

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**



**“AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE LLENADO DE BIDONES
PLÁSTICOS PARA EL CONTROL DE VÁLVULAS Y DE FAJA
TRANSPORTADORA, PARA LA MEJORA DE PRECISIÓN DE LA
CANTIDAD DE BEBIDA GASIFICADA UTILIZADA EN LA
EMBOTELLADORA ORIENTAL S.A.C.”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

AGUILAR RIOS, ADEMIR REYNALDO

Villa El Salvador

2017

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mi familia, a mi asesor de especialidad y a mis profesores de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, por sus sabios consejos y aliento incondicional para obtener mi título profesional.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	12
1.2. Justificación del Problema	13
1.3. Delimitación del Problema	14
1.4. Formulación del Problema.....	14
1.5. Objetivos.....	15
1.5.1. Objetivo General	15
1.5.2. Objetivos Específicos.....	15
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la Investigación	16
2.2 Bases Teóricas	20
2.3 Marco Conceptual.....	75
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROBLEMA	
3.1 Descripción del Proceso Automatizado	81
3.2 Desarrollo del Programa para el Controlador Lógico Programable	86
3.3 Revisión y Consolidación de resultados	88
CONCLUSIONES	94
RECOMENDACIONES.....	95
BIBLIOGRAFÍA	96

LISTADO DE FIGURAS

- Figura N° 01: Alarma de Platón basada en Clepsidra
- Figura N° 02: Odómetro de Herón
- Figura N° 03: Modelo de sistema de control
- Figura N° 04: Lógica cableada conectada a un PC
- Figura N° 05: Esquema de una memoria de 8x8
- Figura N° 06: Diagrama de una memoria y los buses de comunicación con el procesador
- Figura N° 07: Ejemplo de programación en escalera
- Figura N° 08: Ejemplo de programación en listas de instrucciones
- Figura N° 09: Ejemplo de programación en texto estructurado
- Figura N° 10: Ejemplo de programación en diagrama de bloques de funciones
- Figura N° 11: Ejemplo de programación en diagrama funcional de secuencia
- Figura N° 12: Transportadora de banda
- Figura N° 13: Transportadora de placas articuladas
- Figura N° 14: Transportadora de rodillos sin transmisión
- Figura N° 15: Transportadores de rodillo de transmisión
- Figura N° 16: Esquema de un transportador rotativo
- Figura N° 17: Esquema de llenador por nivel
- Figura N° 18: Esquema de llenador por presión
- Figura N° 19: Esquema de llenador por pistón
- Figura N° 20: Esquema constitutivo de llenado por pistón
- Figura N° 21: Esquema de llenador volumétrico
- Figura N° 22: Llenado por llaves electro neumáticas

- Figura N° 23: Esquema del sistema a automatizar
- Figura N° 24: Circuito de control
- Figura N° 25: Conexión de entradas y salidas al PLC
- Figura N° 26: Programación segmento 1
- Figura N° 27: Programación segmento 2
- Figura N° 28: Programación segmento 3
- Figura N° 29: Programación segmento 4
- Figura N° 30: Puesta en marcha el proceso
- Figura N° 31: El sensor detecta el bidón y activa automáticamente al temporizador
- Figura N° 32: Activación de las válvulas
- Figura N° 33: Verificación de la configuración del conmutador analógico
- Figura N° 34: Detección del peso del bidón
- Figura N° 35: Detección del peso deseado
- Figura N° 36: Llenado de bidón antes y después del proceso automatizado

LISTADO DE TABLAS

Tabla N° 01: Siglas para los diversos tipos de ROM

Tabla N° 02: Comparación de los tipos de memoria

Tabla N° 03: Envases más utilizados

Tabla N° 04: Entradas del proceso

Tabla N° 05: Salidas del proceso

Tabla N° 06: Direccionamiento de entradas

Tabla N° 07: Direccionamiento de salidas

INTRODUCCIÓN

La demanda proveniente de la industria, en busca de un sistema económico, robusto, flexible, de fácil modificación y con mayor tratamiento de niveles de voltaje a los presentados por los ordenadores, provocó el desarrollo del controlador de lógica programable o PLC.

Este primer equipo autómeta pretendía básicamente sustituir a los sistemas básicos compuestos por relés o circuitos lógicos con las ventajas evidentes de una plataforma estándar de hardware. Dado lo anterior, en su nacimiento presentaron prestaciones muy similares a las tecnologías convencionales con lenguajes de programación que emulaban a los diagramas esquemáticos empleados por dichas tecnologías.

Los autómetas actuales han evolucionado con respecto a las prestaciones de sus ancestros, incorporando fundamentalmente sistemas de programación más versátiles, con mejor velocidad de procesamiento y de respuesta y con capacidades de comunicación.

Sin embargo, la principal característica que sigue distinguiendo a los controladores de lógica programable es su capacidad de sustituir al operador humano en aquellas tareas repetitivas en las que no es necesaria su intervención, así como su capacidad de interconectividad con los procesos, esto sin acercarlo a las funcionalidades de una computadora digital, sino potenciándolo cada vez más para comunicación entre sí y con las computadoras.

El uso de estaciones automáticas de llenado utilizando un sistema de faja transportadora automatizado es el más económico, rápido y el más común en casi todas los procesos de envasados de bebidas gasificadas.

Las ventajas de aplicar la automatización a un proceso industrial son inmediatas y se pueden resumir en que aumenta la productividad y la flexibilidad de la maquinaria y de las instalaciones, minimiza los tiempos de espera y parada por cambios de producción en los procesos, mejora la repetitividad y la calidad del producto optimizando la materia prima, aumenta la capacidad de diagnóstico y ayuda al mantenimiento preventivo de las instalaciones.

Este trabajo describe y resalta el aspecto de cómo utilizar un controlador lógico programable para controlar el accionamiento de válvulas y el desplazamiento de una faja transportadora de un sistema de llenado de bebidas gasificadas.

En ese sentido y con la finalidad de mejorar la precisión de la cantidad de agua utilizada mediante la automatización del sistema de llenado de bidones plásticos para el control de válvulas y de faja transportadora en la Embotelladora Oriental S.A.C. es que desarrollé el Trabajo de Suficiencia en 3 capítulos.

En el Capítulo I, describo el planteamiento del problema, que está relacionado con que actualmente el proceso de llenado de bidones se realiza manualmente lo cual implica poca precisión de la cantidad de bebida gasificada utilizada.

En el Capítulo II, describo el marco teórico en la cual se sustenta mi propuesta de solución, referente a la automatización de procesos industriales mediante el controlador Lógico Programable, especificando las conexiones del controlador con los sensores y actuadores de un proceso.

En el Capítulo III, describo el desarrollo de mi propuesta que consiste inicialmente en, identificar los sensores y actuadores que formarán parte del sistema automatizado, para luego realizar el circuito de conexión al PLC y la programación del automatismo a través de diagrama de contactos. Finalmente realizar la simulación del PLC que nos permita presentar la consolidación de resultados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Actualmente la Empresa Embotelladora Oriental S.A.C. dedicada al proceso de envasado de bebidas gasificadas, hace uso de una faja transportadora no automatizada sin sub procesos controlados a través de sensores.

En la actualidad se procede al llenado de bidones con bebida gasificada de dos modos distintos; introduciendo manualmente el instrumento llenador, al que se denomina caña, unos pocos centímetros en el envase y se procede a llenar desde arriba; el otro modo consiste en introducir la caña hasta el fondo del envase y llenar desde abajo e ir subiéndola a medida que va llenando el bidón.

El primer modo tiene el problema de que algunos productos al ser lanzados desde cierta altura producen espumas, la cual puede ser perjudicial para el producto ya que puede alterar sus propiedades. Además al formarse espuma el producto ocupa más volumen del previsto y pueden rebosar al finalizar el llenado.

En el segundo método, al estar la caña introducida en el envase en toda su longitud, cuando se finaliza el llenado, toda el volumen exterior de la caña tiene el producto, con lo que, al salir extrae parte del producto llenado.

Por estas consideraciones es que se identifica el problema, motivo por el cual este Trabajo pretende describir una alternativa para solucionar estos inconvenientes.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El Trabajo de Suficiencia se justifica que a partir de la automatización del sistema de llenado de bidones plásticos para el control de válvulas y de faja transportadora en la Embotelladora Oriental S.A.C. se mejorará la precisión de la cantidad de bebida gasificada utilizada, lo que implica que se optimizará el tiempo requerido para el llenado, y por ende mejorar la productividad.

La automatización de este segmento de la línea de llenado controla el transporte de los bidones mediante sensores, estableciendo una

secuencialidad en la activación de elementos actuadores, mejorando así la precisión de la cantidad de agua a ser utilizada.

Este trabajo propuesto también pretende mejorar la calidad del producto, minimizando el contacto del operario con los bidones de bebida gasificada, es por eso que el automatismo se diseña con la finalidad de reducir al mínimo la participación de los operarios, se considerará un personal para que valide algunas de las maniobras muy necesarias para realizar el llenado.

1.3 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1 ESPACIAL

El Trabajo de Suficiencia se desarrollará en la Empresa Embotelladora Oriental S.A.C. ubicado en Carretera Federico Basadre - Km. 3.600 Pucallpa - Ucayali

1.3.2 TEMPORAL

El Trabajo de suficiencia se desarrolló durante el mes de noviembre de 2016.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo mejorar la precisión de la cantidad de bebida gasificada utilizada, mediante la Automatización del sistema de llenado de bidones plásticos para el control de válvulas y de la faja transportadora en la Embotelladora Oriental S.A.C.?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Mejorar la precisión de la cantidad de bebida gasificada utilizada, mediante la Automatización del sistema de llenado de bidones plásticos para el control de válvulas y de faja transportadora en la Embotelladora Oriental S.A.C.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✚ Determinar los sensores y actuadores que forman parte del sistema de llenado de bidones con la finalidad de verificar si es posible desarrollar el circuito de control de válvulas y de faja transportadora, con la finalidad de Mejorar la precisión de la cantidad de bebida gasificada utilizada en la Embotelladora Oriental S.A.C.

- ✚ Desarrollar la programación del Controlador Lógico Programable y verificar mediante la simulación si se controla el accionamiento de válvulas y de la faja transportadora del sistema de llenado de bidones plásticos en la Embotelladora Oriental S.A.C.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Díaz (2006), en su tesis titulada “Automatización de Etiquetadora de Botellas Kronen bajo PLC SIEMENS”, para optar el Título de Ingeniero en Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la Universidad Simón Bolívar de Caracas, concluye que: “Luego de haber presentado los dos puntos de vista respecto al sistema antiguo y al sistema nuevo, es notorio que el sistema implementado presenta mayor confiabilidad debido al proceso controlado y gobernado por el PLC, el cual ha venido siendo a lo largo de los años el equipo de preferencia en la automatización industrial, gracias a su estabilidad de operación y a su adaptabilidad ante los cambios. Las funciones reestablecidas en la máquina, permitirán incrementar la seguridad de operación, la calidad y rendimiento del proceso de etiquetado,

y garantizar la operatividad de la misma y por ende la producción de la línea”.¹

Ramiro (2007), en su tesis titulada “Fabricación y automatización de un sistema de transporte para envase aséptico en una planta de alimentos” para optar el Título de Ingeniero en Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la Universidad de San Carlos de Guatemala, concluye que: “Con la fabricación de un sistema de transporte automatizado para envase aséptico que sea eficiente, se mejora la capacidad de producción como también se aumentan las ganancias, esto es a causa de no tener que detener la máquina llenadora frecuentemente. Con el algoritmo de ejecución de programa, se puede tener un mejor entendimiento del trabajo así como de las respuestas programadas que realiza este sistema.

En la elaboración de un programa tipo escalera, se efectúa un algoritmo de programa para comprender la lógica empleada en la ejecución ordenada de funciones que van de acuerdo a las diferentes fallas que pueden aparecer en el sistema de transporte de envases”.²

Cruz (2010), en su tesis titulada “Diseño e Implementación de una maquina flexible para envasado de líquidos” para optar el Título de Ingeniero en Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la Universidad Politécnica Salesiana de

¹DIAZ, A. (2006). Automatización de Etiquetadora de Botellas Krones bajo PLC SIEMENS. (Tesis de Pre Grado). Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela

²RAMIRO, J. (2007). Fabricación y automatización de un sistema de transporte para envase aséptico en una planta de alimentos. (Tesis de Pre Grado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Guayaquil, concluye que: “El diseño de sistemas de cualquier índole, basados en PLC, resultan muy versátiles, prácticos y económicos, debido a la gran flexibilidad que proporciona al momento de programarlos, la cantidad de modelos que existen en el mercado, diversidad de funciones, variedad de medios de comunicación, memoria, interrupciones internas y externas y finalmente su costo. Finalmente se resume que la tesis que se ha construido resulta mucho más conveniente ya sea desde el punto de vista económico, tiempos de entrega e incrementando el comercio del País”.³

Reinoso (2003), en su libro titulado “Apuntes de Sistemas de Control”, señala que: “En los sistemas de control el efecto inmediato que persigue la realimentación es reducir el error entre la señal de salida y la señal de referencia actuando en consecuencia. Pero no solo la realimentación tiene por cometido reducir el error entre la señal de salida y la señal de referencia de un sistema. La realimentación también produce efectos sobre la ganancia global del sistema, la estabilidad, así como las perturbaciones. Por lo tanto, la realimentación es un elemento clave muy a tener en cuenta en el estudio de los sistemas de control ya que puede modificar considerablemente los resultados producidos por estos”.⁴

³CRUZ, H. (2010). Diseño e Implementación de una maquina flexible para envasado de líquidos. (Tesis de Pre Grado). Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil, Ecuador.

⁴REINOSO, O. (2003). Apuntes de Sistemas de Control. Barcelona, España: ECU

Santamaría (2010), en su libro titulado “Manual de automatización eléctrica” señala que: “En la lógica programada se sustituye la utilización de contactos auxiliares, temporizadores, contadores, etc. por un Autómata Programable o PLC con el consiguiente ahorro en mecanismos y cableados. Cualquier modificación de la programación será mucho más rápida al no tener que modificar mecanismos y volver a cablear los mismos para que cumplan la nueva función, ahorrando de esta forma tiempo y costes. La finalidad de los automatismos es sustituir la intervención de las personas en procesos que se pueden realizar de una forma autónoma mediante la utilización de mecanismos movidos por una fuente de energía exterior, de forma que éstos puedan realizar ciclos completos de operaciones de forma controlada de acuerdo a lo programado”.⁵

Romera (2010), en su libro titulado “Automatización”, señala que: “La automatización es el proceso de mecanización de las actividades industriales para reducir la mano de obra, simplificar el trabajo, etc. La automatización de los procesos industriales actualmente es una realidad, ya que las exigencias de hoy en día van más allá de solo elaborar un producto. Los procesos deben ser capaces de abastecer a una gran población que exige calidad y economía en los productos que compra. Estas exigencias solo se pueden lograr si los costos de producción son bajos, la producción es alta y existe un riguroso control de calidad en los productos desde la materia prima hasta el producto terminado”.⁶

⁵SANTAMARIA, G. (2010). Manual de automatización eléctrica. Madrid, España: ARCO/ LIBRO S.A.

⁶ROMERA, P. (2010). Automatización. Barcelona, España: PARANINFO

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1 FUNDAMENTOS DE LOS AUTOMATISMOS

Los automatismos se han observado desde los tiempos antiguos cuando se creaban toda clase de máquinas provistas de alguna forma de fuente de energía con el fin de imitar los movimientos de los seres vivos. Los primeros autómatas de los que se tenga noticia provienen de los tiempos de Dédalo donde se crearon estatuas animadas. Luego, los griegos y más tarde los romanos elaboraban juguetes con accionamiento mecánico. En el año de 1500 A.C. en Etiopía, Amenhotep construyó una estatua del rey Memnón la cual emitía sonidos cuando era iluminada por los primeros rayos del sol al amanecer.

En el siglo IV A.C. Ktesibios diseña un reloj de agua conocido con el nombre de Clepsidra, el cual constaba de un mecanismo cuyo objetivo era que el nivel de un depósito de agua subiera a velocidad constante; para lograr este fin se empleaba un flotador que regulaba la entrada de agua a un depósito auxiliar. En el año 378 A.C. a Platón se le ocurre crear un sistema automático de alarma con base en una Clepsidra; en el vaso de la Clepsidra se ubicó un flotador, sobre el cual se depositan unas esferas, durante un tiempo determinado el vaso es llenado a base constante de agua y al final, cuando se alcanza el nivel máximo, las esferas caen sobre un plato de cobre lo cual es indicativo que el tiempo ha transcurrido.

