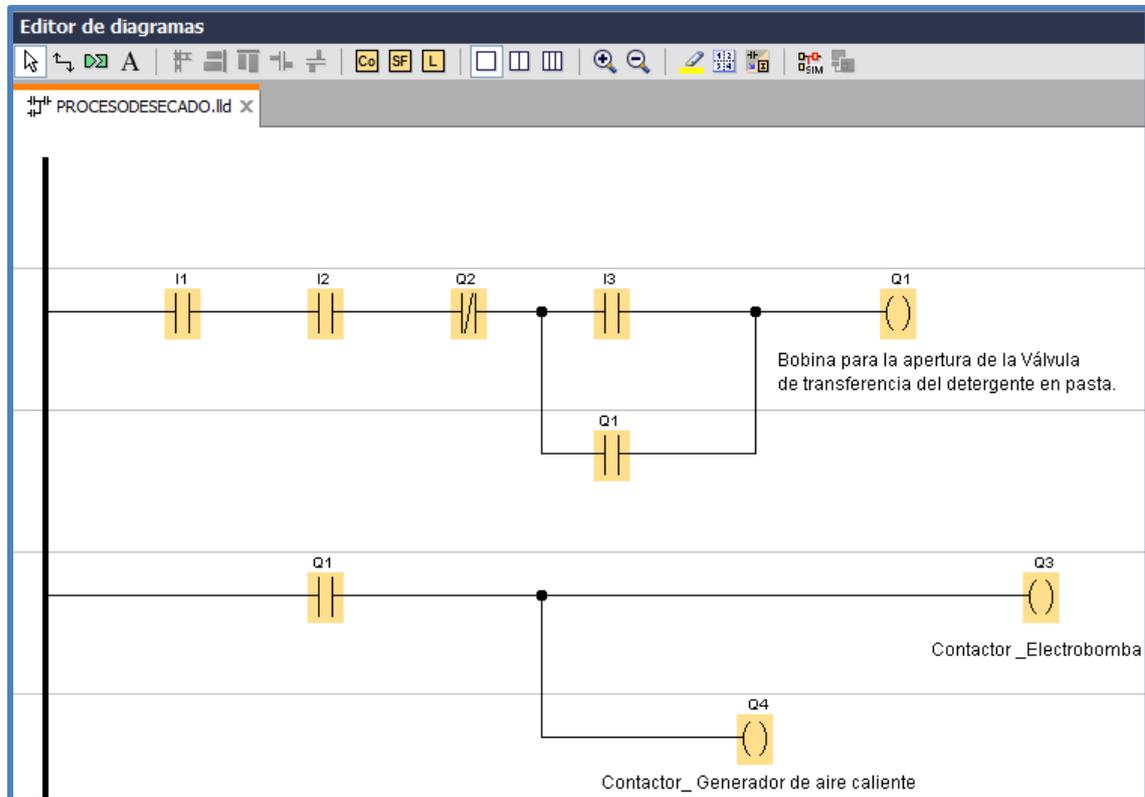


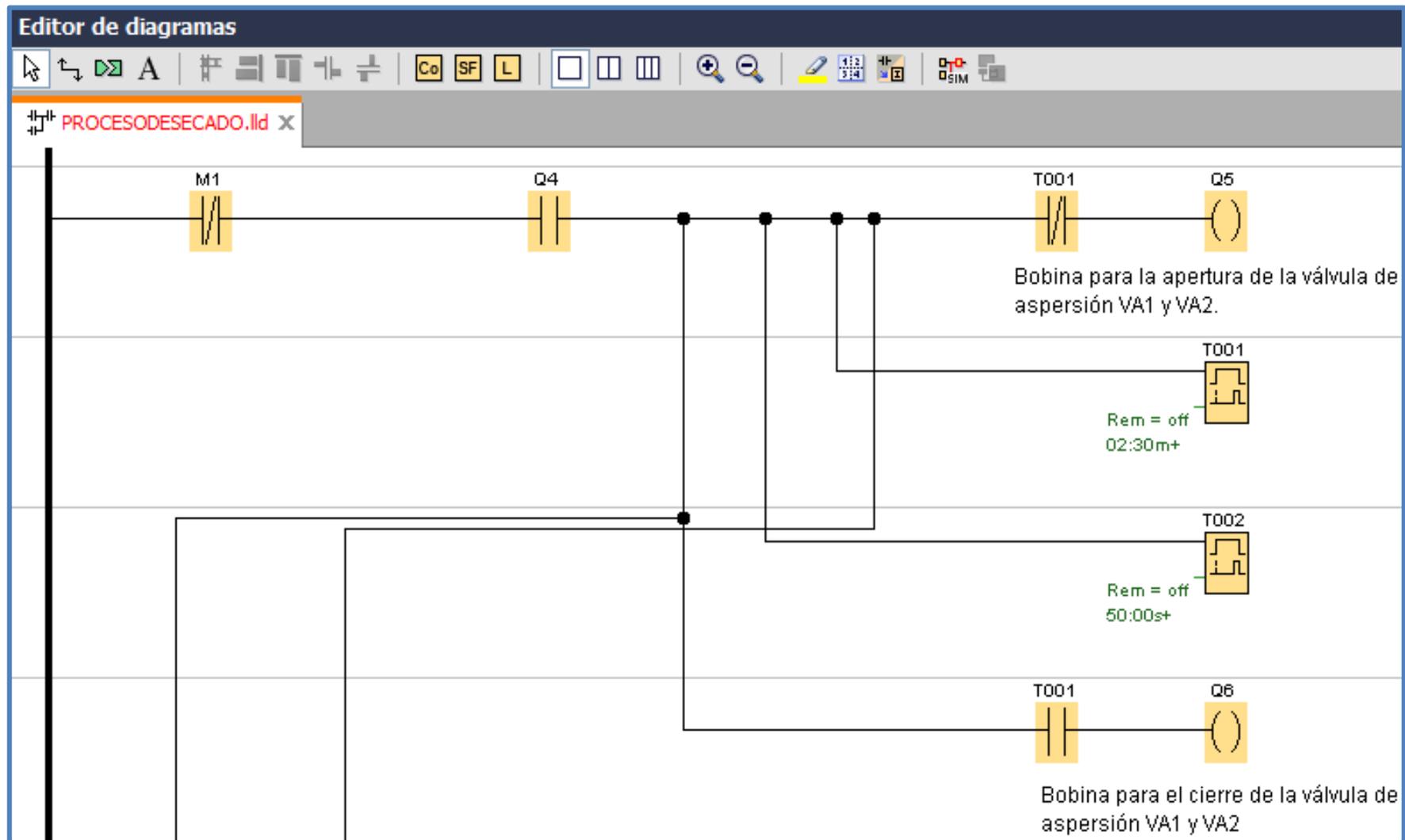
Figura N° 28 Conexión de entradas y salidas al controlador lógico programable:

Con la finalidad de establecer la relación de los elementos de entrada y salida del proceso, a continuación, procederé a realizar la programación del controlador Lógico Programable LOGO 230RC, mediante el software Logo Soft Confort:



**Figura N° 29:** Programación del PLC, para la activación de la válvula de transferencia de detergente en pasta– electrobomba y generador de aire caliente

En la figura anterior se observa el primer segmento de programación para el controlador lógico programable, en el cual los contactos normalmente abierto I1, I2 e I3, representan al relé térmico, el pulsador de parada y el pulsador de marcha respectivamente. Al accionar I3 se deberá activar las salidas Q1, Q3 y Q4 las cuales representan la Bobina para la apertura de la Válvula de transferencia del detergente en pasta, la electrobomba y el generador de aire caliente.



