

AUTOMATIZACIÓN E INSTRUMENTACIÓN DE UNA PLANTA  
EMBOTELLADORA A ESCALA

JOHN ALEXANDER PEÑALOZA CALDERÓN  
SERGIO MORA GÓMEZ

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA  
ESCUELA DE INGENIERIAS Y ADMINISTRACION  
BUCARAMANGA

2008

AUTOMATIZACIÓN E INSTRUMENTACIÓN DE UNA PLANTA  
EMBOTELLADORA A ESCALA

JOHN ALEXANDER PEÑALOZA CALDERÓN  
SERGIO MORA GÓMEZ

Tesis de grado presentada como requisito para optar el título de Ingeniero  
Electrónico

DIRECTOR DEL PROYECTO:  
JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCÓN  
Ingeniero Electricista  
MSc. en Potencia Eléctrica

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA  
ESCUELA DE INGENIERIAS Y ADMINISTRACION  
BUCARAMANGA

2008

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bucaramanga, 6 de Noviembre de 2008

Gracias a mis padres, Gladys Gómez Gómez y Hernando Mora Camargo, a mi hermano Hernando Mora Gómez, a Milena Molina Ortiz por el cariño y apoyo brindado durante mi crecimiento personal, a mis familiares y amigos por ser ellos mi principal fuente de educación, por sus sabios consejos que me enseñaron a valorar la vida y a respetar a quienes me rodean, por ellos quienes influyeron la sencillez y honradez que me caracteriza, gracias por hacer posible lograr mi título profesional, que Dios los Bendiga.

Sergio Mora Gómez

Gracias a mi madre, Mariela Calderón Silva a que agradezco de todo corazón por su amor, cariño, comprensión, compañía, apoyo que me brinda, por guiarme por buen camino, enseñarme como vivir y enfrentar la vida sin temor alguno para lograr todo aquello que se me proponga, a mi padre, Cesar Peñaloza Cárdenas por su apoyo y colaboración durante mis estudios, a mis hermanas, Shirley Johanna Peñaloza Calderón y Sandra Milena Peñaloza Calderón por todo su apoyo e inmenso cariño que siempre me han demostrado, a todos mis amigos por la amistad brindada y a Dios por llenar mi vida de bendiciones.

John Alexander Peñaloza Calderón

## AGRADECIMIENTOS

- ✓ A Dios creador del universo y dueño de nuestras vidas que nos ofreció la sabiduría y las capacidades para llevar a cabo este proyecto.
- ✓ A todas las directivas de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, por su apoyo y colaboración para la realización de esta investigación.
- ✓ A la Facultad de Ingeniería Electrónica, por el soporte institucional dado para la realización de este trabajo.
- ✓ Al ingeniero Juan Carlos Villamizar, por su gestión, colaboración, apoyo y disponibilidad que sin ellas no fuese posible la realización de este proyecto, damos gracias por los conocimientos aportados para nuestro desarrollo en la vida profesional.
- ✓ A Sergio Ferreira por su colaboración, apoyo y entusiasmo en la elaboración y ejecución del prototipo.
- ✓ A todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, hacemos extensivo nuestros más sinceros agradecimientos.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 OBJETIVOS	3
1.1.1 Objetivo general	3
1.1.2 Objetivos específicos	3
2. MARCO TEORICO	3
2.1 EMBOTELLADORAS	3
2.1.1 Definición de planta embotelladora	3
2.1.2 Reseña histórica	4
2.1.3 Aspectos sociales	5
2.1.4 Aportes a la industria	6
2.1.5 Evolución de las embotelladoras	7
2.1.6 Principales embotelladoras	8
2.2 EMBOTELLADORAS EN COLOMBIA	8
2.2.1 Marco estadístico de embotelladoras en Colombia	8
2.2.2 Tabulación y presentación de resultados	10
2.2.3 Análisis de la información estadística	11
2.3 AUTOMATIZACIÓN	12
2.3.1 Autómatas en la historia	12
2.3.2 Definición de automatización	15
2.3.3 Objetivos de la automatización	15
2.3.4 Automatismos industriales	15
2.3.5 Partes de la automatización	16
2.3.6 Definición de instrumentación	17
2.3.7 Elementos de una Instalación Automatizada	18
2.3.7.1 Máquinas	18
2.3.7.2 Accionadores	18
2.3.7.3 Pre Accionadotes	18
2.3.7.4 Captadores	18
2.3.7.5 Interfaz hombre-máquina	19
2.3.7.6 Elementos de mando	19
2.3.8 Grado de automatización	19
2.4 PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE)	21
2.4.1 Definición	21