El uso dado por Platón a las Clepsidras suscitó un gran interés y durante todo el siglo siguiente se efectuaron muchos diseños basados en el reloj de agua.

En el siglo I A.C., Herón de Alejandría escribe una serie de libros reunidos en una Enciclopedia Técnica entre los cuales se destacan los primeros documentos conocidos sobre automatismos. En ellos es de resaltar los libros sobre “Pneumática” y “Autómata”. En estos libros de Herón se describe uno de los primeros sistemas realimentados de los que se tenga conocimiento, el cual es el dispensador de vino.



FIGURA Nº 01: ALARMA DE PLATÓN BASADA EN CLEPSIDRA

A Herón también se le debe la creación de un Odómetro, sistema empleado para cuantificar una distancia recorrida, el cual constaba de un sistema de engranajes que cada vez que se producía un giro completo de la volante dejaba caer una esfera en un contenedor, al final el número de esferas permitían cuantificar la distancia recorrida. Uno de los autómatas más reconocidos es el Gallo de Estrasburgo, el cual formaba parte del reloj de la catedral de Estrasburgo y movía el pico y las alas al dar las horas.

Este funcionó entre los años de 1352 y 1789 y es el autómata más antiguo que se conserva en la actualidad, pero entre los más célebres creadores de autómatas en la historia se encuentra a Vaucanson, el cual creó muchas maravillas que merecen gran reconocimiento aún en los días actuales. Entre sus creaciones está el Flautista, que representa un fauno según modelo de la estatua de Coysevox, que ejecuta una docena de aires valiéndose de movimientos de la lengua, labios y dedos.

También se encuentra al Tamborilero y la Tañedora que se puede admirar en el conservatorio de artes y oficios de París. La reputación de Vaucanson se debe en gran medida a su obra el Pato, el cual era capaz de batir las alas, zambullirse, nadar, tragar grano y hasta expeler una forma de excremento. Vaucanson en sus obras no trató de copiar vida, sino únicamente de imitar algunas funciones individuales. En se puede encontrar imágenes y

descripciones de la mayoría de los automatismos mencionados previamente, incluso se puede encontrar variantes y la evolución que algunos de estos sistemas han tenido. Además, se puede encontrar la presentación de automatismos de los siglos XVII a XIX, como es el caso de los primeros componentes automatizados en molinos de viento.

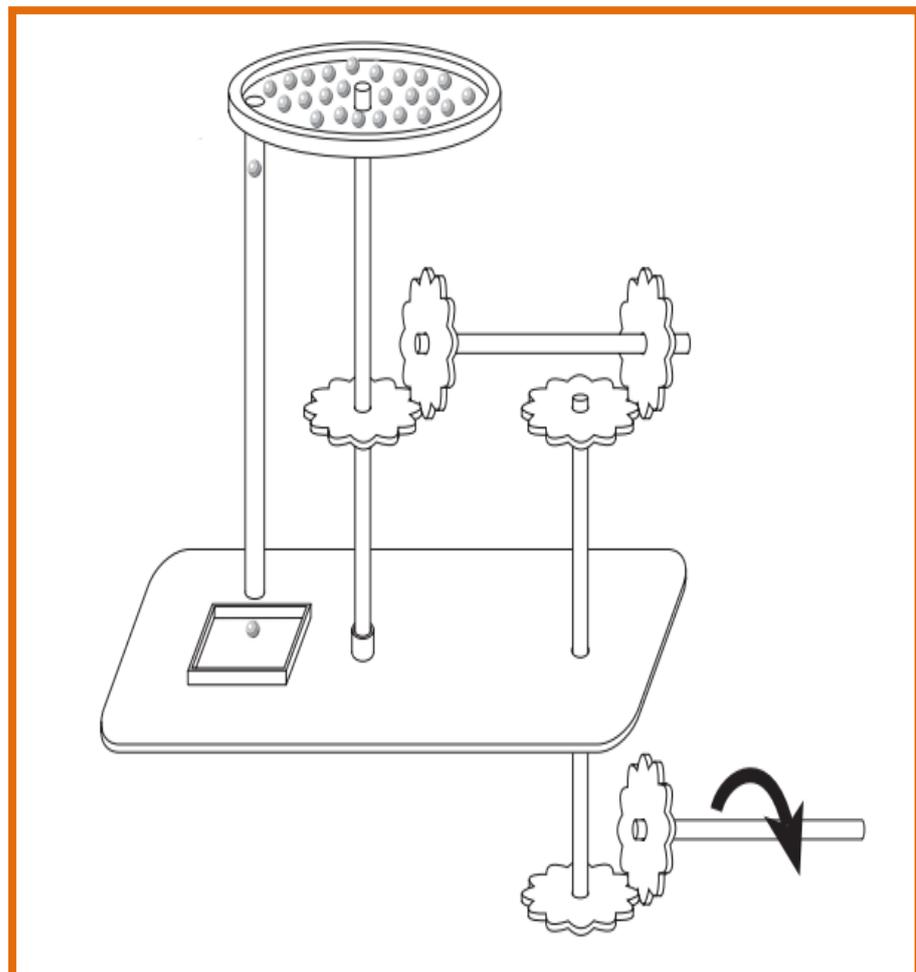


FIGURA N° 02: ODÓMETRO DE HERÓN

Con el advenimiento de la electricidad y de la electrónica apareció una nueva generación de autómatas capaces de imitar realmente algunas funciones y reproducir comportamientos de seres vivos. En

1912, Torres Quevedo creó un ajedrecista que era capaz de jugar finales de partida. El juego de Nim, construido en 1951 en la Universidad de Manchester, constituye otro ejemplo de autómata elemental, dado que existe un algoritmo que permite ganar con seguridad este juego. Para ese mismo tiempo Strachey construyó en los Estados Unidos un jugador de damas capaz de enfrentarse a un buen jugador; para ello la máquina debía analizar, con varias jugadas de antelación, todas las jugadas posibles a partir de una situación inicial.

Evolución de los Automatismos

Para la década de los setenta, la complejidad y servicios de los automatismos se incrementó gracias al uso de los circuitos integrados y a los sistemas basados en microprocesadores.

Durante esa misma época se desarrollaba la computadora digital, aunque con un empleo muy restrictivo en la industria debido a sus elevados costos, requerimientos de personal altamente calificado y poca interconectividad con otros sistemas, pero especialmente debido a sus problemas para el control de señales en voltaje y corriente de valor elevado.

La demanda proveniente de la industria, en busca de un sistema económico, robusto, flexible, de fácil modificación y con mayor tratamiento de niveles de voltaje a los presentados por los

ordenadores, provocó el desarrollo del Controlador de Lógica Programable o PLC. Este primer equipo autómatas pretendía básicamente sustituir a los sistemas básicos compuestos por relés o circuitos lógicos con las ventajas evidentes de una plataforma estándar de hardware. Dado lo anterior, en su nacimiento presentaron prestaciones muy similares a las tecnologías convencionales con lenguajes de programación que emulaban a los diagramas esquemáticos empleados por dichas tecnologías.

Los autómatas actuales han evolucionado con respecto a las prestaciones de sus ancestros, incorporando fundamentalmente sistemas de programación más versátiles, con mejor velocidad de procesamiento y de respuesta y con capacidades de comunicación. En los lenguajes actuales de programación para autómatas se incorporan, además de las instrucciones clásicas de lógica binaria, temporizaciones y contadores, otras series de operaciones lógicas con palabras, funciones aritméticas, procesamiento para señales análogas, funciones de comunicación con los estándares más representativos en la industria y muchas funciones de control.

Sin embargo, la principal característica que sigue distinguiendo a los controladores de lógica programable es su robustez y capacidad de interconectividad con los procesos, esto sin acercarlo a las funcionalidades de una computadora digital, sino

potenciándolo cada vez más para comunicación entre sí y con las computadoras.

Al integrar el autómata con las computadoras digitales, se presenta lo mejor de las prestaciones de ambos sistemas en uno solo, pero se hace entonces evidente la necesidad de replantear los métodos de diseño, por lo cual hoy en día emergen nuevas metodologías para el modelamiento de sistemas automáticos como es el caso de las redes de Petri.

Componentes de los Automatismos

El objetivo de un automatismo es controlar una planta o un sistema sin necesidad de que un operario intervenga directamente sobre los elementos de salida. El operario solo debe intervenir sobre las variables de control.

El automatismo es el encargado de actuar sobre las salidas mediante los accionamientos con el fin de poder llevar a efecto el control de la planta.

Entre los principales componentes de un automatismo se encuentran los transductores y los captadores de información, los preaccionamientos y los accionadores, así como los órganos de tratamiento de la información y elementos de interfaz entre el hombre y la máquina. Desde un punto de vista estructural, un

automatismo se compone de dos partes claramente diferenciables, las cuales se describen a continuación.

Parte Operativa

Formada principalmente por el conjunto de dispositivos, máquinas y/o subprocesos diseñados para realizar determinadas funciones de producción y corresponden en su gran mayoría a elementos de potencia.

Parte de Control

Formada por los elementos de procesamiento y/o mando, interfaz de comunicación y de diálogo con el hombre.

El sometimiento de la parte operativa se logra mediante un intercambio continuo de información entre ésta y la parte de mando o control. Este flujo de información se establece mediante los captadores (sensores binarios, transductores análogos y digitales) y los preaccionadores (contactores, relés). Los captadores se encargan entonces de recoger datos de magnitudes físicas y de cambios de estado a controlar y envían dicha información a la parte de control para su procesamiento. La parte de control envía entonces acciones de mando a través de los preaccionadores, que son elementos que permiten el manejo de grandes potencias a partir de señales de baja potencia.

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.

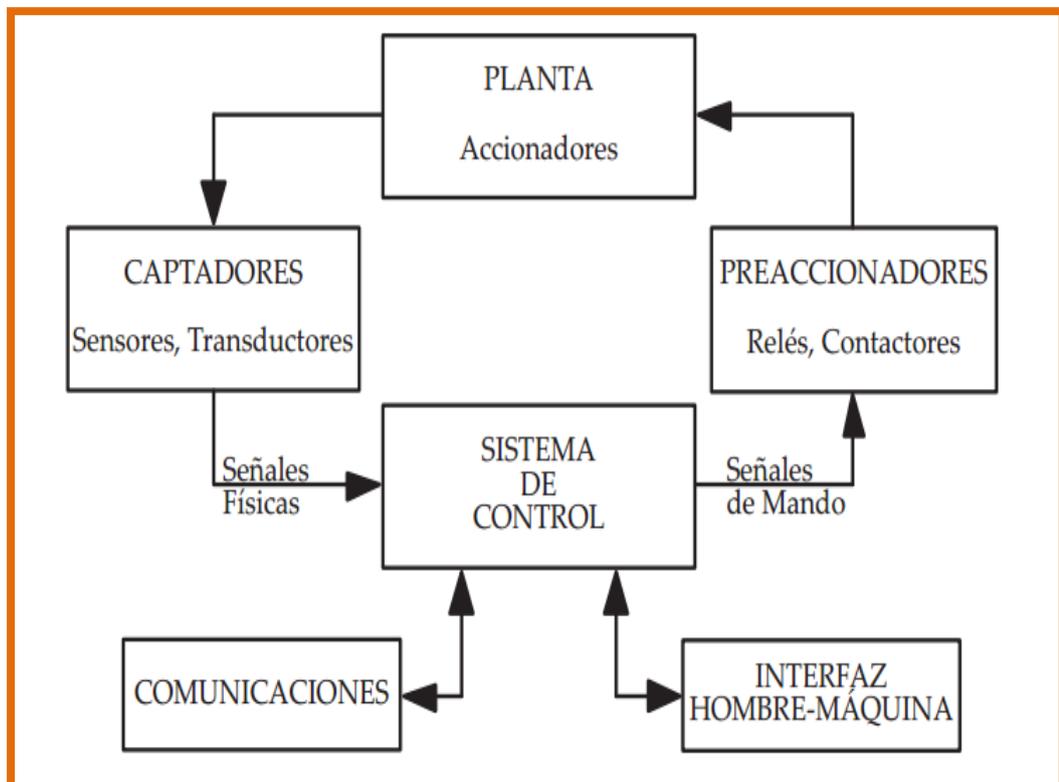


FIGURA Nº 03: MODELO DE SISTEMA DE CONTROL

2.2.1.1 LÓGICA CABLEADA

Toma su nombre de la naturaleza de las conexiones empleadas entre los diferentes componentes individuales que intervienen en el sistema. Si los elementos son de origen eléctrico, entonces la conexión entre relés, interruptores, finales de carrera, etc., se realiza mediante conductores eléctricos. Si los elementos son de origen electrónico, entonces la conexión entre las compuertas lógicas se realiza mediante caminos conductores. En las tecnologías neumática e hidráulica, las conexiones entre los elementos se realizan mediante ductos por entre los cuales corre el elemento fluídico.

Todas estas tecnologías se basan en órganos de mando del tipo “Todo o Nada” que pueden ser modelados mediante el álgebra de Boole y son comúnmente denominados como sistemas de conmutación. Según el sistema, esta consideración de “todo o nada” se puede relacionar con “abierto o cerrado”, “caliente o frío”, “conduce o no conduce”, “verdadero o falso”.

En analogía a los órganos de mando, los órganos receptores no pueden encontrarse más que en dos estados posibles “alimentados o no alimentados”.

La solución de un problema de conmutación radica en la disposición adecuada de órganos de mando para lograr que los órganos receptores estén alimentados cuando se satisfacen ciertas condiciones. Este tipo de sistemas es bien aceptado entre los desarrolladores de automatismos para la creación de sistemas de baja complejidad.

Sin embargo, presenta grandes dificultades especialmente cuando se requiere el desarrollo de sistemas robustos, ya que no facilita la integración de funcionalidad aritmética, limita el control de la ejecución de instrucciones, reduce la creación de secuencias complejas y la conducción y manipulación de estructuras de datos y presenta una deficiencia para la realización de programas estructurados y jerárquicos.

Esquemas de conexión y esquemas de principio

Los relés y otros elementos empleados en la técnica de comando y control, pueden ser dibujados con sus bornes de conexión tal cual son físicamente, y luego conectar con conductores los distintos bornes, conformando lo que se denomina un “esquema de conexión”. El esquema de conexión debe dar los datos constructivos y la ubicación de cada elemento, pero no es la mejor

forma de representar un circuito a la hora de comprender y visualizar su funcionamiento, como si lo es el esquema de principio.

Dibujos y planos

Los dibujos o planos de los esquemas de conexión y esquemas de principio, antiguamente eran realizados por dibujantes técnicos en folios de papel de gran tamaño, por ejemplo; 1,50 x 2,00 metros, donde se dibujaban todos los cables del circuito en un solo folio.

Actualmente los dibujos son realizados directamente por los electricistas, en programas CAD e impresos en hojas A4 o A3. Un circuito de automatización de lógica cableada se dibuja en varias hojas numeradas, y los cables y aparatos son referenciados de una hoja a otra, marcando el número de hoja y las coordenadas columna-fila donde se ubica el cable, borne o aparato cableado.

Identificación del cableado y borneras

Para que un circuito de lógica cableada pueda funcionar correctamente, es primordial contar previamente con el dibujo del mismo, donde se identifican todos los cables

y borneras de conexión, para luego realizar el montaje y revisar el correcto cableado de todos los elementos.

Para que esto último sea posible es necesario colocar identificadores o marcadores alfanuméricos en todos los cables y bornes. Existen distintos criterios para realizar la identificación de los cables, teniendo cada una de ellas sus ventajas y desventajas. Básicamente se pueden identificar los cables según los números de borneras o regletas de conexión, o de acuerdo a una numeración arbitraria especificado en los planos o dibujos.

Barras de Polaridad

Las barras de polaridad +P y -P son las que permiten energizar las bobinas de los relés con los contactos. Usualmente se denominan +P y -P, pero pueden tener otra letra o leyenda cualquiera, y ser una tensión tanto de corriente continua como de alterna. La tensión de polaridad, usualmente está cableada a elementos de control en posible contacto con las personas, por ejemplo; pulsadores manuales, controles de nivel de líquidos, sensores de posición o instrumentos de medida.

Por este motivo, por razones de seguridad para las personas, esta tensión debe estar aislada galvánicamente de tierra, usualmente con un aislamiento de 1 a 2 KV. Las tensiones estándar empleadas en corriente continua son; 24, 48, 110, 125, 220 y 250 V. Las tensiones estándar en corriente alterna son; 24, 110-120, 220-240 y 380-400 V.