**Figura N° 30:** Programación del PLC, para la apertura y cierre de la bobina de la válvula de aspersión VA1 Y VA2

En la figura anterior se observa el segundo segmento de programación para el controlador lógico programable, en el cual el contacto normalmente abierto de la salida Q4 dejará pasar la señal al estar activado, estableciendo así la conexión de la salida Q5, que representa la apertura de las válvulas de aspersión VA1 y VA2.

Partiendo de que estas válvulas deberán estar abiertas durante un periodo de 150 segundos (2min más 30 segundos), es que procedió a utilizar un temporizador con retardo a la conexión T001.

El temporizador con retardo a la conexión T002, se configuró a 50 segundos, con la finalidad de que luego de ese intervalo de tiempo, puedan aperturarse las válvulas de aspersión VA3 y VA4.

El contacto normalmente abierto de T001, luego de transcurrido los 150 segundos dejará pasar señal para que puedan activarse las bobinas de cierre de las válvulas de aspersión VA1 y VA2, cumpliendo con lo requerido según lo requerido en la descripción del proceso a automatizar.

El contacto normalmente cerrado de la Marca M1, es el elemento que luego de cumplido un ciclo de ejecución del automatismo, permita accionar nuevamente otro ciclo. La cantidad de ciclos requerido para este automatismo es de 8, el cual es configurado en la función contador, el cual será descrito líneas abajo.

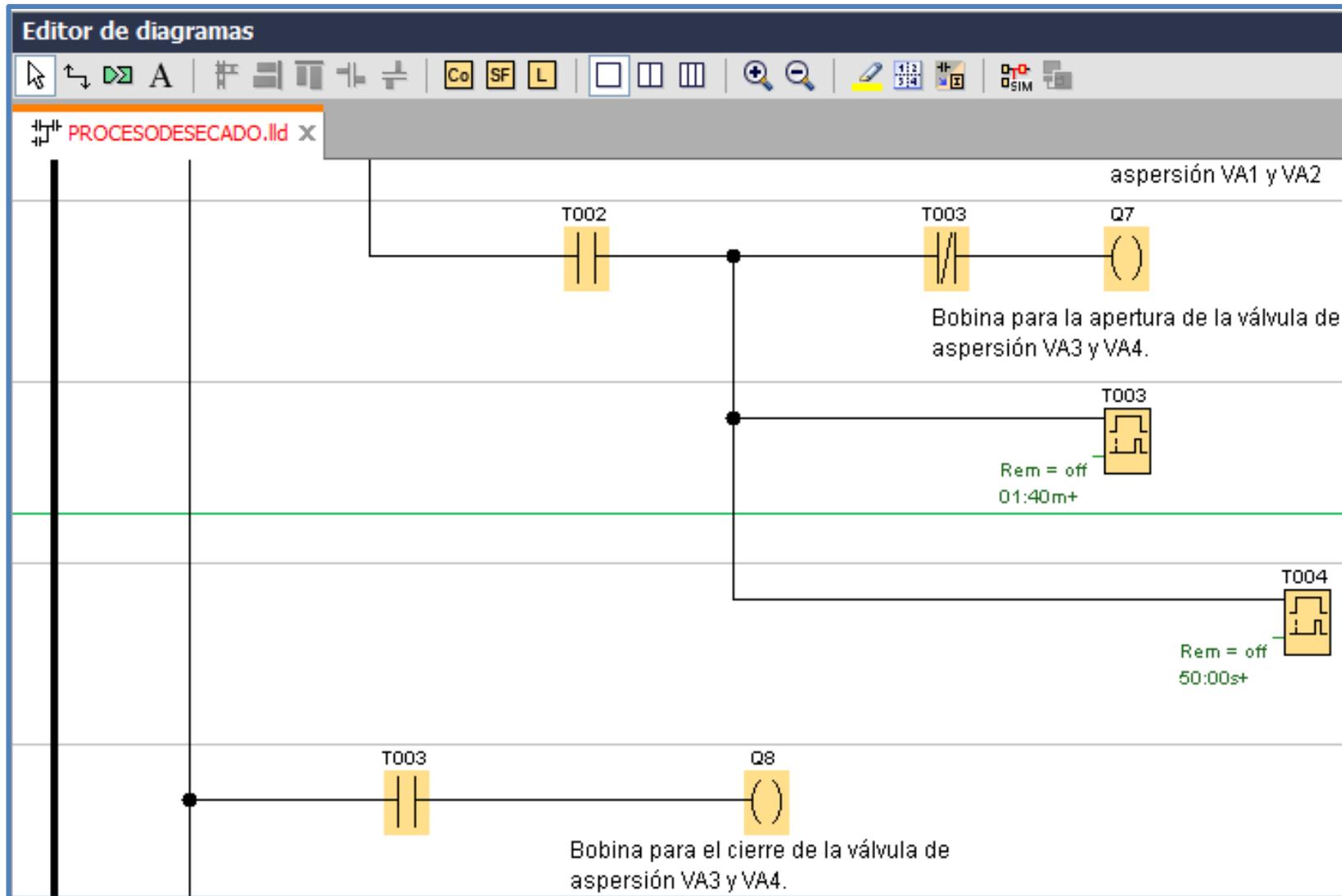


Figura N° 31: Programación del PLC, para la apertura y cierre de la bobina de la válvula de aspersión VA3 Y VA4

En la figura anterior se observa el tercer segmento de programación para el controlador lógico programable, en el cual el contacto normalmente abierto del temporizador con retardo a la conexión T002, será el elemento que activará las bobinas de apertura de las válvulas de aspersión VA3 y VA4.

Simultáneamente a la apertura de las válvulas antes mencionadas, se activará un tercer temporizador con retardo a la conexión T003, el cual será el encargado de hacer que estas válvulas estén abiertas solo durante 100 segundos (1 minuto más 40 segundos).

El cuarto temporizador con retardo a la conexión T004, se configuró a 50 segundos, y será el encargado de accionar la apertura de las válvulas de aspersión VA5 y VA6.

En la parte final de este segmento de programación, se observa un contacto normalmente abierto T003, el cual al cumplirse el tiempo configurado para la apertura de las válvulas de aspersión VA3 y VA4, dejará pasar la señal que activará la salida Q8, el cual representa la bobina de cierre de las válvulas de aspersión antes mencionadas.

En la siguiente figura se observa el cuarto segmento de programación para el controlador lógico programable, en el cual el contacto normalmente abierto del temporizador T004, será el elemento que deje pasar la señal para el accionamiento de las bobinas de las válvulas de aspersión VA5 y VA6 (Q9).