2.4.3 Estructura interna de un PLC	22
2.4.4 ventajas de automatizar con PLC	23
2.4.5 OMROM CPM1A	24
2.4.5.1 Descripción OMROM CPM1A	24
2.4.5.2 Características del PLC OMROM CPM1A	25
2.5 PANTALLA TACTIL NS-5	25
2.5.1 Descripción	26
2.6 CADENA	28
2.7 PIÑONES	30
2.8 MOTOR DE LA BANDA TRANSPORTADORA	31
2.9 FINALES DE CARRERA	31
2.10 MOTOR DE SECADO Y TAPADO	32
2.11 SOLENOIDES	32
2.12 ELECTROVÁLVULAS	33
2.13 SENSORES INFRARROJOS	33
2.14 MOTOBOMBA	34
2.15 CONTACTOR	35
3. PROTOTIPO DE LA EMBOTELLADORA	36
3.1 PARTES PRINCIPALES	36
3.2 PARTES COMPLEMENTARIAS	36
3.3 HARDWARE	37
3.3.1 Base y banda transportadora	37
3.3.2 Lavado	38
3.3.3 Secado	40
3.3.4 Llenado	43
3.3.5 Tapado	48
3.3.6 Cadena y piñones del módulo	53
3.3.7 Motores DC del módulo	54
3.3.8 Solenoides del módulo	54
3.3.9 Finales de carrera del módulo	55
3.3.10 Sensor de nivel del módulo	55
3.3.11 Baquetas	56
3.4 VARIABLES DEL MODELO	56
3.4.1 Posición	56
3.4.2 Nivel	57
3.5 LAZOS DE CONTROL	57
3.5.1 Lazos de control abiertos	57

3.5.2 Lazo de control cerrado	57
3.6 UTILIZACIÓN DEL PLC Y PANTALLA TÁCTIL	58
3.6.1 Terminales entrada salida E/S	59
3.7 INDICACIONES INICIALES DEL MÓDULO	62
3.8 SOFTWARE	63
3.8.1 Software de soporte	63
3.8.2 Consola de programación	64
3.9 EXPLICACION DE LA CONFIGURACION DE LA PANTALLA	64
3.9.1 Simulacion del funcionamiento de la pantalla	73
3.10 POTENCIA DE LOS DISPOSITIVOS	74
4 TAMAÑO Y CAPACIDAD DEL PROYECTO	76
4.1 Descripción del tamaño de la embotelladora a escala	76
4.2 Factores que determinan el tamaño de la embotelladora	76
4.3 Capacidad del proyecto	77
4.4 Capacidad instalada	77
4.5 Capacidad utilizada	77
5. ANALISIS DEL PROYECTO	78
5.1 ASPECTOS POSITIVOS	78
5.2 ASPECTOS POR MEJORAR	78
5.3 FUTURAS AMPLIACIONES	79
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES	82
ANEXOS A (DATASHEETS)	83
ANEXOS B (PLANO ELÉCTRICO)	87
ANEXOS C (EXPLICACIÓN CÓDIGO EN DIAGRAMA ESCALERA)	90
ANEXOS D (CONEXIONES DEL CABLE DE COMUNICACION)	104
ANEXOS E (CONEXIONES TABLEROS)	105
BIBLIOGRAFIA	110