Servicios Esenciales

En lógicas cableadas para comando y control de servicios esenciales, la corriente continua se respalda con un banco de baterías del tipo estacionario. Si se ha tomado la decisión de usar corriente alterna, el comando y control de servicios esenciales se realiza con un oscilador o inversor CC/CA.

Distribución de Polaridades

En circuitos pequeños, con unos pocos relés la polaridad se arma mediante una guirnalda que va saltando entre los bornes que van conectados a la polaridad. En circuitos de lógica cableada mayores, como autómatas industriales, esta práctica es poco común ya que acarrea algunos inconvenientes en caso de falsos contactos en alguno de los bornes, lo que acarrea la pérdida de la

polaridad en toda la guirnalda, provocando una falla masiva del sistema.

La solución a estos problemas consiste en armar barras de polaridad con borneras o regletas de conexión en puente, las que ya vienen provistas por los fabricantes de borneras.

Montajes

El montaje de la lógica cableada se realiza en gabinetes o armarios estancos, donde sobre un fondo muerto o sobre rieles verticales, conocidos como rack en inglés de 19", se atornillan en forma horizontal los llamados rieles asimétricos y simétricos, donde se instalan los relés, fuentes de alimentación, elementos de potencia como los contactores, y protección como portafusibles o llaves termo-magnéticas. Los rieles más económicos son de chapa galvanizada, los de mejor calidad son de acero con una protección superficial de cadmio.

Bornera Frontera

Los cables de mando que van del gabinete de la lógica cableada a la planta o al campo, son cables armados, rígidos debido al fleje de protección mecánica y/o a una pantalla de cobre o aluminio, la cual es aterrada en

ambos extremos. Esa rigidez impide realizar el cableado directamente hasta los bornes de los relés de la lógica cableada.

Para resolver este problema se utilizan borneras frontera, donde llegan los cables armados desde la planta y salen hacia el interior del gabinete cables monopolares y flexibles, cables de mando o de potencia. Para el ingreso de los cables al gabinete se emplean los llamados pasa cables o prensaestopas, que impiden la entrada de insectos, polvo y humedad al gabinete.

Relés

En la lógica cableada, la mención de “relé” comprende diversos equipamientos eléctricos y electrónicos, de distinta tecnología y función. Todos estos equipos, aparatos o instrumentos, son considerados como “relés” en la medida de que cuenten con contactos eléctricos NA o NC de salida, y realicen una función particular de Lógica Cableada.

Las entradas pueden ser bobinas, circuitos de medida de tensión, corriente, temperatura, nivel, accionamientos físicos y manuales, comandos remotos, por cable o por radiofrecuencia. Así por ejemplo, un relé puede ser un

control de nivel o temperatura, un relé electromecánico, un contactor con contactos auxiliares, un relé de sub o sobre tensión, un relé de protección y decenas de otras funciones, que distintos fabricantes de equipamiento industrial catalogan como “relés”.

Elementos de mando

Los elementos de mando básicos en lógica cableada son los siguientes:

Contactos NA y NC

Los contactos eléctricos de los relés pueden ser contactos normalmente abiertos NA, o normalmente cerrados NC. En los esquemas de conexión y de principio siempre se dibuja el contacto en su posición de reposo, con la bobina del relé desenergizado o en OFF.

Funciones Lógicas

Las funciones lógicas empleadas en la lógica cableada son las mismas que en los circuitos digitales o compuertas lógicas. La denominada comúnmente repetición de contacto, “buffer” en un circuito digital.

La inversión en un contacto normal cerrado, el NOT (negación) en circuito digital: El AND lógico (función “y”), lograda con contactos en serie. El OR lógico (función “o”), logrado con contactos en paralelo.

Relé auto mantenido

Es un relé en donde un contacto auxiliar mantiene el relé energizado, luego de que el contacto de arranque cierra y abre.

Funciones de Temporización

Existen relés temporizados de varios tipos, pero tres funciones básicas son; la temporización a la conexión, temporización a la desconexión y la temporización a la conexión - desconexión.

En los dos últimos casos el relé temporizado deber alimentarse desde una conexión independiente a la de la bobina. Los contactos temporizados se representan mediante un paraguas que se opone al movimiento.

Mando Manual y Automático

En todo automatismo siempre es conveniente contar con la posibilidad de elegir entre un comando manual por pulsadores, y un comando automático por nivel, presión, temperatura, etc.

La selección se realiza por llaves selectoras manual/automático. Por razones de seguridad de las personas y equipos, siempre se deja fuera de la selección el mano de parada manual y automática, por ejemplo por nivel bajo, a los efectos de prevenir que una bomba quede succionando en vacío y se dañe.

Protección

Las funciones de protección deben guardar en lo posible independencia de los circuitos de mando, de modo de funcionar con mandos en manual, en automático y en casos de falla.

Señalización

La señalización comprende la indicación de los estados de marcha, parada, falla o defectos, posición de interruptores abiertos o cerrados.

Para lo cual se emplea luminosos con lámpara incandescente o con LED. La lámpara es energizada mediante contactos auxiliares de contactores e interruptores, o con relés que copian la posición de los mismos.

En autómatas de relés de gran tamaño, la polaridad empleada para la señalización es independiente de la polaridad de mando, ya que un cortocircuito en un luminoso no debería dejar fuera de servicio el autómata.

Enclavamientos

Los enclavamientos impiden que dos órdenes de mando contradictorias tengan efecto simultáneamente.

Comando Secuencial

Como su nombre lo dice, un comando secuencial es un circuito con una secuencia de estados predeterminada, y dependientes de ciertas entradas del sistema (pulsadores, detectores, etc.). Las secuencia pueden ser fija, producidas por un reloj electromecánico (motor eléctrico con un reductor, levas y contactos de salida).

Para proyectar y diseñar sistemas de lógica cableada complejos, se emplean Diagrama de Flujo, donde los distintos estados del diagrama luego se ven reflejados en relés automantenidos, las entradas se corresponden a pulsadores y detectores del circuito de mando.

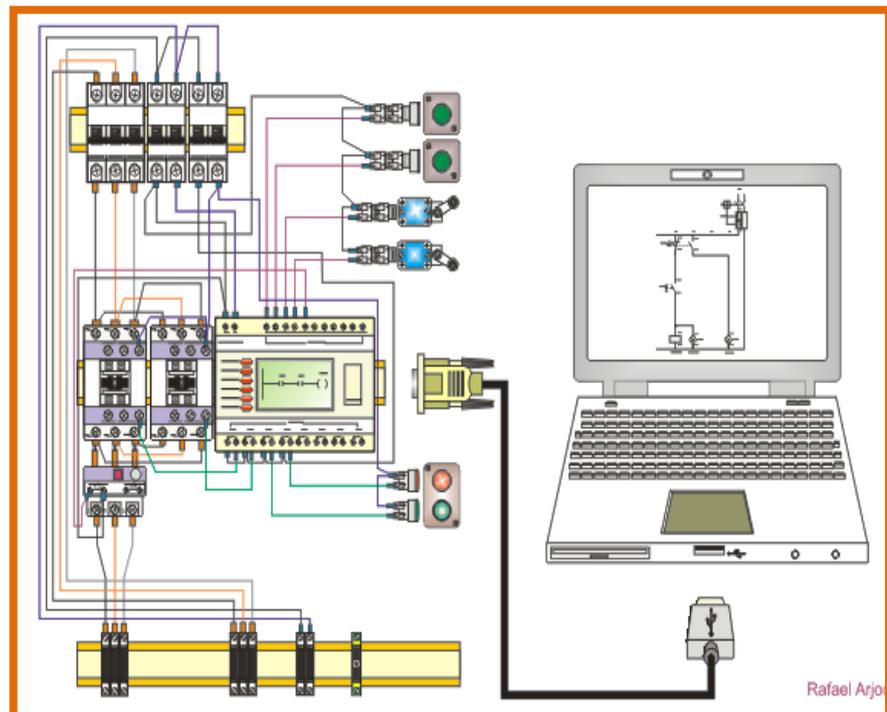


FIGURA N° 04: LÓGICA CABLEADA CONECTADA A UN PC

2.2.1.2 LÓGICA PROGRAMADA

Con el advenimiento de la tecnología de los microprocesadores y los sistemas subsiguientes desarrollados a partir de estos, como es el caso de los controladores lógicos, los autómatas programables y el computador, se logró, y se continúa mejorando constantemente, un alto nivel de integración en los

componentes electrónicos, con lo cual esta tecnología allana cada día más la posibilidad de integración de sistemas de diversa naturaleza, entrega la capacidad de realizar cálculos de orden científico y la implementación de complejos algoritmos en arquitecturas de control distribuidas e inmersas en variados sistemas de gestión y comunicación.

Durante los últimos diez años el mercado de procesos industriales y de control ha crecido significativamente.

Los PLC se han mostrado como la base sobre la cual se fundamentan estos sistemas, pero además han aparecido las computadoras digitales como competencia directa gracias a las velocidades de procesamiento y los costos reducidos logrados y divisados hacia un futuro.

Con el desarrollo de estas tecnologías, cada uno de los proveedores trató de ofrecer sistemas amigables de programación que en principio funcionaron bien dentro de cada uno de sus sistemas orígenes. Pero debido a la fuerte demanda en la industria por una integración entre sistemas de diferentes naturalezas, fuentes y proveedores se hizo necesario la creación de un marco

de referencia dentro del cual se mueva cada uno de los lenguajes de programación.

Debido a lo anterior se produjo la publicación del estándar IEC 1131-3 en Marzo de 1993, hoy denominado IEC 61131-3, donde se define la forma en la cual deben ser programados los sistemas de control basados en PLC y que además permite que los programas y comportamientos de las plantas bajo control sean de fácil entendimiento por personal de diferentes industrias.

Memorias

Las memorias son dispositivos de almacenamiento de datos binarios de largo o corto plazo. Esencialmente un registro de desplazamiento es una memoria a pequeña escala. Como regla general las memorias almacenan datos en unidades generalmente de 8 bits (bytes). Una unidad completa de información se denomina palabra y está formada por uno o varios bytes.

Matriz de memoria semiconductora básica

Cada elemento de memoria puede almacenar un '1' o un '0' y se denomina celda. Las memorias están formadas por matrices de celdas. La situación de cada celda se especifica por una fila

y una columna. Una matriz de 64 celdas se puede organizar como una memoria de 8 bytes.

Una memoria se identifica por el número de palabras que puede almacenar multiplicado por el tamaño de la palabra. Por ejemplo una memoria de 16K x 4 puede almacenar 16.384 (214, 1K = 210) palabras de 4 bits.

Es decir, la memoria se identifica por su capacidad. La posición de una unidad de datos en una matriz de datos se denomina dirección.

La dirección de un bit será la fila y la columna, y la dirección de un byte la fila.

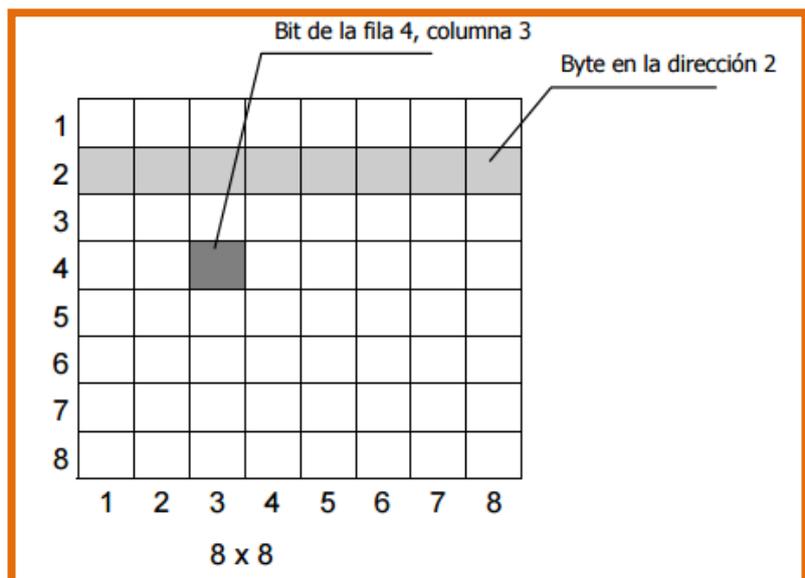


FIGURA Nº 05: ESQUEMA DE UNA MEMORIA DE 8 X 8

✚ Operaciones básicas de las memorias

Las operaciones básicas de una memoria son las de escritura y lectura. La operación de escritura coloca los datos en una posición específica de la memoria y la operación de lectura extrae los datos de una posición específica de la memoria. Los datos se introducen y se extraen a través de un conjunto de líneas denominado bus de datos.

Además en las operaciones de escritura y de lectura se tiene que seleccionar una dirección introduciendo un código binario, que representa la dirección deseada, en un conjunto de líneas denominado bus de direcciones. El código de dirección se decodifica y de esa forma se selecciona la dirección adecuada.

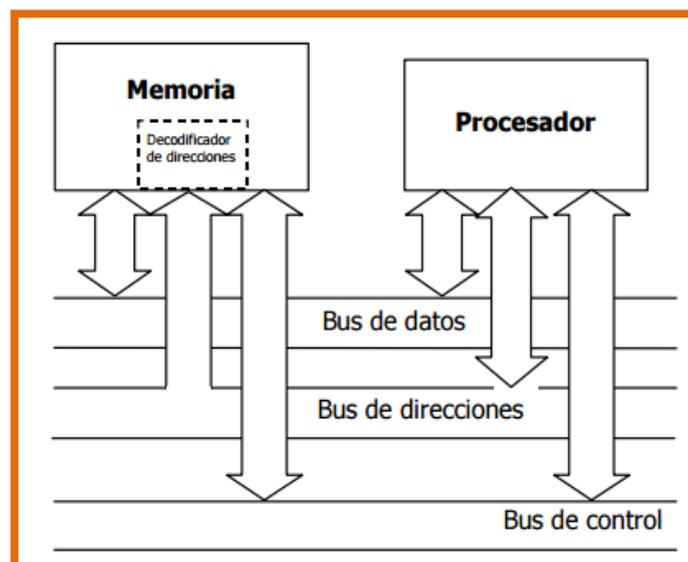


FIGURA Nº 06: DIAGRAMA DE UNA MEMORIA Y LOS BUSES DE COMUNICACIÓN CON EL PROCESADOR

Tipos de memoria

Existen distintas formas de memoria que tienen características diferentes. Las principales son:

RAM

La información que debe cambiarse durante el funcionamiento de un programa suele almacenarse en memoria de acceso aleatorio o RAM (random access memory), que es el nombre asignado a la memoria de escritura y lectura rápidas.

El nombre se debe al hecho de que en estos dispositivos se puede tener acceso a cualquier byte de información con la misma rapidez (esto no es cierto para dispositivos de almacenamiento como las cintas magnéticas, pues tardará más tiempo en llegar a los datos del final de la cinta que a aquellos que se encuentran al principio). Un nombre más apropiado sería memoria de lectura/escritura, pero la palabra RAM es de uso universal y ha quedado establecida.

Una de las características de la RAM es que es volátil. Es decir, pierde su contenido una vez que se ha desconectado la alimentación. En la

actualidad se fabrican RAM no volátiles, aunque en realidad se trata de RAM volátiles con muy bajo consumo (elaboradas por medio de tecnología CMOS) con una batería integrada. Estos dispositivos tienen una vida útil de unos diez años y resultan adecuados para muchas aplicaciones en las que se requiere la retención de los datos.

ROM

La ROM (read only memory) es la memoria de sólo lectura, es decir, el procesador puede leer de ella pero no puede escribir en ella. Estos dispositivos no son volátiles, y por tanto son adecuados para almacenar programas o cualquier información que no deba cambiar. Hay muchos tipos de ROM:

Siglas	Descripción
ROM	Memoria de sólo lectura
PROM	Memoria de sólo lectura programable
EPROM	Memoria de sólo lectura programable y borrrable
EEPROM	Memoria de sólo lectura eléctricamente programable y borrrable

TABLA N° 01: SIGLAS PARA LOS DIVERSOS TIPOS DE ROM

Algunas memorias de sólo lectura son programables por máscara (ROM), lo cual significa que el fabricante del

chip lo programó en la última etapa de la producción. Ésta es la opción más atractiva para la producción de grandes tiradas, pero no es adecuada para el desarrollo de baja tirada por su elevado coste.