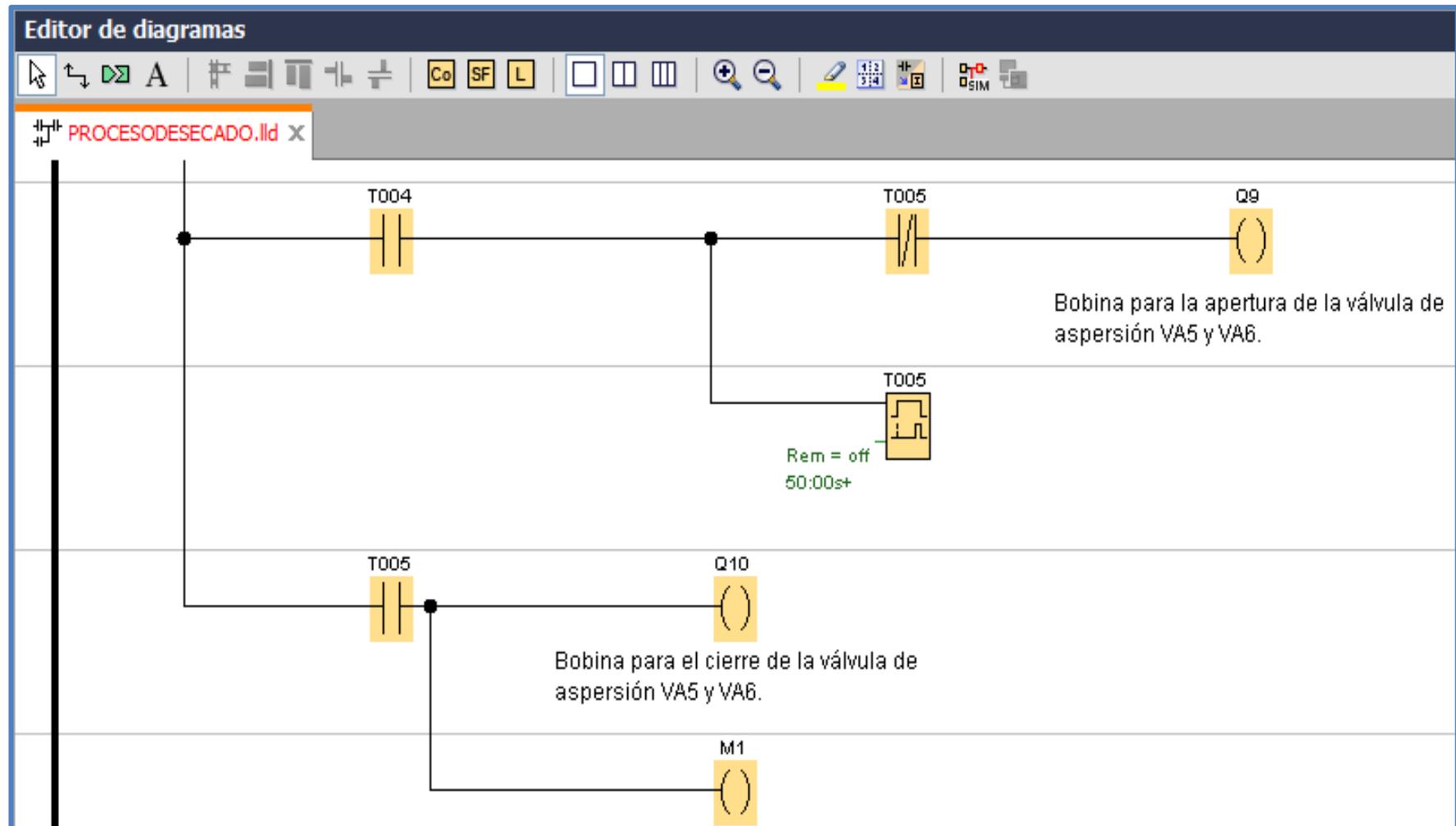


Figura N° 32: Programación del PLC, para la apertura y cierre de la bobina de la válvula de aspersión VA5 Y VA6

Al accionarse las bobinas para la apertura de las válvulas de aspersión VA5 y VA6, también se accionará un quinto temporizador con retardo a la conexión T005, el cual será configurado a 50 segundos.

Luego de transcurrido los 50 segundos se accionará la salida Q10, la cual representa las bobinas de cierre de las válvulas de aspersión VA5 y VA6.

Se hace uso de una bobina de marca M1, la cual representa una salida virtual, más no física, es decir no corresponderá algún tipo de conexión al controlador.

El propósito de esta bobina es utilizarla como elemento indicador que se cumplió un clico en el proceso de apertura y cierre de las válvulas de aspersión. Se programó al controlador lógico programable para que pueda realizar 8 ciclos repetitivos.

En la siguiente figura se realiza la programación del quinto y último segmento de programación, en el cual se hace uso de un contador ascendente C006, el cual utiliza el contacto normalmente abierto Q10, para el conteo de ciclo, cada vez que realiza un cambio de estado bajo a estado alto (activación y apagado).

El contacto normalmente abierto I7 es el elemento que hace que el contador realice un conteo ascendente y el contacto normalmente abierto Q2 será el elemento que dejara pasar señal solo cuando se halla llegado a cumplir los 8 ciclos.

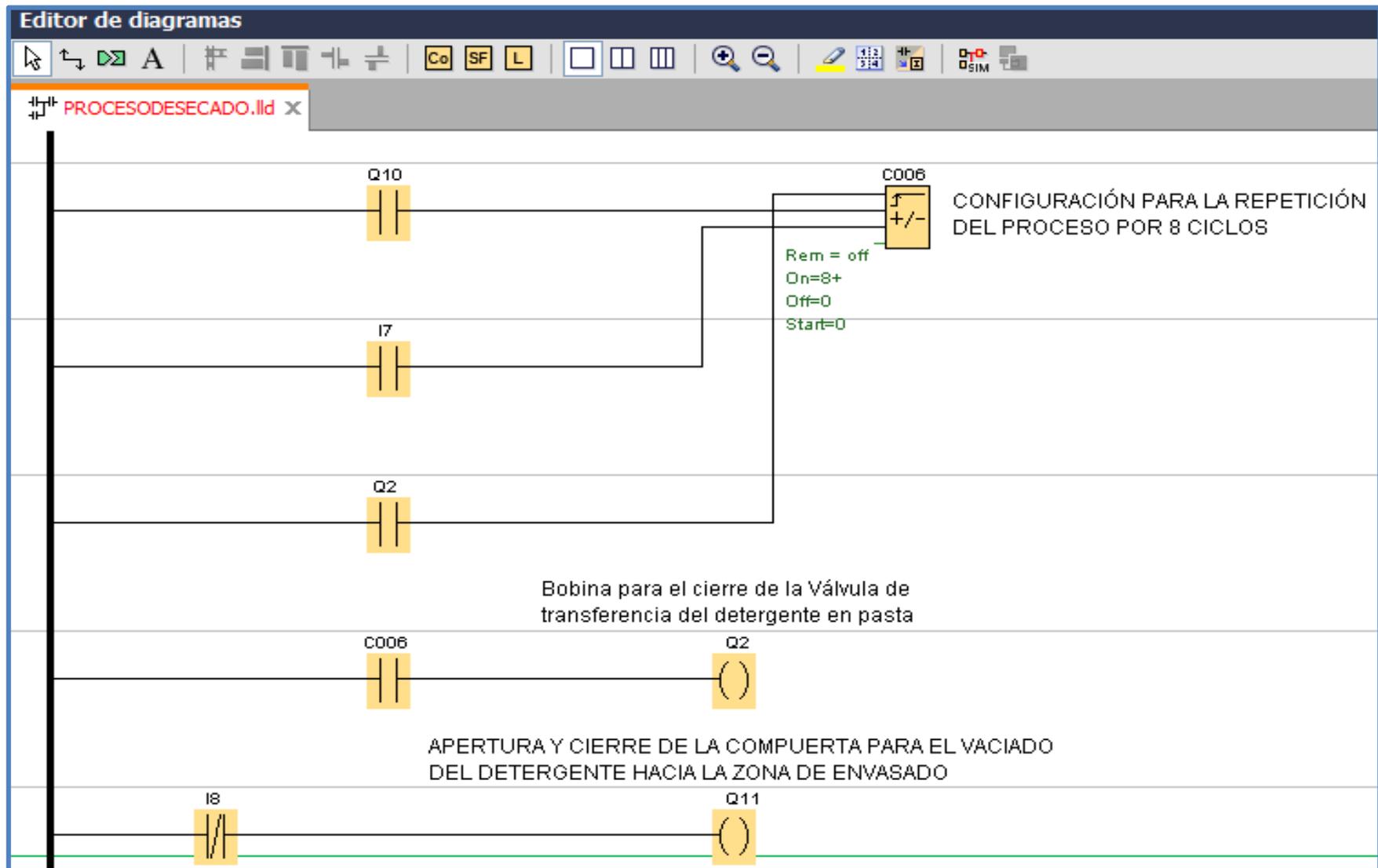


Figura N° 33: Programación del PLC, para el conteo de 8 ciclos, y apertura de la compuerta de vaciado del detergente en polvo

Una vez cumplido el conteo de los 8 ciclos, el contacto normalmente abierto del contador C006 dejará pasar la señal para que se active la bobina de cierre de la válvula de transferencia del detergente en pasta Q2; haciendo que también se apaguen la electrobomba y el generador de aire caliente.

Finalmente se hace uso de un contacto normalmente cerrado I8, para aperturar la compuerta y luego de un cierto tiempo cerrarla.

### **3.3 REVISIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS**

A continuación, procedo a mostrar los resultados de la ejecución del programa de automatización del controlador Lógico Programable LOGO 230 RC, en el cual, en resumen, se puede establecer que:

- Se logró en la simulación aperturar la válvula de transferencia del detergente en pasta, así como la activación de la electrobomba y del generador de aire caliente. Esto mediante la utilización de tres contactos normalmente abiertos conectados en serie, los cuales representan el relé térmico, el pulsador de parada y pulsador de marcha. (Ver figura N° 34)
- Se logró en la simulación aperturar y cerrar las válvulas de aspersion VA1 y VA2, cumpliendo con la secuencia de funcionamiento. Esto mediante la utilización de 2 temporizadores con retardo a la conexión (T001= 150" y T002 = 50"). (Ver figura N° 35)

- Se logró en la simulación aperturar y cerrar las válvulas de aspersión VA3 y VA4, cumpliendo con la secuencia de funcionamiento. Esto mediante la utilización de 2 temporizadores con retardo a la conexión (T003= 100" y T004 = 50"). (Ver figura N° 36)
- Se logró en la simulación aperturar y cerrar las válvulas de aspersión VA5 y VA6, cumpliendo con la secuencia de funcionamiento. Esto mediante la utilización de un temporizador con retardo a la conexión (T005= 50"). (Ver figura N° 37)
- Se logró en la simulación desarrollar 8 ciclos de activación de las válvulas de aspersión, tal como se estipula en la descripción del proceso. Esto logró mediante un contador ascendente C006; el cual se le configuro un nivel de activación "ON" igual a 8. Se debe tener en cuenta que el número de ciclos es posible reconfigurarlo; El programa se diseñó para que este parámetro pueda modificarse. (Ver figura N° 38)
- Finalmente se logró en la simulación controlar la apertura y cierre de la compuerta que permitirá la salida del detergente en polvo.

Se muestra las imágenes que hacen referencia a lo descrito en los puntos anteriores.

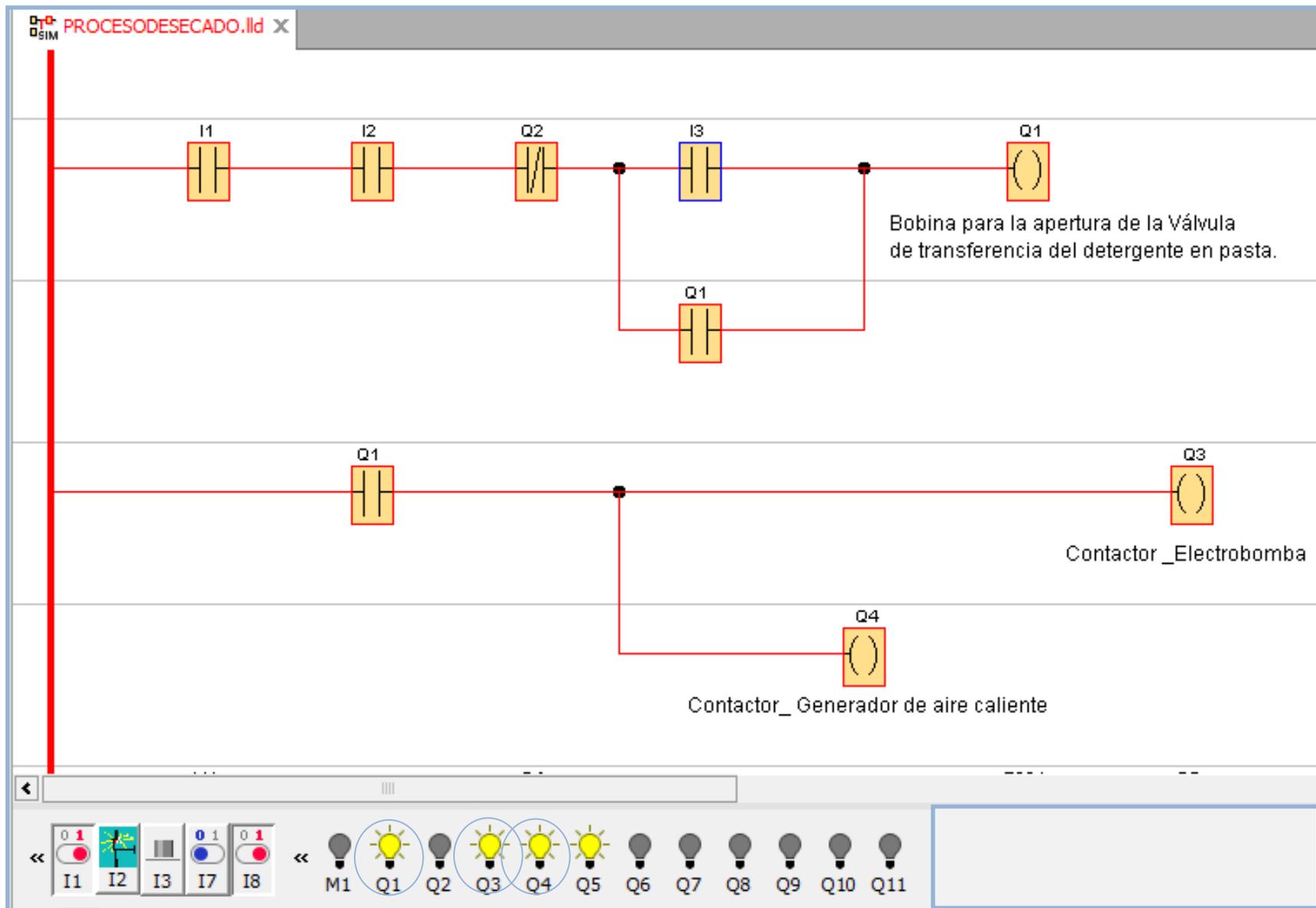


Figura N° 34: Simulación de la activación de la bobina para la apertura de la válvula de transferencia del detergente, electrobomba y generador de aire caliente