Una ROM puede estar fabricada tanto en tecnología bipolar como MOS.

Una alternativa para proyectos pequeños es el uso de una de las memorias de sólo lectura programables o PROM (programmable read only memories). Éstas existen en muchas variantes, pero todas permiten que el usuario programe el dispositivo por sí mismo, ahorrándose el alto costo de la producción de la máscara. Una característica de estos dispositivos es que una vez programados no se les puede modificar.

Para lograr un desarrollo de sistemas flexible resulta provechoso tener un dispositivo de memoria que se pueda programar y luego reprogramar si fuera necesario. Estas características son parte de las memorias de sólo lectura programables y borrables o EPROM (erasable and programmable read only memories). Aunque el término se puede aplicar a varios componentes, por lo general esta descripción se aplica

a la memoria que se borra por exposición a la luz ultravioleta (UV). Los chips cuentan con una ventana de mica que permite que la luz ultravioleta llegue a la superficie del silicio.

La programación se realiza generalmente por medio de un programador EPROM. Las EPROM son muy utilizadas en el desarrollo de sistemas, en la elaboración de prototipos y en la producción de baja tirada. Sin embargo, tienen la desventaja de que por lo general se les debe retirar del circuito y colocar en un borrador y un programador especiales para que se puedan modificar. Otra forma de PROM, la EEPROM se puede modificar en forma eléctrica sin necesidad de una fuente de luz ultravioleta, como sucedía con las anteriores. Esto permite modificar o cambiar un programa mientras el chip está colocado en su circuito.

Sin embargo, debe hacerse notar que una RAM en general se puede escribir y leer en una fracción de microsegundo. Una EEPROM se puede leer a esta velocidad, pero es posible que se necesiten 10 ms para escribir un solo byte. Entonces la EEPROM es un dispositivo de rápida lectura pero lenta escritura, y se le describe mejor como una ROM que como una RAM.

Tipo de Memoria	No volátil	Alta densidad	Celda de un solo transistor	Re-escribible en el sistema
Flash	Si	Si	Si	Si
SRAM	No	No	No	Si
DRAM	No	Si	Si	Si
ROM	Si	Si	Si	No
EPROM	Si	Si	Si	No
EEPROM	Si	No	No	Si

TABLA N° 02: COMPARACIÓN DE LOS TIPOS DE MEMORIA

2.2.1.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Aparato digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como: operaciones lógicas, secuencias, temporizado, conteo, con el objeto de controlar máquinas y procesos.

Clasificación de PLC

✚ Por su construcción:

- Compacto
- Modular Por su cantidad de E/S:
- Nano: hasta 32 E/S
- Micro: 33 a 128 E/S
- Mediano: 128-1023 E/S
- Grande: > 1024 E/S

✚ Estructura de un PLC

- Fuente
- CPU
- Procesador
- Memoria
- Comunicaciones
- Entradas/ Salidas (discretas y analógicas)
- Rack, bastidor o chasis

CPU

La CPU es el módulo que contiene el programa, gestiona las entradas y las salidas y establece en cada momento la acción a realizar. La principal función de la CPU es procesar el programa que el usuario ha introducido, pero además realiza otras acciones. La CPU controla que el tiempo de ejecución del programa de usuario no excede un determinado tiempo máximo (tiempo de ciclo máximo).

A esta función se le suele denominar Watchdog. Para gestionar las entradas, la CPU crea una imagen de estas, el programa de usuario no accede directamente a dichas entradas. Al final del ciclo de ejecución del programa, la CPU renueva el estado de las salidas en función de la imagen obtenida de estas. A nivel de

entradas, conviene señalar, que las informaciones necesarias para que el autómata ejecute sus instrucciones, las suministran los captadores, sensores, etc.

Entre las cualidades que debemos exigir a estos dispositivos podemos citar: tiempo de respuesta, precisión, sensibilidad, inmunidad a perturbaciones, robustez. La CPU toma, una a una, las instrucciones programadas por el usuario y las va ejecutando, cuando llega al final de la secuencia de instrucciones programadas, la CPU vuelve al principio y sigue ejecutándolas de manera cíclica. Para ello, dispone de diversas zonas de memoria, registros, e instrucciones de programa. Adicionalmente, en determinados modelos, podemos disponer de funciones ya integradas en la CPU; como reguladores PID, control de posición, etc. En una automatización las entradas pueden ser digitales o analógicas. A estas líneas se conectan los sensores. Las salidas también pueden ser de carácter digital o analógico. A estas líneas conectaremos los actuadores.

El modo normal de operación de un autómata es realizar una imagen de las entradas y las salidas en cierta zona de la memoria RAM, ya que el acceso a dicha memoria

por parte del microprocesador interno es más rápido que el acceso a un periférico, sobre todo si es externo. Antes de ejecutar el programa realizado por el usuario se carga la imagen de las entradas.

Entonces puede empezar la ejecución correlativa de las instrucciones del programa. Cuando, durante la ejecución, se hace referencia al estado de una entrada no se lee la entrada en cuestión, sino el contenido de la imagen. De igual modo si durante la ejecución de un ciclo de programa se modifica el estado de una variable que corresponde a una salida se actualiza la imagen y no la salida correspondiente. Cada ciclo completo de ejecución de programa realizado se actualiza las imágenes de las entradas y salidas.

Por tanto, las sucesivas variaciones del estado de las entradas posteriormente a la actualización de la imagen no se tendrán en cuenta hasta el próximo ciclo de ejecución de programa. De forma parecida, el estado de las salidas modificadas durante la ejecución del programa no será efectivo en los terminales hasta la actualización de las salidas con el contenido de la imagen.

Módulos de Entradas y Salidas

Todo controlador posee entradas y salidas de periferia en las cuales se conectan los distintos sensores ubicados en la máquina (entradas digitales o análogas) y los actuadores que ejecutan la acción procesada por el controlador (salidas digitales o análogas). A continuación se detallan los distintos tipos de entradas y salidas de periferia:

Entradas

- Discretas: terminal, conversor de señal, optoaislador.
- Analógicas: protección, filtro, multiplexado, CAD (Convertidor Analógico a Digital), aislación, buffer.

Salidas

- Discretas: terminal, optoaislador, convertidor de señal, salida a campo.
- Analógicas: buffer, aislación, CDA (Convertidor Digital Análogo), protección.

Lenguajes de Programación

Se puede definir que un programa es un conjunto de instrucciones ordenadas de una forma determinada, reconocibles por el PLC, a través de su unidad de

programación y de esta manera realizar la secuencia de control deseada por el usuario. Al igual que los PLC, también los lenguajes de programación se han ido desarrollando, en la actualidad las instrucciones pueden ser computarizadas o realizadas a mayor velocidad.

La amplia variedad de lenguajes de programación que existía, propició que se creara una norma que estandarizara los autómatas programables y por consiguiente los lenguajes de programación, de acuerdo a la norma IEC-1131-3.

LD: Diagrama escalera

Conjunto estandarizado de símbolos de programación de “relés en escalera”. Es un lenguaje gráfico que tiene muchas similitudes al principio utilizado por los técnicos en la elaboración de cuadros eléctricos y de automatismos, un programa escrito en este tipo de lenguaje está compuesto de una serie de circuitos que son ejecutados secuencialmente por el PLC, la representación gráfica es similar a diagrama eléctrico, ya que los símbolos empleados son similares a los utilizados en estos diagrama.



FIGURA Nº 07: EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN EN ESCALERA

✚ IL: Listado de Instrucciones

Modelo de ejecución basado en un acumulador (pila) simple, y en el lenguaje alemán Anweisungsliste (AWL). Solo se permite una operación por línea y cada operación actúa sobre uno o dos operandos.

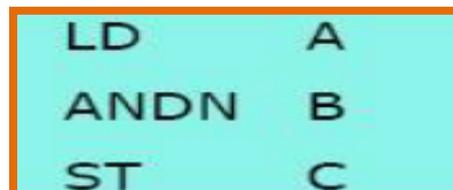


FIGURA Nº 08: EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN EN LISTAS DE INSTRUCCIONES

✚ ST: Texto estructurado

Lenguaje de alto nivel estructurado en bloques, con posibilidad de usar expresiones complejas e instrucciones anidadas como por ejemplo:

- Bucles (Repeat-Until; While-Do)
- Ejecución condicional (IF-Then-Else; Case)

- Funciones (Sqrt(), Sin())



C := A AND NOT B

FIGURA Nº 09: EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN EN
TEXTO ESTRUCTURADO

✚ FBD: Diagrama de bloques funcionales

Lenguaje gráfico ampliamente usado en Europa que permite la aparición de elementos de programa como bloques conectados de forma análoga a un diagrama de circuito electrónico de compuertas lógicas.

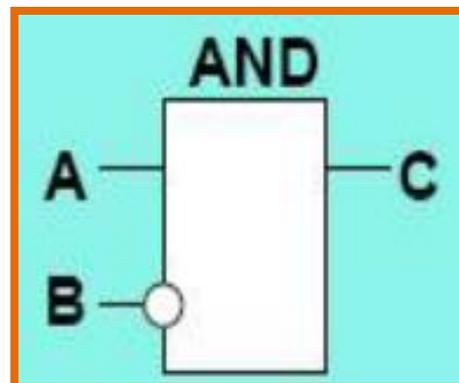


FIGURA Nº10: EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN EN
DIAGRAMA DE BLOQUES DE FUNCIONES

✚ SFC: Diagrama funcional de secuencia

Potente técnica gráfica para describir el comportamiento secuencial de un programa de control, usado para dividir un problema de control,

facilitando el diagnóstico de problemas en el algoritmo de control.

Los elementos son etapas con Bloques de acción y Transiciones.

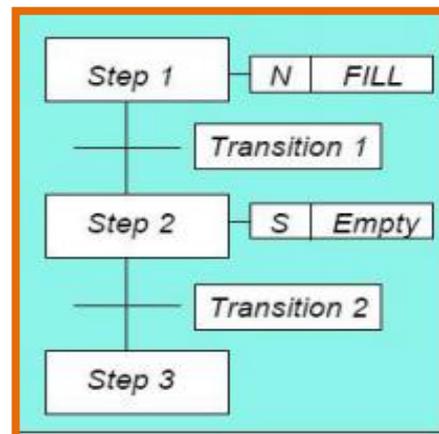


FIGURA Nº11: EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN EN DIAGRAMA FUNCIONAL DE SECUENCIA

2.2.2 SISTEMA DE LLENADO DE BOTELLAS

La existencia de multitud de fluidos distintos a envasar cada uno con características distintas hace difícil encontrar un único sistema de llenado válido, pero existen ciertas generalidades aplicables a la mayoría de fluidos. Existen dos sistemas generales; control ponderal y control volumétrico.

Control ponderal

El llenado ponderal controla el estado del envase en función del peso que tiene en cada momento. Para ello se precisa de una

báscula electrónica situada debajo del envase a llenar. La báscula está formada por una plataforma de pesaje y un visor. La plataforma es el dispositivo que realiza el pesaje y el visor es la interfaz con el usuario. En el visor se introducen los valores de peso total y valor de afinado, y permite ver el peso en tiempo real del envase.

La utilización de una báscula programable da versatilidad a este sistema de control, ya que permite llenar envases de distinta capacidad con la misma infraestructura, simplemente hay que programar los distintos pesos de cada tipo de envase. La precisión de este sistema de control de llenado está directamente ligada a las características de la báscula. Lo más común, es utilizar básculas con divisiones de 100 gr, por lo tanto, la precisión en el peso total es de ± 100 gr.

En envases de 200 kg se produce un error de 0,05 % y en envases de 20 kg del 0,5 %. El rango de pesaje de la báscula depende de la capacidad de los envases que debe llenar. La zona de pesaje debe estar separada físicamente de cualquier otro elemento de la línea y, durante el llenado, la caña no debe tocar en ningún momento el envase. De lo contrario el valor pesado no es correcto. Los sistemas de llenado ponderal evolucionan de la siguiente forma: se detecta un envase vacío en la zona de llenado, se tara para conocer el peso en vacío y se da la orden de empezar a llenar.

Para conseguir mayor precisión en el llenado, los sistemas de control ponderal pueden llenar a gran caudal o a caudal fino.

La mayor parte del envase, aproximadamente un 80% se llena a caudal máximo. Cuando el peso del envase llega al valor de afinado predeterminado se da la orden de llenar a caudal fino hasta detectar el peso exacto a conseguir. Este sistema de control de llenado es el más adecuado para envases de media y gran capacidad. Además en la industria la medida de cantidad más utilizada es el peso y no el volumen, en este sentido el control ponderal resulta más preciso.

La relación entre volumen y peso depende de la temperatura y de la densidad del fluido a envasar, por lo tanto un mismo volumen en ciertas condiciones puede tener un peso y en condiciones distintas otro, lo que hace que perdamos precisión en el envasado, se deberían incorporar sistemas que calculen el peso real en función de las variables del sistema para no perder precisión.

Control volumétrico

El llenado volumétrico controla el volumen de producto que se va a introducir al envase. Este sistema de control precisa de dosificadores, que son receptáculos que contienen la cantidad de producto que se va a introducir al envase. Cada dosificador dispone de una entrada y una salida de producto controlada cada una por

una electroválvula. En el interior del dosificador se sitúa un émbolo que se acciona con un motor y se controla su posición con un “encoder”. Al subir el émbolo se vacía el dosificador hacia el envase, y al bajar se llena, por aspiración, a través de la entrada de producto. Se programa la altura a la que se debe posicionar el émbolo según la capacidad a llenar. Por lo tanto, se pueden dosificar distintas capacidades con el mismo dosificador, pero hay que tener en cuenta que la capacidad máxima que se puede llenar es la máxima del dosificador.

Este sistema de llenado progresa de la siguiente forma; se sitúa el envase bajo la caña de llenado y se introduce la caña en él. Se abre la electroválvula de entrada de producto y se cierra la de salida, el émbolo del interior del dosificador desciende por la acción de un motor hasta la posición predeterminada según la capacidad deseada. Mientras el émbolo baja va entrando producto en el dosificador por aspiración, cuando el émbolo se detiene el dosificador contiene exactamente la cantidad de producto necesaria para llenar el envase. Llegado este punto se cierra la entrada de producto y se abre la salida.

El émbolo sube, vaciando el contenido del dosificador al envase a través de la caña. Cuando se ha llenado aproximadamente el 80% del envase disminuye la velocidad de subida del émbolo para acabar de llenar más suavemente y evitar derrames fuera del

envase. Una vez lleno se evacúa el envase y entra otro vacío si es preciso, en este caso el émbolo vuelve a bajar y subir para llenar el nuevo envase y repite esta acción, como si fuera un pistón, tantas veces como envases a llenar.

Este sistema permite llenar varios envases simultáneamente, pero se precisa de tantas cañas y dosificadores como envases se deseen llenar. El control volumétrico es muy apto cuando se desea llenar varios envases a la vez y el tamaño del envase es de pequeña o mediana capacidad. Para capacidades grandes se precisaría de dosificadores de igual tamaño, con lo que, el motor que mueve el émbolo debe ser entonces de mayor potencia y el espacio necesario aumenta. Según qué capacidad, podría no ser viable. En este caso no es necesario que el sistema de llenado este aislado el resto como ocurre con el llenado ponderal ya que no se usa báscula.

2.2.2.1 SISTEMAS DE TRANSPORTE

Existen varios modos de desplazamiento de envases a través de una línea; cadenas, rodillos y tablillas. Usar un sistema u otro depende del tamaño del envase y del sistema de centrado. Los transportadores de tablillas tienen un ancho reducido por lo que se usan en caso de tener envases pequeños. Evitan el giro de los envases durante el trayecto, con lo que si el envase se posiciona

correctamente al inicio, no se precisa de ningún sistema auxiliar de centrado.

Los transportadores de rodillos y de cadenas se usan para envases de mediano o gran tamaño. El transportador de rodillos puede girar el envase, con lo que deberá disponer de un sistema de centrado auxiliar. El transportador de cadenas no precisa de sistema de centrado ya que no permite la rotación de éste. La tracción de dichos sistemas se realiza con uniones de piñones y cadenas conectadas a un motor.

Los tramos de transportador que estén en zonas donde el envase está lleno y sin tapar, deben dotarse de un variador de frecuencia, para realizar el arranque y la parada suavemente y evitar derrames de producto.