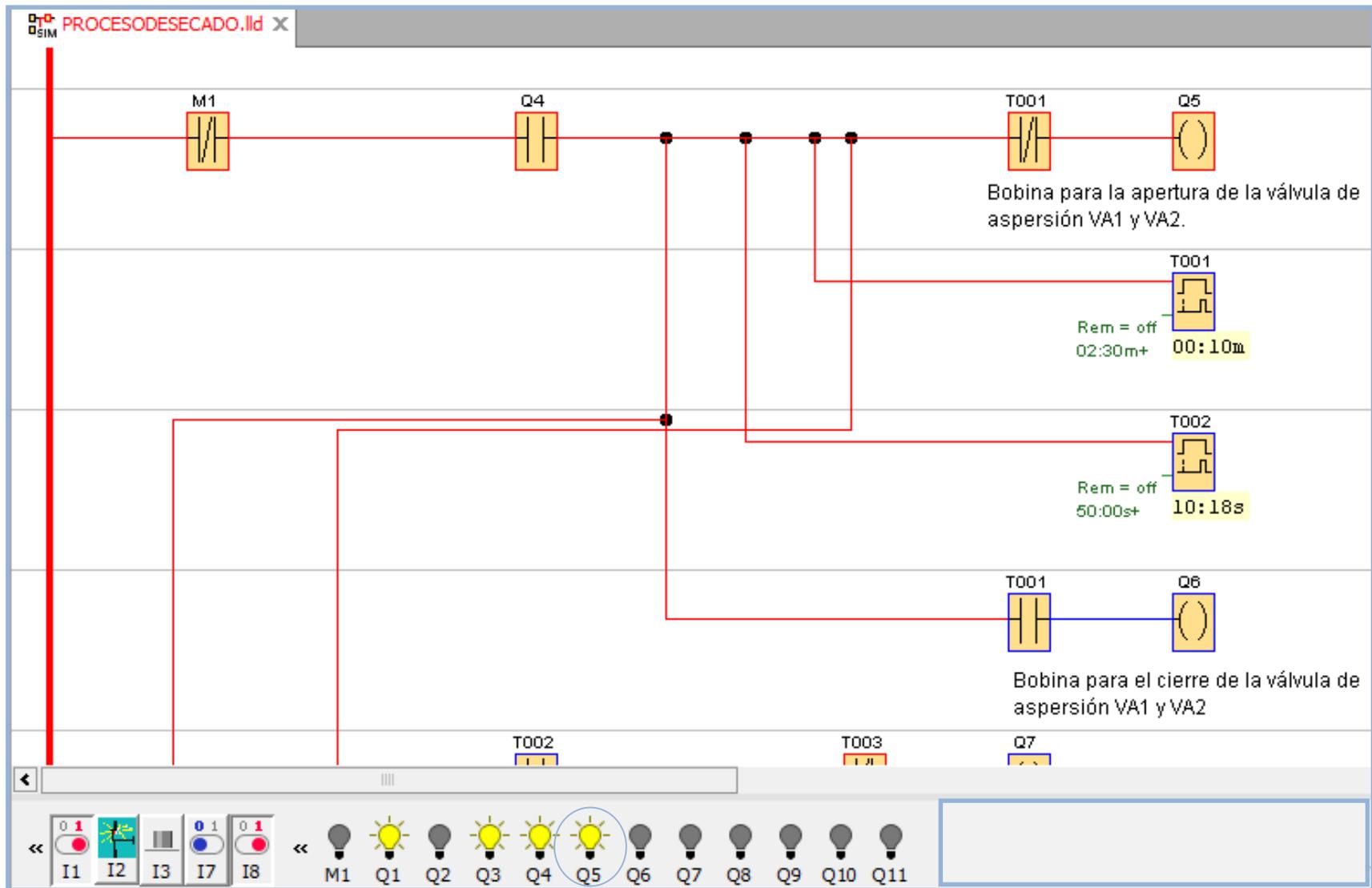


Figura N° 35: Simulación de la activación de la bobina para la apertura de la válvula de aspersión VA1 Y VA2

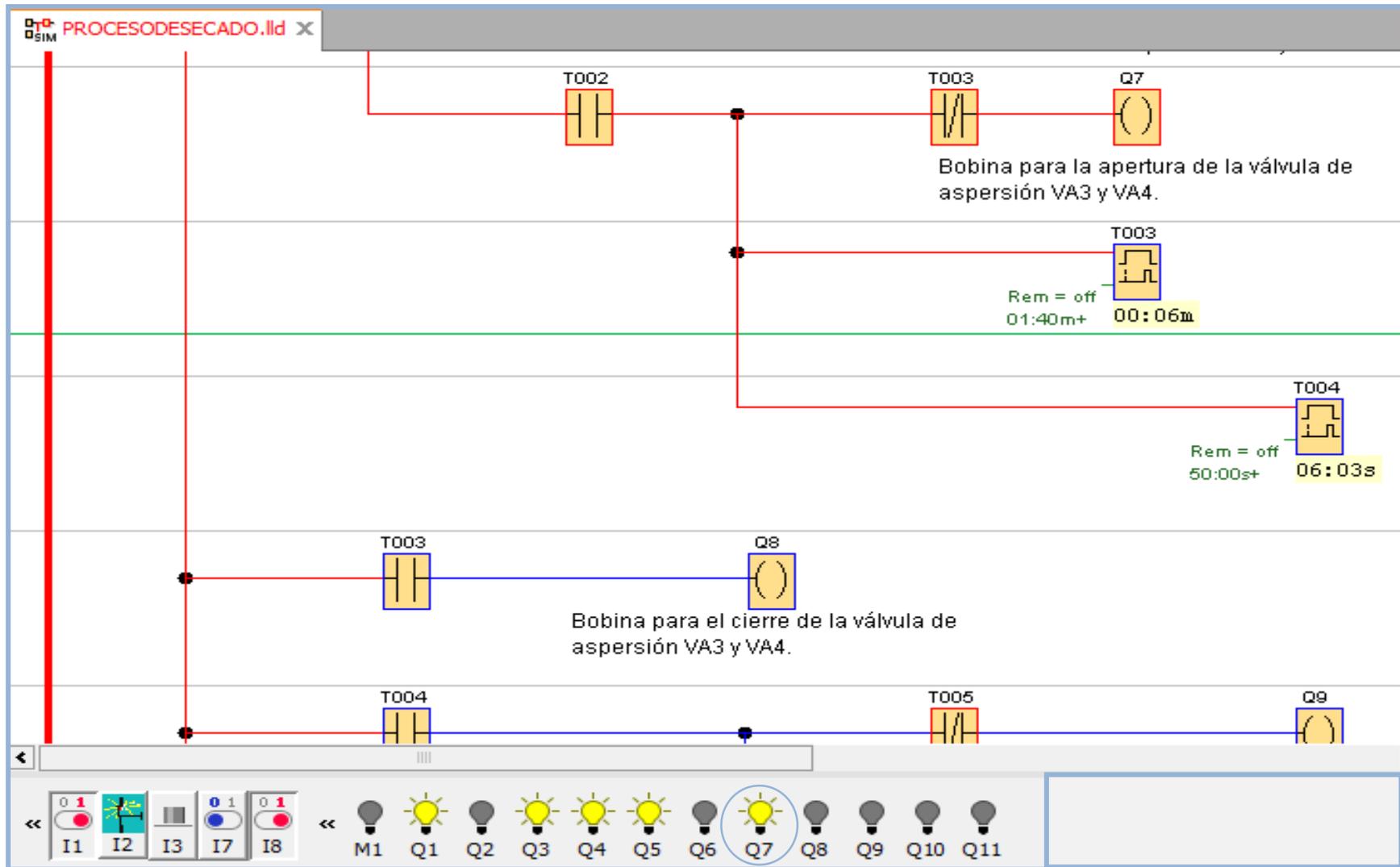


Figura N° 36: Simulación de la activación de la bobina para la apertura de la válvula de aspersión VA3 Y VA4