Transportadora de banda

El transporte de banda se emplea ampliamente en la producción en cadena, estos equipos están destinados mayormente al transporte de materiales grandes y medianos, materiales movedizos, en polvo, así también como transporte de piezas en dirección horizontal. La transportadora de banda consta de los siguientes elementos:

- ✚ Banda transportadora
- ✚ Tambores
- ✚ Rodillos de apoyo
- ✚ Conjunto de atesado
- ✚ Conjunto de transmisión

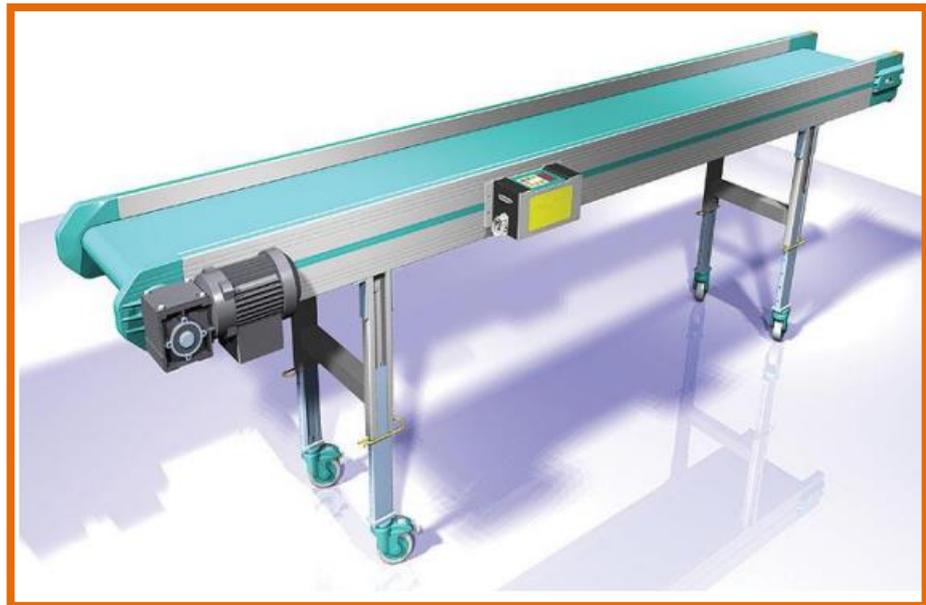


FIGURA N° 12: TRANSPORTADORA DE BANDA

Transportadora de placas articuladas

Los transportadores de placas articuladas son utilizados mayormente para movilizar materiales abrasivos, calientes, de tamaño grande y mediano, así como cargas grandes y pequeñas por piezas.

El uso de este tipo de transportadora está ligado principalmente a la industria minera, carbonífera,

energética, azucarera, etc. El transportador de placas articuladas consta de los siguientes elementos:

- ✚ Parte móvil del transportador con dos cadenas de tracción
- ✚ Catalinas de transmisión
- ✚ Motor eléctrico
- ✚ Reductor
- ✚ Trasmisión dentada abierta
- ✚ Catalinas finales
- ✚ Dispositivo de tensión
- ✚ Barras guías
- ✚ Bancada del transportador.



FIGURA Nº 13: TRANSPORTADORA DE PLACAS ARTICULADAS

Transportadora de rodillos

Los transportadores de rodillos se utilizan para movilizar diversas cargas envasadas y por piezas, es decir, conjuntos y piezas de las máquinas y mecanismos. Los transportadores de este tipo se utilizan ampliamente en los talleres de preparación y fabricación de elementos mecánicos, en los talleres de laminado de fábricas metalúrgicas, en las industrias ligeras, alimentaria y en almacenes de transporte de mercadería.

Transportadores sin transmisión

En estos tipos de transportadores el movimiento de la carga se origina debido a la acción de su propio peso, como consecuencia de una pequeña inclinación de la superficie del transportador hacia el lado del movimiento.



FIGURA Nº 14: TRANSPORTADORA DE RODILLOS SIN TRANSMISIÓN

Transportadores de transmisión

En el transportador con transmisión los rodillos rotan mediante la propulsión de un motor eléctrico o a través de transmisiones dentadas acopladas mediante el uso de cadenas, correas o por cables desde una transmisión general.



FIGURA Nº 15: TRANSPORTADOR DE RODILLOS DE TRANSMISIÓN

Transportadores Rotativos

Los transportadores rotativos son mecanismos de transferencia ampliamente utilizados en los sistemas de producción en cadena altamente automatizados. Estos sistemas son utilizados cuando la cantidad de máquinas a alimentar es limitada.

Al girar la mesa las piezas avanzan de una máquina a la siguiente. La alimentación reiterada de piezas se lo realiza en el mismo sector circular. Las partes básicas que constituyen este tipo de transportadores se detallan a continuación:

- ✚ Tambor rotativo
- ✚ Alojamiento para la recepción de los envases
- ✚ Transportador conformado por una cadena de eslabones
- ✚ Motor reductor
- ✚ Piñón de reenvío
- ✚ Piñón de reenvío de giro libre
- ✚ Empujadores para recoger los envases
- ✚ Zona de recepción de los envases
- ✚ Alimentador de envases
- ✚ Trayectoria curva descrita por la cadena

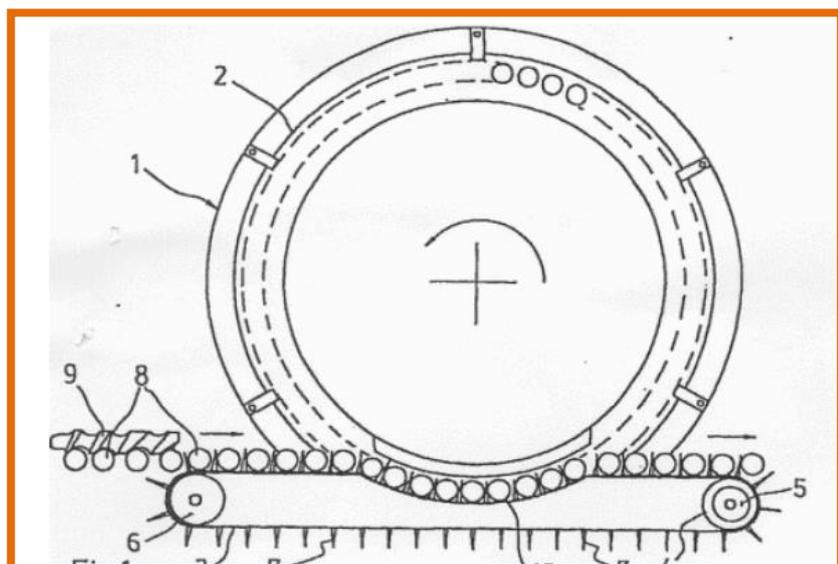


FIGURA Nº 16: ESQUEMA DE UN TRANSPORTADOR ROTATIVO

2.2.2.2 DETECTORES DE PRESENCIA

Los detectores de presencia permiten conocer si cierto cuerpo se encuentra en una posición determinada. En los sistemas de llenado se utilizan mayormente dos tipos: fotocélulas e inductivos. Las fotocélulas son elementos sensores formados por un emisor de luz y una fotocélula de detección. El emisor de luz y la fotocélula de detección pueden encontrarse en el mismo dispositivo, de este modo el haz se refleja en el objeto a detectar o en un espejo reflector creando lo que se denomina barrera, en este caso se detecta la presencia de un cuerpo cuando el haz deja de ser reflejado.

Se encuentran también fotocélulas que emisor y receptor son dos dispositivos diferentes. Los sensores inductivos son interruptores de proximidad que se usan para detectar presencia o ausencia de objetos metálicos. Los utilizados en sistemas de llenado son sensores inductivos, que detectan materiales férricos basándose en variaciones de campo magnético. Las fotocélulas abarcan más espacio de detección, pero son más voluminosas. Los inductivos son menores y detectan a menor distancia y solo materiales férricos.

Se colocan unos u otros en función del espacio disponible, de la distancia y el material del cuerpo a detectar. En el caso que el cuerpo a detectar sea un envase, es preciso que el rango de detección sea mayor, se utilizan fotocélulas. Para detectar las posiciones finales de los componentes de la máquina se usan inductivos, ya que el espacio disponible para colocar el sensor normalmente es reducido.

Los detectores de posición usados en algunos sistemas de llenado más complejos son encoders. Un encoders permite conocer la posición lineal sobre un eje, de un cuerpo respecto un punto prefijado. Se usan en los dosificadores en el caso de tener distintas capacidades a llenar, en los sistemas de tres ejes automatizados y en el soporte caña si se precisa llenar muchos envases distintos.

Actuadores

Los componentes de un sistema de llenado precisan de movimiento para el funcionamiento del conjunto. Estos movimientos se realizan mediante motores o cilindros.

Motores

En las instalaciones de sistemas de llenado encontramos dos tipos de motores: eléctricos y

neumáticos. Los motores eléctricos se usan en desplazamientos de largo recorrido, normalmente para envases de mediana o gran capacidad. El movimiento giratorio que proporciona el eje del motor se transmite a una polea o piñón, que unido a una correa o cadena transforma el movimiento en lineal.

Los motores neumáticos se usan para cargas menores, la electroválvula de control debe ser de tres posiciones y cinco vías, para permitir el giro en los dos sentidos y el paro en la posición requerida.

Cilindros

Los cilindros se usan en movimientos cortos y rápidos precisan de electroválvulas para controlarlos.

2.2.2.3 TIPOS DE ENVASE Y METODOS DE LLENADO

Los envases utilizados han evolucionado durante el tiempo, asegurando de esta forma la calidad y seguridad, al igual que facilita el consumo de las mismas, los envases constituyen un elemento importante ya que la finalidad de estos es proteger al

producto de microorganismos, insectos y otros elementos contaminantes.

Material	Utilización
Plástico PET	50%
Metal	30%
Vidrio	15%
Rellenable	11,85%
No rellenable	3,15%
Envases Dispensadores	4%
Acero rellenable	0,44%
BIB no rellenable	3,56%
Cartón para bebidas	1%

TABLA Nº 03: ENVASES MÁS UTILIZADOS

Llenado por nivel

Este tipo de llenado es utilizado para productos finos o espumosos que generalmente son los líquidos utilizados para la limpieza, consiste en la compensación por variaciones de volumen de los envases, el contenedor del producto debe estar colocado en un lugar en el cual se transporte el fluido sin necesidad de dispositivos de empuje, es recomendable mantener un nivel de

producto adecuado para garantizar el adecuado funcionamiento del sistema.

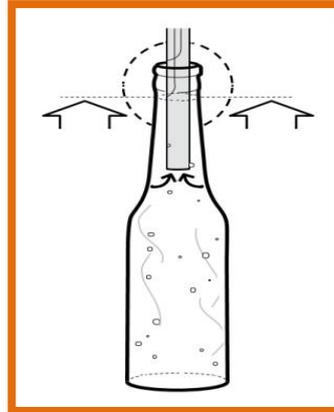


FIGURA Nº 17: ESQUEMA DE LLENADOR POR NIVEL

Llenado por presión

Este tipo de llenado consiste en controlar el flujo del líquido a través de la tubería, el colector debe ser ubicado en la parte superior de los dosificadores, el líquido permanece en el colector mientras que este se encarga de alimentar los tubos, se debe aprovechar las tuberías y sus diámetros de tal manera que se pueda aumentar o disminuir la presión de acuerdo a los requerimientos.

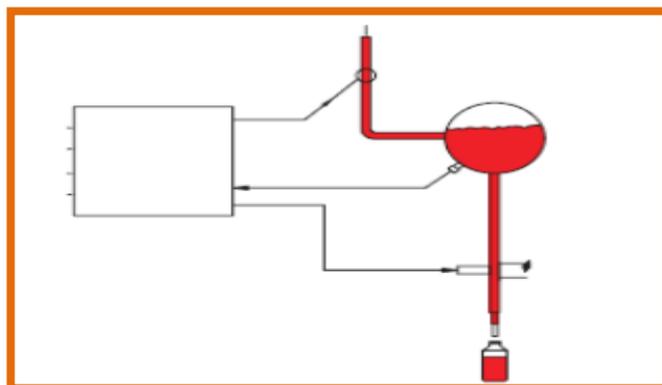


FIGURA Nº 18: ESQUEMA DE LLENADOR POR PRESIÓN

Llenado por pistón

Este tipo de llenado es utilizado para una extensa gama de productos, las máquinas diseñadas en base a este principio son de una estructura robusta.



FIGURA Nº 19: ESQUEMA DE LLENADOR POR PISTÓN

El sistema de llenado de pistón consta de las siguientes partes constitutivas:

- ✚ Válvulas de bola
- ✚ Pistón dosificador
- ✚ Tubo entrada
- ✚ Tubo salida

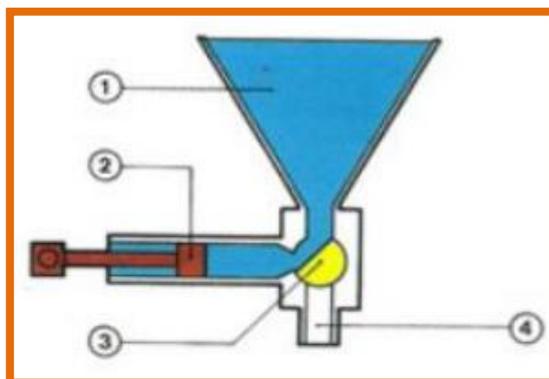


FIGURA Nº 20: ESQUEMA CONSTITUTIVO DEL LLENADO POR PISTÓN

Llenado volumétrico

Este tipo de sistema consiste en medir el volumen del producto que ingresa en la botella mediante la utilización de un medidor de caudal ya sea este un sensor magnético o másico colocado en el dosificador.

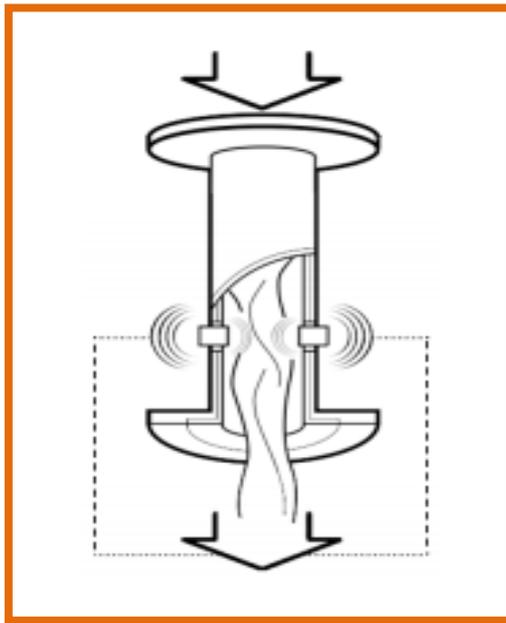


FIGURA Nº 21: ESQUEMA DE LLENADOR VOLUMÉTRICO

Llenado con llaves electro neumáticas

Este tipo de llenado consiste en abrir la boquilla mediante un controlador automático en el cual se preestablecerá el tiempo específico dependiendo del tamaño del envase, tiempo en el cual el líquido es colocado en la botella y así lograr el volumen de llenado requerido. Un llenado adecuado depende de tres fases que son tiempo de llenado, presión del flujo del líquido y la velocidad de llenado.



FIGURA Nº 22: LLENADO POR LLAVES ELECTRO NEUMÁTICAS

2.3. MARCO CONCEPTUAL

- ✚ ABRAZADERAS: Una abrazadera para tubo es una pieza de metal, PVC u otro material que sirve para asegurar tuberías o conductos de cualquier tipo.
- ✚ ACERO INOXIDABLE: En metalurgia, el acero inoxidable se define como una aleación de acero con un mínimo de 10% de cromo contenido en masa.
- ✚ AIRE COMPRIMIDO: El aire comprimido se refiere a una tecnología o aplicación técnica que hace uso de aire que ha sido sometido a presión por medio de un compresor.
- ✚ ANSI: Es una organización sin ánimo de lucro que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos.

- ✚ AUTOMATIZACIÓN: Es el uso de sistemas o elementos computarizados para controlar maquinarias y/o procesos industriales sustituyendo a operadores humanos.
- ✚ BAR (UNIDAD DE PRESIÓN): Se denomina bar a una unidad de presión equivalente a un millón de barias, aproximadamente igual a una atmósfera (1 Atm).
- ✚ BRONCE: Metal de color rojizo y origen fundido. Es el nombre con el que se conoce a un amplio grupo de aleaciones de cobre y estaño (hojalata).
- ✚ CARRERA: La distancia máxima recorrida por un pistón entre el centro estático inferior y el centro estático superior.
- ✚ CHUMACERA: Un tipo de cojinete deslizante teniendo movimiento ya sea oscilatorio o rotatorio en conjunto con el muñón con el que opera.
- ✚ CILINDRO NEUMÁTICO: Son dispositivos motrices en equipos neumáticos que transforman energía estática del aire a presión, haciendo avances o retrocesos en una dirección rectilínea.
- ✚ CORRIENTE ALTERNA (AC): Se denomina corriente alterna a la corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente.
- ✚ CORRIENTE CONTINUA (CC): La corriente continua es el flujo continuo de electrones a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial.
- ✚ CORRIENTE ELÉCTRICA: Es el flujo de carga por unidad de tiempo que recorre un material. Se debe a un movimiento de electrones en el interior de un material.

- ✚ CORROSIÓN: Ataque químico y electroquímico gradual sobre un metal producido por la atmósfera, la humedad y otros agentes.
- ✚ DIÁMETRO: El diámetro de una circunferencia es el segmento que pasa por el centro y sus extremos son puntos de ella.
- ✚ ENERGÍA ELÉCTRICA: Se denomina energía eléctrica a la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos, cuando se les coloca en contacto por medio de un conductor eléctrico para obtener trabajo.
- ✚ FRECUENCIA (Hz): La frecuencia de la corriente alterna (C.A.)
- ✚ GUARDAMOTOR: Un guardamotor es un disyuntor magneto-térmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos.
- ✚ HARDWARE.- Término del inglés que se utiliza generalmente para describir los artefactos físicos de una tecnología.
- ✚ HMI: Interfaz de usuario se usa para referirse a la interacción entre humanos y máquinas.
- ✚ INTERFAZ: En términos generales, una interfaz es el punto, el área, o la superficie a lo largo de la cual dos cosas de naturaleza distinta convergen.
- ✚ INTERRUPTOR: Aparato de poder de corte destinado a efectuar la apertura y/o cierre de un circuito que tiene dos posiciones en las que puede permanecer en ausencia de acción exterior y que corresponden una a la apertura y la otra al cierre del circuito.
- ✚ IP: Este estándar ha sido desarrollado para calificar de una manera alfa-numérica a equipamientos en función del nivel de protección que

sus materiales contenedores le proporcionan contra la entrada de materiales extraños.

- ✚ KW: El vatio o watt (símbolo W), Es el equivalente a 1 julio sobre segundo (1 J/s) y es una de las unidades derivadas.
- ✚ LITRO (L).- El litro (símbolo l o L) es una unidad de volumen equivalente a un decímetro cúbico (0,001 m³).
- ✚ MÁQUINA: Una máquina es un conjunto de piezas o elementos móviles y fijos, cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía o realizar un trabajo.
- ✚ MOTOR ELÉCTRICO: Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas.
- ✚ MOTOREDUCTOR: Este mecanismo se compone de un tornillo cilíndrico o hiperbólico y de una rueda (corona) de diente helicoidal cilíndrica o acanalada.
- ✚ NEUMÁTICA: Ciencia de la ingeniería perteneciente a la presión de los gases y su flujo.
- ✚ PARO DE EMERGENCIA: Es un interruptor accionado manual o eléctricamente, situado en la línea de alimentación de la máquina.
- ✚ PIÑÓN: El más pequeño de dos engranes en contacto. Puede ser el impulsor o el impulsado.
- ✚ PLC: (Programmable Logic Controller en sus siglas en inglés) o Controlador de Lógica Programable, son dispositivos electrónicos muy usados en Automatización Industrial.

- ✚ POLIPROPILENO: Es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno (o propeno).
- ✚ POTENCIA: Cantidad de trabajo realizada en una unidad de tiempo. La potencia de un motor se mide en caballos de vapor (CV) o en kilovatios (Kw) en el sistema internacional.
- ✚ PSI: De las siglas en inglés (Pounds per square inch) que es traducido Libras por pulgada cuadrada.
- ✚ RODAMIENTOS LINEALES: Es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a éste, que le sirve de apoyo y facilidad su desplazamiento.
- ✚ RPM: Revoluciones por minuto (rpm, RPM o r/min) es una unidad de frecuencia, usada frecuentemente para medir la velocidad angular.
- ✚ SENSOR: Es un dispositivo capaz de medir 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.
- ✚ SOFTWARE: componentes intangibles de un ordenador o computadora, es decir, al conjunto de programas y procedimientos necesarios para hacer posible la realización de una tarea específica.
- ✚ TEMPERATURA: Magnitud referida a las nociones comunes de caliente o frío. Por lo general, un objeto más "caliente" tendrá una temperatura mayor, y si fuere frío tendrá una temperatura menor.

- ✚ TORQUE.- El torque, o momento de torsión, es el momento de una fuerza tangencial alrededor de un eje.
- ✚ VÁLVULAS: Es un dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.
- ✚ VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN: La válvula de alivio de presión termoplástica protege el equipo y el sistema contra excesos de presión o cambios de presión repentinos.
- ✚ VÁLVULA DE BOLA: Está válvula es pequeña y tiene bajo coste, por lo cual es muy utilizada en la industria.
- ✚ VARIADOR DE FRECUENCIA: Un variador de frecuencia es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROBLEMA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO AUTOMATIZADO

A continuación describo el proceso en estudio, que consiste en la automatización del sistema de llenado de bidones plásticos para el control de válvulas y de faja transportadora, para la mejora de precisión de la cantidad de bebida gasificada utilizada en la Embotelladora Oriental S.A.C.

El sistema automatizado permite adicionar cantidades en peso de líquidos a bidones situados sobre una plataforma provista de una célula de carga que determina su peso, tal como se muestra en la figura N°23.

Los bidones llegan mediante una faja transportadora, que se detiene cuando el sensor DA detecta un bidón, posición que permite su llenado, mediante un colector ubicado en el orificio de entrada del bidón.

Una vez situado en este punto, un temporizador de 1 segundo permite el inicio del ciclo de llenado, se sensorará su peso y dos válvulas se abren para permitir llenar el bidón; La válvula V1 permite un caudal muy superior al de la válvula V2 y, al detectar el 95% del peso deseado (Sensor PA), se cierra la válvula V1, con la V2 permite una aproximación muy fina al peso mencionado (Sensor PB).

A continuación se pone en marcha la cinta transportadora y conduce al bidón hasta otra cinta que lo traslada al almacén de expedición (Este segmento no forma parte del estudio)

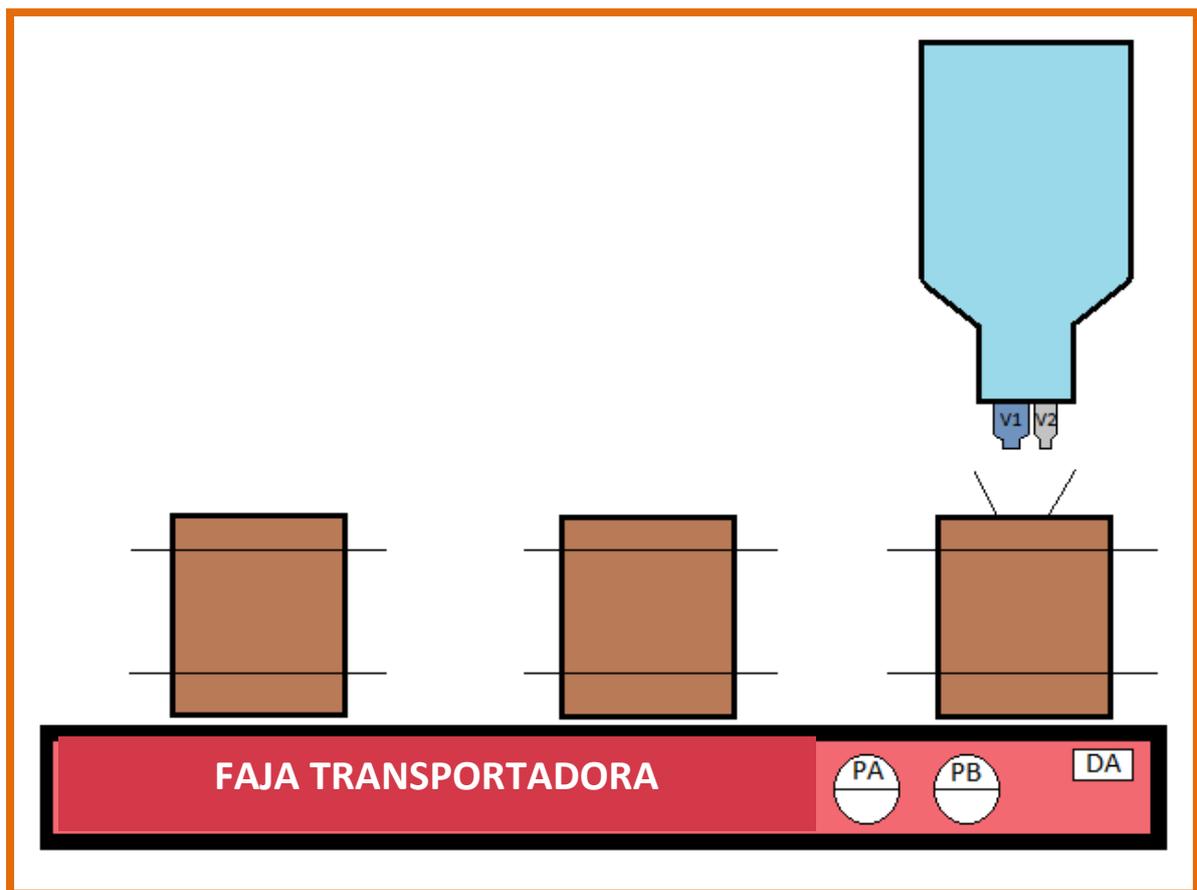


FIGURA N° 23: ESQUEMA DEL SISTEMA A AUTOMATIZAR

A continuación se identifica las entradas y las salidas del proceso:

ENTRADAS DEL PROCESO		
N°	SENSOR	DENOMINACIÓN
1	Pulsador Marcha	PM
2	Pulsador de parada	PP
3	Sensor de bidones	DA
4	Sensor de peso	PA

TABLA N° 04: ENTRADAS DEL PROCESO

SALIDAS DEL PROCESO		
N°	ACTUADOR	DENOMINACIÓN
1	Motor de la Cinta Transportadora	KM1
2	Válvula_1	KM2
3	Válvula_2	KM3

TABLA N° 05: SALIDAS DEL PROCESO

A partir de la identificación de las entradas y salidas del proceso se procederá a establecer una relación con las entradas y salidas del Controlador Lógico Programable.

DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS	
ENTRADAS DEL PROCESO	ENTRADAS DEL PLC
Pulsador Marcha	I1 (1bit)
Pulsador de Paro	I2 (1bit)
Sensor de Bidón (DA)	I3 (1bit)
Sensor de peso (PA)	I4 (1bit)

TABLA N° 06: DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS

DIRECCIONAMIENTO DE SALIDAS	
SALIDAS DEL PROCESO	SALIDAS DEL PLC
Motor de la Cinta Transportadora	Q1
Valvula_1 (V1)	Q2
Valvula_2 (V2)	Q3

TABLA N° 07: DIRECCIONAMIENTO DE SALIDAS

En referencia al direccionamiento de entradas y salidas, es que se determinó el tipo de PLC a utilizar. En este caso se requiere utilizar un PLC que posea 4 entradas discretas y 3 salidas discretas. Por lo tanto se utilizará el Nano PLC LOGO 230 RC.

Ahora que ya se determinó el tipo de PLC, se procedió a realizar la conexión de sensores y actuadores.

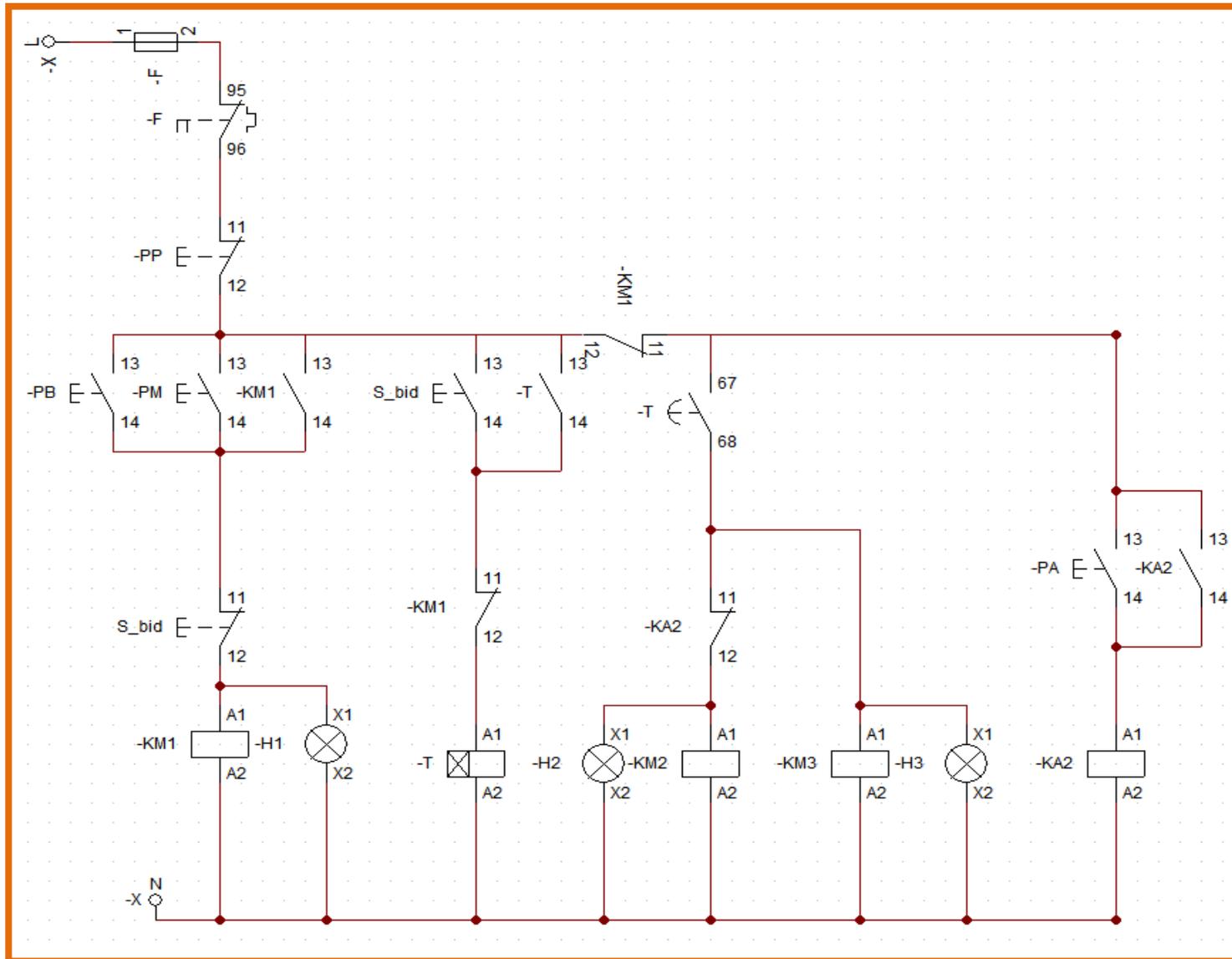


FIGURA N° 24: CIRCUITO DE CONTROL

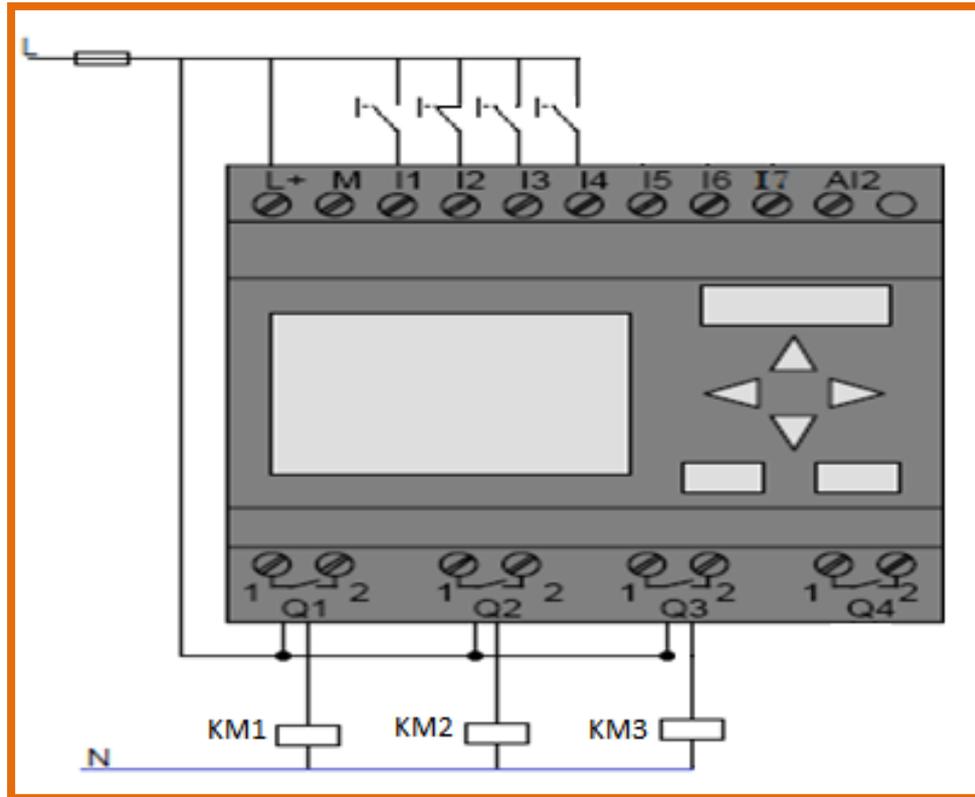


FIGURA N° 25: CONEXIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS AL PLC