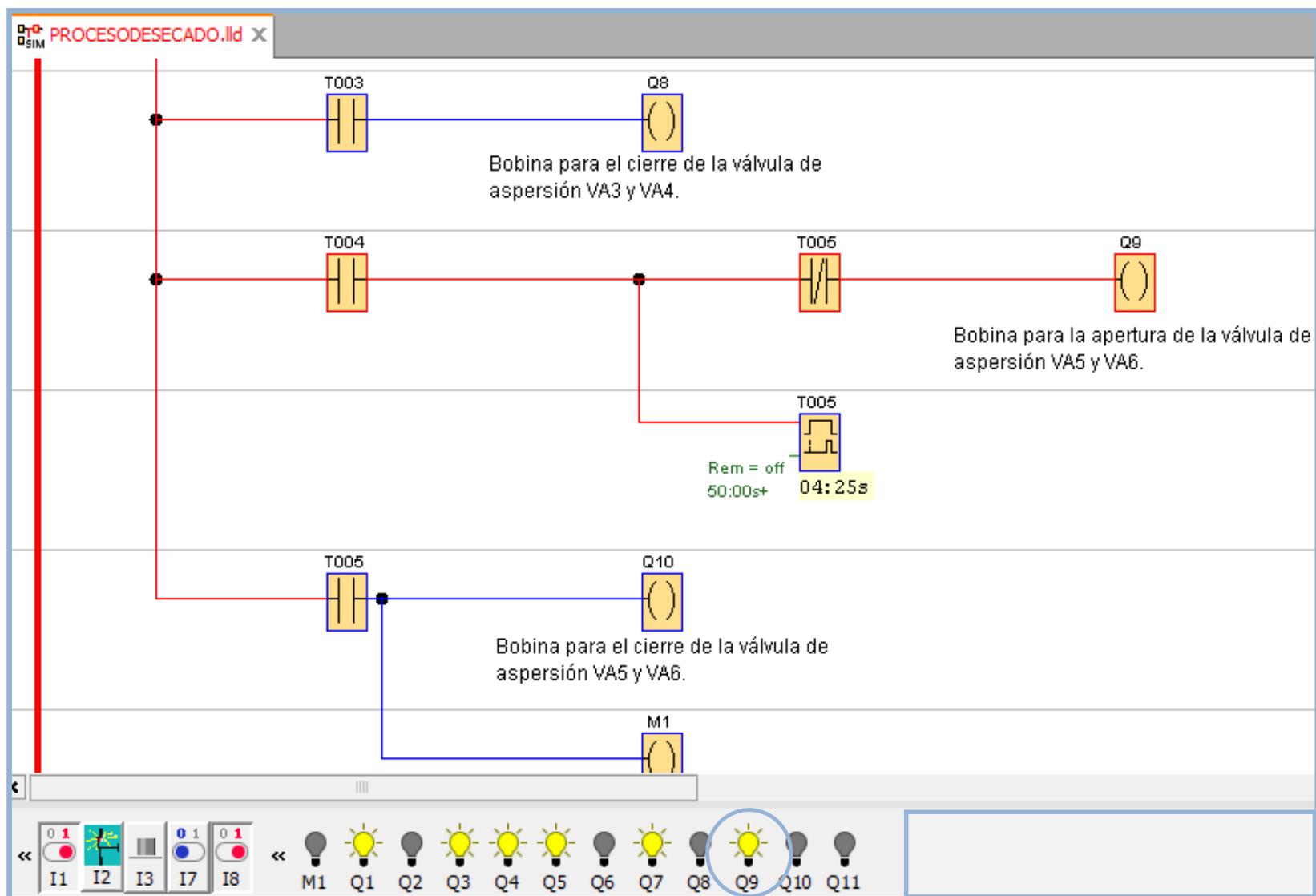


Figura N° 37: Simulación de la activación de la bobina para la apertura de la válvula de aspersión VA5 Y VA6

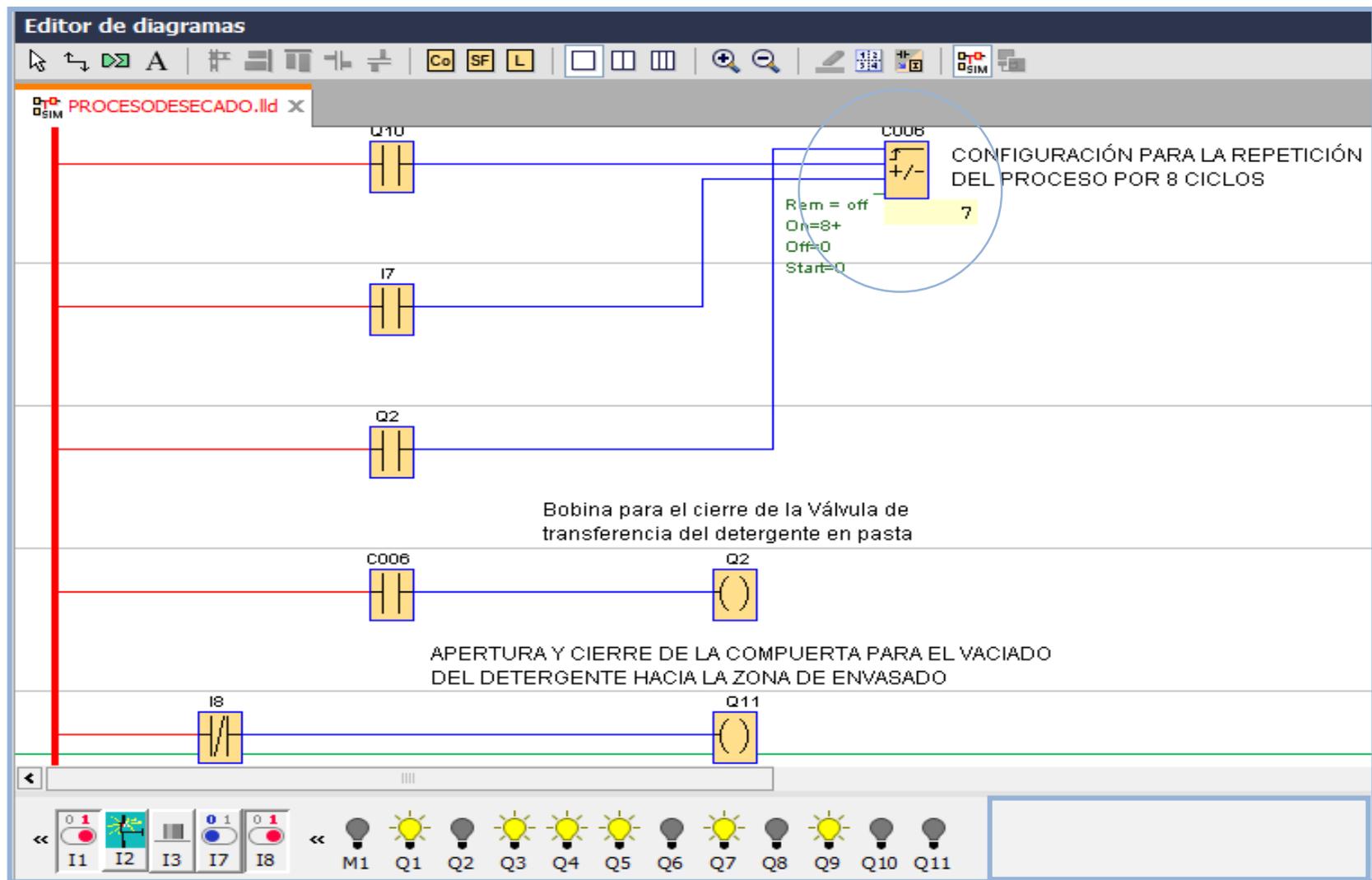


Figura N° 38: Simulación del proceso de conteo de ciclos

Si tenemos en cuenta los reportes iniciales de medición de PH en el proceso de elaboración de detergente en polvo sin automatizar el accionamiento secuencial de las válvulas, observaremos que el valor de PH se encuentra fuera del rango deseado.

	<b>CLEAN &amp; CLEAR SAC</b> CENTRO DE GESTIÓN DE CALIDAD		<b>CÓDIGO</b>	FORM.CS-002-13
			<b>REVISION</b>	00
<b>RESUMEN DE CALIDAD DEL PROCESO DE SECADO DE DETERGENTE</b>				
<b>Área de Producción:</b>	Insumos Alcalinos	<b>Reporte N°:</b>	2096	<b>Fecha:</b> 04/10/2017
<b>Procedimiento:</b>	Medición del PH	<b>Atención:</b>	Ing. Martha Villavicencio Ortiz	
<b>N° CILOS</b>	08	<b>N° MEDICIONES</b>	1/8	
<b>Modalidad del Proceso:</b>	Manual	<b>Hora:</b>	15:18	
<b>Observaciones:</b>	<b>BAJA CALIDAD DE CONCENTRACIÓN</b>			
<b>PROMEDIO TOTAL DE PH</b>				
<b>1er CICLO</b>				
ADBS – Flujo másico, kg/h			300	
NaOH(ac) – Flujo másico, kg/h			70	
% Componente Activo			0.3673	
<b>MEDICIÓN DEL PH</b>			<b>8</b>	
<b>2do CICLO</b>				
ADBS – Flujo másico, kg/h			305	
NaOH(ac) – Flujo másico, kg/h			70	
% Componente Activo			0.363	
<b>MEDICIÓN DEL PH</b>			<b>7</b>	
<b>3er CICLO</b>				
ADBS – Flujo másico, kg/h			310	
NaOH(ac) – Flujo másico, kg/h			70	
% Componente Activo			0.363	
<b>MEDICIÓN DEL PH</b>			<b>7</b>	

Figura N° 39: Valores de pH obtenidos antes del proceso de automatización - a



CLEAN & CLEAR SAC  
CENTRO DE GESTIÓN DE CALIDAD

CÓDIGO	FORM.CS-002-13
REVISION	00

4to CICLO	
ADBS – Flujo másico, kg/h	315
NaOH(ac) – Flujo másico, kg/h	70
% Componente Activo	0.363
<b>MEDICIÓN DEL PH</b>	<b>7</b>
5to CICLO	
ADBS – Flujo másico, kg/h	320
NaOH(ac) – Flujo másico, kg/h	70
% Componente Activo	0.3587
<b>MEDICIÓN DEL PH</b>	<b>8</b>
6to CICLO	
ADBS – Flujo másico, kg/h	325
NaOH(ac) – Flujo másico, kg/h	70
% Componente Activo	0.3566
<b>MEDICIÓN DEL PH</b>	<b>7</b>
7mo CICLO	
ADBS – Flujo másico, kg/h	330
NaOH(ac) – Flujo másico, kg/h	70
% Componente Activo	0.3545
<b>MEDICIÓN DEL PH</b>	<b>7</b>
8vo CICLO	
ADBS – Flujo másico, kg/h	335
NaOH(ac) – Flujo másico, kg/h	70
% Componente Activo	0.3566
<b>MEDICIÓN DEL PH</b>	<b>7</b>
<b>PROMEDIO TOTAL DE PH</b>	<b>7</b>

Figura N° 39: Valores de pH obtenidos antes del proceso de automatización - b

Como consecuencia de este automatismo en el proceso de secado, se logró mejorar los valores de PH del producto finalizado, tal como se evidencia en los análisis de calidad adjuntados en las siguientes figuras:



**RESUMEN DE CALIDAD DEL PROCESO DE SECADO DE DETERGENTE**

<b>Área de Producción:</b>	Insumos Alcalinos	<b>Reporte N°:</b>	2310	<b>Fecha:</b>	04/12/2017
<b>Procedimiento:</b>	Medición del PH	<b>Atención:</b>	Ing. Martha Villavicencio Ortiz		
<b>N° CILOS</b>	08	<b>N° MEDICIONES</b>	1/8		
<b>Modalidad del Proceso:</b>	Automatizado	<b>Hora:</b>	15:18		
<b>Observaciones:</b>	<b>ÓPTIMA CALIDAD DE CONCENTRACIÓN</b>				

PROMEDIO TOTAL DE PH	
1er CICLO	
ADBS – Flujo másico, kg/h	300
NaOH(ac) – Flujo másico, kg/h	90
% Componente Activo	0.3697
<b>MEDICIÓN DEL PH</b>	<b>10</b>
2do CICLO	
ADBS – Flujo másico, kg/h	305
NaOH(ac) – Flujo másico, kg/h	90
% Componente Activo	0.3775
<b>MEDICIÓN DEL PH</b>	<b>10</b>
3er CICLO	
ADBS – Flujo másico, kg/h	310
NaOH(ac) – Flujo másico, kg/h	90
% Componente Activo	0.3775
<b>MEDICIÓN DEL PH</b>	<b>10</b>

Figura N° 40: Valores de pH obtenidos después del proceso de automatización - a



4to CICLO	
ADBS – Flujo másico, kg/h	315
NaOH(ac) – Flujo másico, kg/h	90
% Componente Activo	0.3775
<b>MEDICIÓN DEL PH</b>	<b>10</b>
5to CICLO	
ADBS – Flujo másico, kg/h	320
NaOH(ac) – Flujo másico, kg/h	90
% Componente Activo	0.3814
<b>MEDICIÓN DEL PH</b>	<b>10</b>
6to CICLO	
ADBS – Flujo másico, kg/h	325
NaOH(ac) – Flujo másico, kg/h	90
% Componente Activo	0.3852
<b>MEDICIÓN DEL PH</b>	<b>10</b>
7mo CICLO	
ADBS – Flujo másico, kg/h	330
NaOH(ac) – Flujo másico, kg/h	90
% Componente Activo	0.389
<b>MEDICIÓN DEL PH</b>	<b>10</b>
8vo CICLO	
ADBS – Flujo másico, kg/h	335
NaOH(ac) – Flujo másico, kg/h	90
% Componente Activo	0.3927
<b>MEDICIÓN DEL PH</b>	<b>10</b>
<b>PROMEDIO TOTAL DE PH</b>	<b>10</b>

Figura N° 41: Valores de pH obtenidos después del proceso de automatización - b

Dichos resultados evidencian el logro del objetivo general planteado en el Capítulo 1 de este trabajo de suficiencia profesional.