3.2 DESARROLLO DEL PROGRAMA PARA EL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

El programa se desarrollará con el Software LOGO SOFT COMFORT V8, utilizando Diagramas de Contacto:

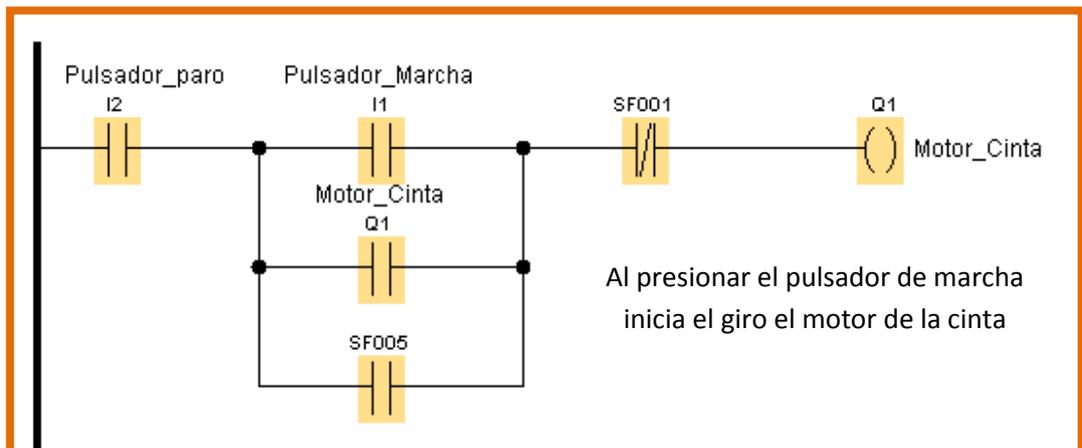


FIGURA N° 26: PROGRAMACIÓN SEGMENTO 1

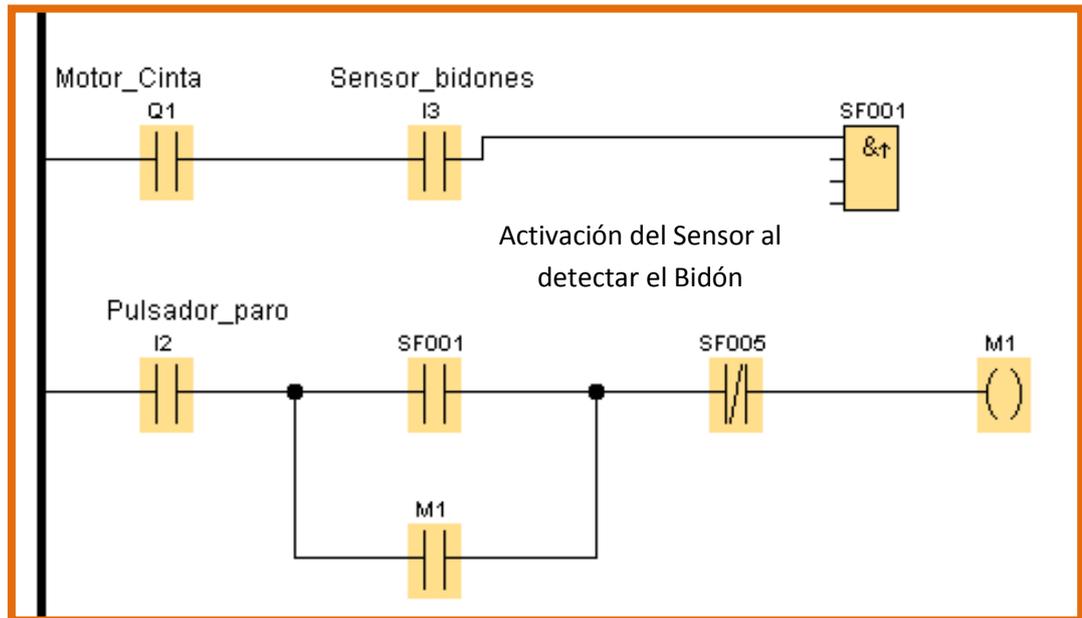


FIGURA N° 27: PROGRAMACIÓN SEGMENTO 2

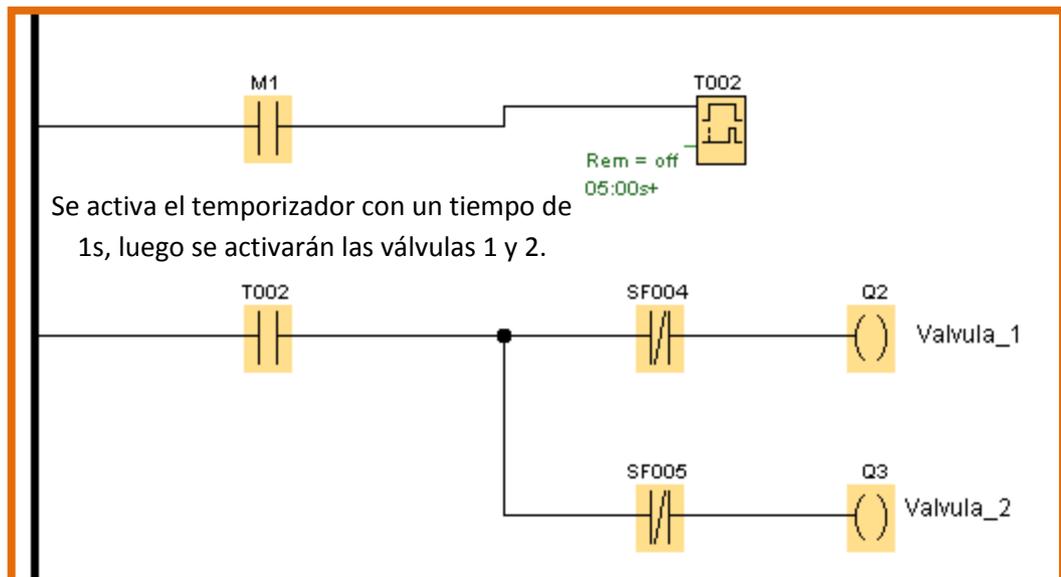


FIGURA N° 28: PROGRAMACIÓN SEGMENTO 3

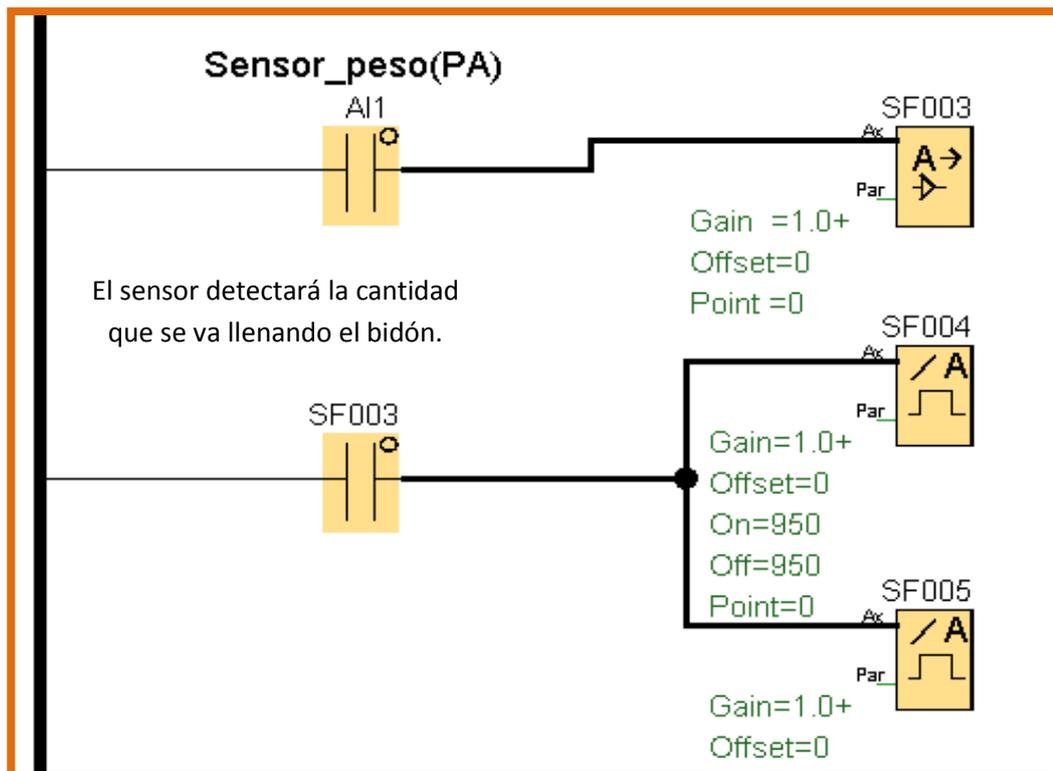


FIGURA N° 29: PROGRAMACIÓN SEGMENTO 4

3.3 REVISIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS

En la ejecución del programa de automatización del Controlador Lógico Programable LOGO 230 RC, se observa:

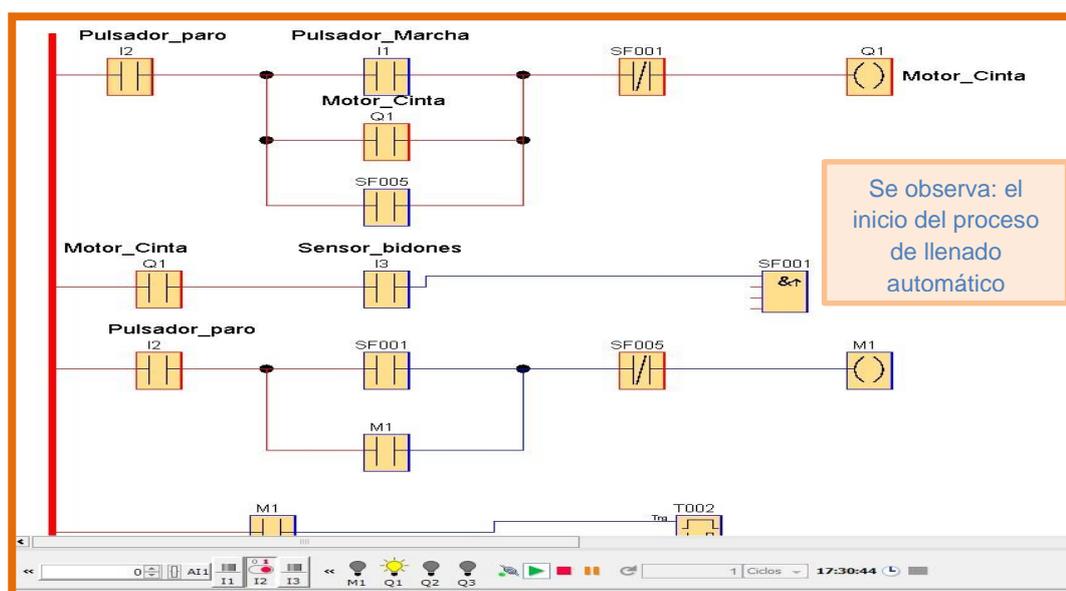


FIGURA N° 30: PUESTA EN MARCHA EL PROCESO

La figura anterior representa el inicio del proceso de llenado automático, el cual se observa que al presionar el pulsador de marcha se activa la faja transportadora hasta llegar al sensor de bidones, que de forma automática desactiva la faja.

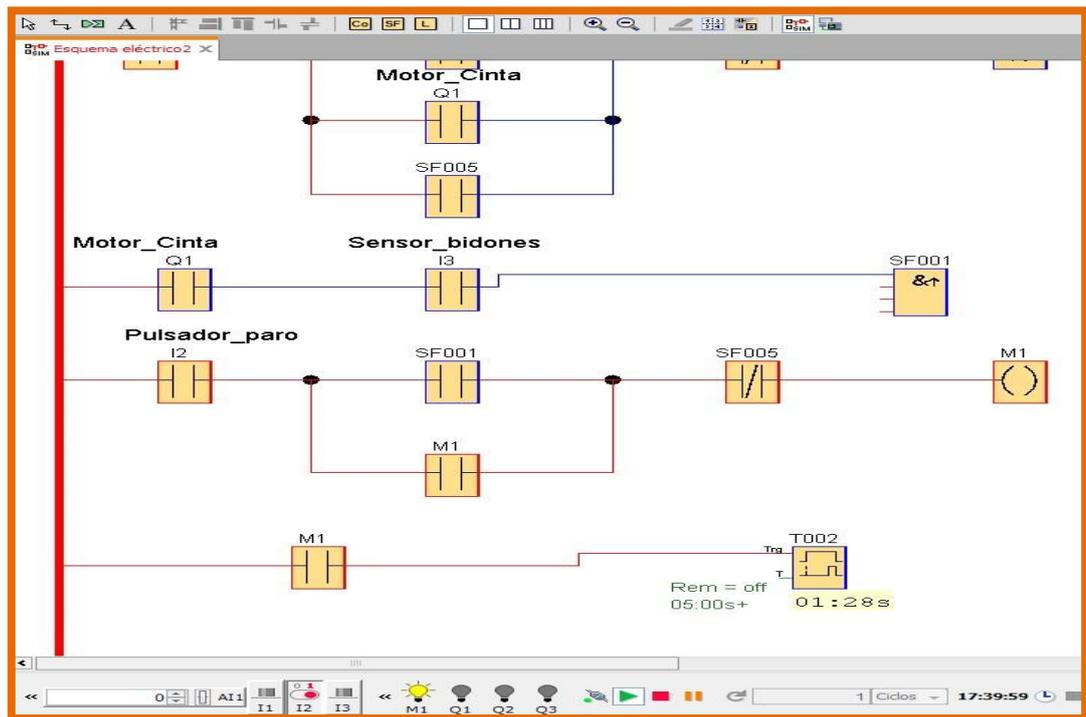


FIGURA N° 31: EL SENSOR AL DETECTA EL BIDÓN Y ACTIVA AUTOMATICAMENTE AL TEMPORIZADOR

En la figura anterior se observa que inmediatamente después el sensor detecta la presencia del bidón, activa el temporizador con el tiempo configurado, activando las válvulas de llenado.

La siguiente figura muestra la activación de las válvulas.

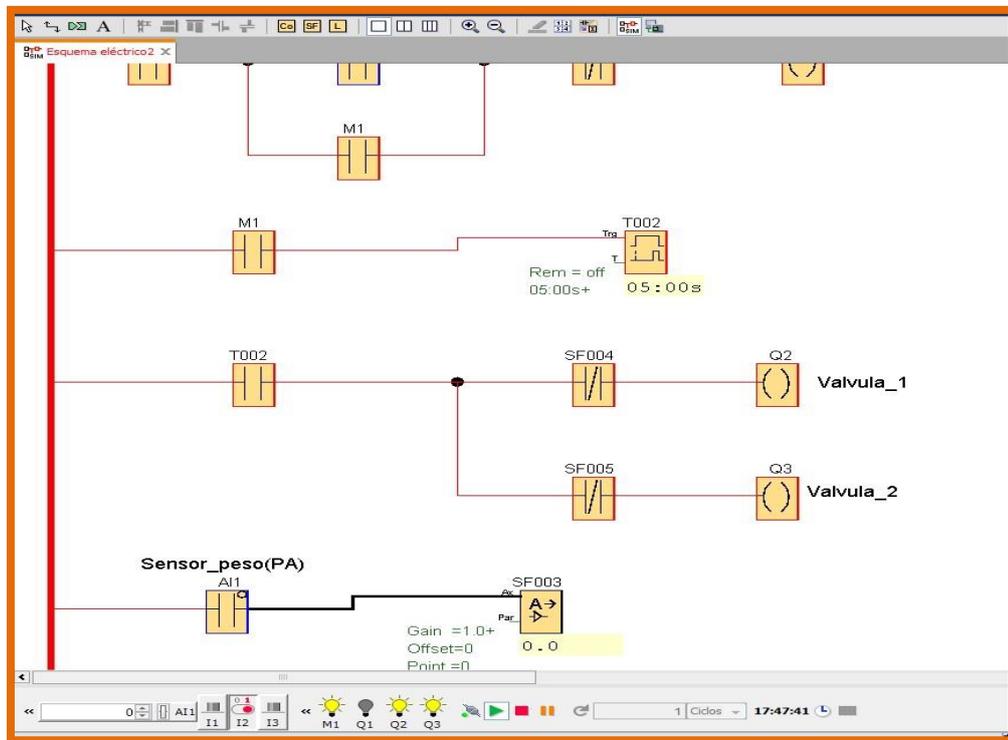


FIGURA N° 32: ACTIVACIÓN DE LAS VÁLVULAS

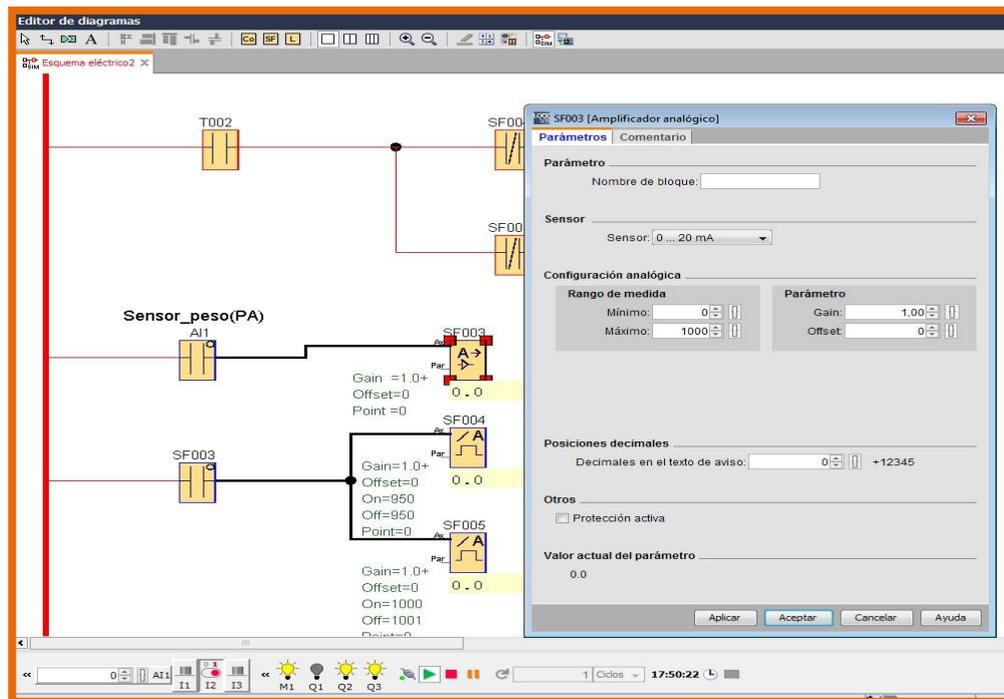


FIGURA N° 33: VERIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DEL CONMUTADOR ANALÓGICO

The image shows a software interface for configuring an analog switch (SF004). The main window displays an electrical schematic with components like T002, SF004, SF005, AI1, and SF003. The configuration window for SF004 is titled 'SF004 [Conmutador analógico de valor umbral]' and contains the following settings:

- Parámetros:** Nombre de bloque: (empty)
- Sensor:** Sensor: 0 ... 10 V
- Configuración analógica:**
 - Rango de medida: Mínimo: 0, Máximo: 1000
 - Parámetro: Gain: 1.00, Offset: 0
- Valor umbral:**
 - ON: 950 (Referencia)
 - OFF: 950 (Referencia)
- Posiciones decimales:** Decimales en el texto de aviso: 0 +12345
- Otros:** Protección activa
- Valor actual del parámetro:** 951.0

Buttons at the bottom of the configuration window are 'Aplicar', 'Aceptar', 'Cancelar', and 'Ayuda'.

FIGURA N° 34: DETECCIÓN DEL PESO DEL BIDÓN

En la figura anterior se observa que a partir de la configuración del conmutador analógico la válvula 1 se desactiva al llegar al 95% y activa de inmediato la válvula 2.

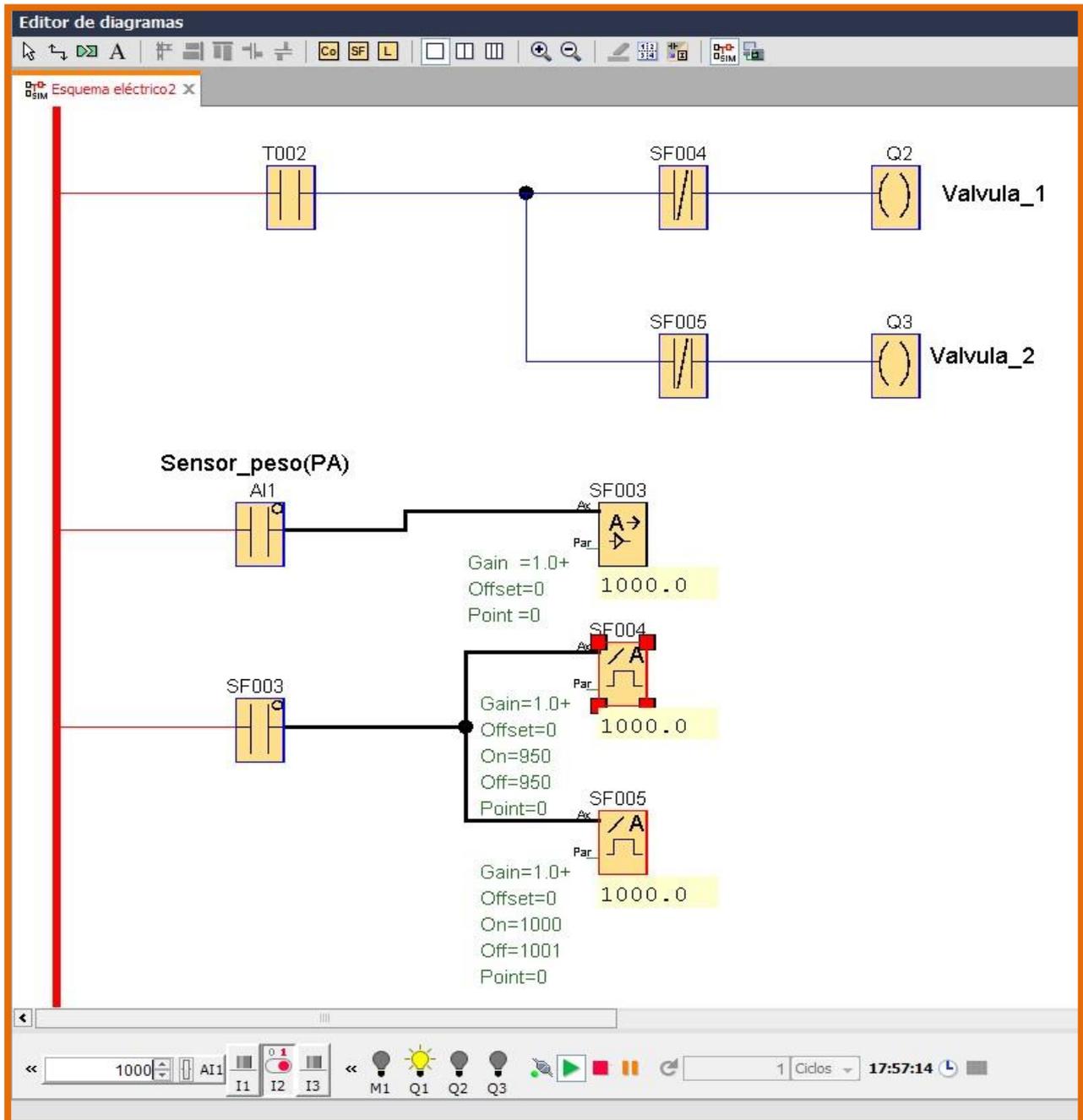


FIGURA N° 35: DETECCIÓN DEL PESO DESEADO

En la figura anterior se observa que al llegar al peso máximo se desactiva la segunda válvula y se activa el motor de la cinta, para que le procese iniciarse nuevamente.

Con lo cual se verifica la mejora de precisión entre el sistema de llenado de bidones de bebida gasificada sin automatizar con el sistema automatizada detallada en la Figura N° 36.

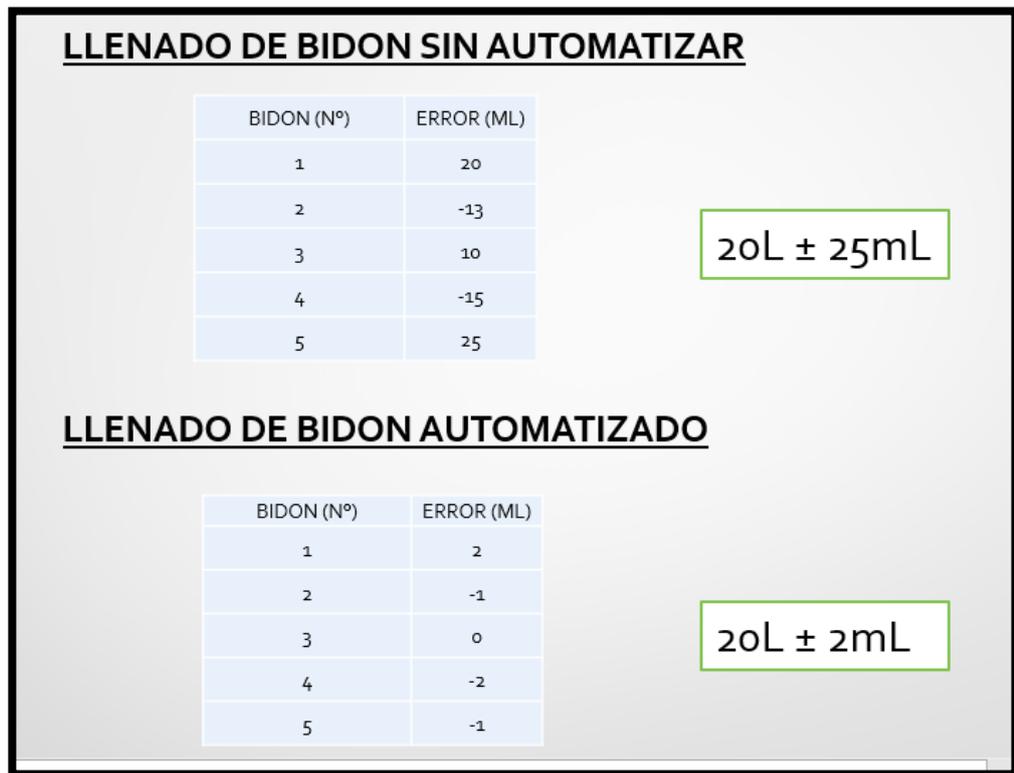


FIGURA N° 36: LLENADO DE BIDÓN ANTES Y DESPUÉS DEL PROCESO AUTOMATIZADO

CONCLUSIONES

- Se concluye que a partir de la identificación de sensores y actuadores del sistema de llenado de bidones fue posible desarrollar el circuito de control de válvulas y faja transportadora, tal como se muestra en el capítulo 3.1.
- Se concluye que mediante la simulación del programa del Controlador Lógico Programable fue posible verificar el control del accionamiento de válvulas y faja transportadora del sistema de llenado de bidones plásticos en la Embotelladora Oriental S.A.C.
- Finalmente se concluye que mediante la la Automatización del sistema de llenado de bidones plásticos para el control de válvulas y de faja transportadora en la Embotelladora Oriental S.A.C. se mejorará la precisión de la cantidad de bebida gasificada utiliza durante el proceso.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar el automatismo del sistema de llenado de bidones plásticos para el control de válvulas y de faja transportadora en la Embotelladora Oriental S.A.C. con el fin de mejorar la precisión de la cantidad de bebida gasificada utilizada en el proceso.
- Se recomienda utilizar un panel HMI a fin de monitorear el proceso de manera permanente y a distancia, garantizando que el personal o el operario tenga el menor contacto posible con el producto generado.
- Se recomienda tomar como referencia este Trabajo de Suficiencia a fin de automatizar los otros subprocesos que conforman el sistema de envasado de bidones de agua gasificada en la Empresa Oriental S.A.C.

BIBLIOGRAFÍA

- ✚ **MEDINA, G.** (2010). La Automatización en la Industria Química. Editorial: UPC. España.

- ✚ **MONTELLANO, F.** (2003). Sistemas Servo controlados: Elección y Cálculo de accionamientos, Automática e Instrumentación. Editorial Marcombo.

- ✚ **Ros, R.** (2003). Monitorización de una red industrial, Rev. Automática e Instrumentación,

- ✚ **Erickson K.T.** (1996). Programmable Logic Controller Potentials, IEEE, Volume 15.

- ✚ **JUDDS G.,** (2007). Principles and applications off membrane Bioreactors in water and wastewater treadment". USA. Elsevier Oxford.

- ✚ **VILLÉ H.,** (2001). Máquinas Automatizadas para procesos industriales. México. Editorial Cengage Learning.

- ✚ **VALLEJO, M.B.** (2006). Aspectos generales de la Automatización en el sector químico. Editorial Mc Graw Hill.

- ✚ **GARCIA. N.** (2000). Autómata Programable". Departamento de Ingeniería Sistemas y Automática. Universidad de Elche.

- ✚ **TORRES F.** (2002). Robots y Sistemas Sensores. Editorial Prentice Hall.

- ✚ **BAUTISTA R.** (2012). Tesis: Incrementación de envasado de Agua y propuesta de Automatización de Planta Purificadora. México. Universidad Tecnológica de Querétaro.

- ✚ **ROMERO G.** (2010). Tesis: “Control Avanzado en Procesos Industriales de microfiltración u ultrafiltración Tangencial”. Universidad Politécnica de Valencia.

- ✚ **MANDADO. E.** (2005). Autómatas Programables: Entornos y Aplicaciones. Editorial Thompson Learning.

- ✚ **DIAZ. A.** (2006). Automatización de Etiquetadora de Botellas Kronos bajo PLC SIEMENS. (Tesis de Pre Grado). Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela

- ✚ **RAMIRO. J.** (2007). Fabricación y automatización de un sistema de transporte para envase aséptico en una planta de alimentos. (Tesis de Pre Grado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

- ✚ **CRUZ. H.** (2010). Diseño e Implementación de una maquina flexible para envasado de líquidos. (Tesis de Pre Grado). Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil, Ecuador.

✚ **REINOSO. O.** (2003). Apuntes de Sistemas de Control. Barcelona, España:
ECU

✚ **SANTAMARIA. G.** (2010). Manual de automatización eléctrica. Madrid,
España: ARCO/ LIBRO S.A.

✚ **ROMERA. P.** (2010). Automatización. Barcelona, España: PARANINFO

BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA

- SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL DE EMBOTELLADO
<http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/99/tesis%20buenagonzalezmonroy.pdf?sequence=1>

- DISEÑO DE UN SISTEMA DE LLENADO PONDERAL AUTOMATIZADO
<http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1432pub.pdf>

- AUTOMATIZACIÓN DE LAS BANDAS TRANSPORTADORAS Y DE LAS BANDAS DE DESCARGA, EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DEL VULCANIZADO DE LLANTAS
<http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/639/Proyecto%20de%20Graduacion%20Jose%20Castro%20Murillo.pdf?sequence=1>