## CONCLUSIONES

- Se concluye que se automatizó con el Controlador Lógico Programable Siemens LOGO 230RC el accionamiento secuencial de válvulas de aspersion del proceso de secado de detergentes, lo cual permitió la mejora de la concentración de PH obteniéndose un valor promedio total de 10, lo cual se encuentra dentro del rango establecido de calidad.
- Se concluye que se determinó la conexión de los sensores y actuadores al controlador lógico programable Siemens LOGO 230RC, siendo estos 5 elementos de entrada discretas y 11 elementos de salida discretas de 220V, los mismos que permitieron realizar el accionamiento secuencial de válvulas de aspersion del proceso de secado de detergentes.
- Finalmente se concluye que se realizó la programación del controlador lógico programable Siemens LOGO 230RC, utilizando la función temporizador con retardo a la conexión y el contador ascendente C006, con lo cual se realizó el accionamiento secuencial de válvulas de aspersion del proceso de secado de detergente.

## RECOMENDACIONES

- En relación con el automatismo del accionamiento secuencial de válvulas de aspersión del proceso de secado de detergentes, se recomienda implementar un plan de mantenimiento preventivo al controlador lógico programable Siemens LOGO 230RC, a los elementos de entrada y elementos de salida, a fin de garantizar un correcto funcionamiento de manera permanente.
- En relación con la conexión de los sensores y actuadores al controlador lógico programable Siemens LOGO 230RC, se recomienda, cotizar los costos de los componentes a utilizar, con los de otros fabricantes, con la finalidad de optimizar el gasto de inversión en la implementación del proyecto.
- Finalmente, en relación con la programación del controlador lógico programable Siemens LOGO 230RC, se recomienda capacitar en los fundamentos del automatismo al personal que estará a cargo de la administración del proceso, con la finalidad de realizar las operaciones de forma correcta.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] GUTIÉRREZ, J. (2006). Diseño de un Sistema Automatizado para la producción de desinfectantes de una planta de detergentes (Tesis de Pre-Grado). Universidad Simón Bolívar. Sartenejas, Venezuela.
  
- [2] CUCA, D. (2012). Propuesta para la automatización del proceso de fabricación de jabón en la Universidad de San Buenaventura Cali. (Tesis de Pre-Grado). Universidad de San Buenaventura Cali. Colombia.
  
- [3] GUERRERO, L. (2010). Automatización en la máquina de empacado de jabón de tocador. (Tesis de Pre-Grado). Instituto Politécnico Nacional. Distrito Federal de México, México.
  
- [4] PEREZ, A. (2010). El control automático en la industria. Cuenca, España: Ediciones de la Universidad de Castilla – La Mancha.
  
- [5] MEDINA, J. (2010). La automatización en la industria química. Barcelona, España: UPC.
  
- [6] ARMESTO, J. (2009). Autómatas Programables y sistemas de automatización. Barcelona, España: MARCOMBO
  
- [7] INCA, S. (2013). Automatización y control del sistema NFT para Cultivos Hidropónicos. (Tesis de Pre-Grado). Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú.

- [8] MENDOZA, W. (2011). Control de temperatura y monitoreo de pH del agua en el proceso de incubación de tilapias usando PLC. (Tesis de Pre-Grado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- [9] JEAZURRU, (s.n). (2014). [[http://jeuazarru.com/wp-content/uploads/2014/10/P\\_LC3.pdf](http://jeuazarru.com/wp-content/uploads/2014/10/P_LC3.pdf)]
- [10] SEGURA, B. (2015). [<https://es.scribd.com/document/292161129/Aplicacion-Del-Plc-en-Domotica-sistema-Termico>]
- [11] GRUPO MASER. (2010). [[http://www.grupo-maser.com/PAG\\_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/ESTRUCTURAS/ESTRUCTURA%20INTERNA/SECCION%20DE%20ES/seccion\\_de\\_es.htm](http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/ESTRUCTURAS/ESTRUCTURA%20INTERNA/SECCION%20DE%20ES/seccion_de_es.htm)]
- [12] MILLOR, N. (2011). [[http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion\\_de\\_referencia\\_ISE6\\_1\\_1.pdf](http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf)]
- [13] TEJEDOR, A. (2015). [<http://microautomatalogo.blogspot.pe/2015/05/2-partes-las-funciones-digitales-basicas.html>]
- [14] SALAGER, J. (2010). [[http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S332A\\_Detectorgentes.pdf](http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S332A_Detectorgentes.pdf)]
- [15] SARCE, R. (2011). [[https://renatosarce.files.wordpress.com/2011/11/c\\_ap4-valvulas-neumaticas.pdf](https://renatosarce.files.wordpress.com/2011/11/c_ap4-valvulas-neumaticas.pdf)]

## BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA

1. TESIS: DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA PRODUCCION DE DESINFECTANTES DE UNA PLANTA DE DETRGENTES  
<http://159.90.80.55/tesis/000134839.pdf>  
José Manuel Gutiérrez Machado
2. CONTROL AUTOMATICO  
<https://www.slideshare.net/RobertoDanielRochaCa/automatismos-industriales-73801574>  
Roberto Daniel Rocha Cadena
3. CONTROLADORES INDUSTRIALES INTELIGENTES  
[http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion\\_de\\_referencia\\_ISE611.pdf](http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE611.pdf)  
Universidad Nacional de Educación a Distancia – Madrid, España.
4. PROGRAMACIÓN EN LOGO  
<http://microautomatalogo.blogspot.pe/>  
Ángel Tejedor
5. VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS  
<http://industrial-automatica.blogspot.com/2010/09/valvulas-distribuidoras.html>
6. ELÉCTRONEUMÁTICA  
[http://demo.imh.es/Electroneumatica/Ud03/modulos/m\\_en001/ud04/html/en0ud04\\_125\\_con.htm](http://demo.imh.es/Electroneumatica/Ud03/modulos/m_en001/ud04/html/en0ud04_125_con.htm)
7. MANUAL LOGO  
[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att\\_82567/v1/Logos.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logos.pdf)

8. ESQUEMA GENERAL DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO  
<https://www.slideshare.net/RobertoDanielRochaCa/automatismos-industriales-73801574>
  
9. AGENTES TENSOACTIVOS. DETERGENTE EN POLVO PARA USO DOMÉSTICO  
<http://www.normalizacion.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/2015/AC/O/JULIO/n-te-inen-849-1.pdf>
  
10. pH EN DETERGENTES  
<https://quimicageneralylaboratorio.wordpress.com/2015/11/27/ph-en-detergentes/>