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. Embotelladoras nacionales	9
TABLA 2. Embotelladoras tabuladas	10
TABLA 3. Potencia Motobomba	75
TABLA 4. Potencia Motor secado	75
TABLA 5. Potencia válvula	75
TABLA 6. Potencia de motor y solenoides en tapado	75
TABLA 7. Potencia de motor banda	76
TABLA 8. Potencia sensores	76

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de bloques del proceso	2
Figura 2. Distribución nacional de embotelladoras	11
Figura 3. PLC CPM1A	24
Figura 4. Pantalla táctil	25
Figura 5. Cadena	28
Figura 6. Partes de la cadena	29
Figura 7. Tipos de cadena	30
Figura 8. Rueda dentada	30
Figura 9. Sensor infrarrojo	33
Figura 10. Contactor.	35
Figura 11. Base del módulo.	37
Figura 12. Etapa lavado.	38
Figura 13. Etapa secado	40
Figura 14. Cabina secado.	40
Figura 15. Movimientos de la cabina (secado).	41
Figura 16. Etapa llenado	44
Figura 17. Tanque llenado.	45
Figura 18. Tanque alineado (llenado).	45
Figura 19. Válvula solenoide modificada.	46
Figura 20. Electrovalvula.	47
Figura 21. Electrovalvula con tanque.	47
Figura 22. Etapa tapado	48
Figura 23. Diseño dispensador de tapas.	49
Figura 24. Diseño dispensador definitivo en balsa.	49
Figura 25. Diseño dispensador de tapas en aluminio.	50
Figura 26. Partes del dispensador de tapas.	50
Figura 27. Vista superior del dispensador (tapado).	50
Figura 28. Partes del módulo.	51
Figura 29. Estructura tapado.	51
Figura 30. Paredes de vidrio del lavado.	52

Figura 31. Módulo definitivo.	52
Figura 32. Cadena y piñón del módulo.	53
Figura 33. Motor banda transportadora.	54
Figura 34. Motor secado y tapado.	54
Figura 35. Solenoides.	55
Figura 36. Baquetas de los sensores.	56
Figura 37. Programador del PLC.	64
Figura 38. Configuración de la comunicación de la pantalla táctil.	65
Figura 39. Paleta de funciones de la pantalla táctil.	65
Figura 40. Pantallas del proceso.	66
Figura 41. Pantalla de inicio.	66
Figura 42. Pantalla principal del proceso.	67
Figura 43. Pantalla del lavado.	68
Figura 44. Gotas general.	68
Figura 45. Gotas text.	69
Figura 46. Gotas layout/frame.	69
Figura 47. Pantalla del secado.	70
Figura 48. Pantalla del llenado.	70
Figura 49. Pantalla del tapado.	71
Figura 50. Pantalla del historial del proceso.	71
Figura 51. Indicadores del proceso.	72
Figura 52. Configuración de la Macro.	72
Figura 53. Simulación pantalla general	73
Figura 54. Simulación etapa lavado.	74
Figura 55. Simulación historial.	74

## GLOSARIO

Accionadores: son equipos acoplados a las máquinas, y que permiten realizar movimientos, calentamiento, ensamblaje, embalaje.

Automatización: la automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Captadores: son los sensores y transmisores, encargados de captar las señales necesarias para conocer el estado del proceso, y luego enviarlas a la unidad de control.

Contactores: es un aparato de maniobra automática con poder de corte; por consiguiente puede cerrar ó abrir circuitos con carga ó en vacío. Se le define como un interruptor accionado ó gobernado a distancia por acción de un electroimán.

Electroválvulas: es un dispositivo electrónicamente basado en el funcionamiento del electroimán esto es, una barra ó vástago que se mueve en una trayectoria fija de acuerdo a la corriente que circula por la bobina que lo rodea.

Finales de carrera: los finales de carrera son captadores de conmutación electromecánica, la detección del objeto por medio del cabezal hace conmutar los contactos electrónicos.

Instrumentación: es el grupo de elementos que sirven para medir, controlar ó registrar variables de un proceso, con el fin de optimizar los recursos utilizados en este módulo.

Pre-accionadores: se usan para comandar y activar los accionadores. Por ejemplo, contactores, switchs, variadores de velocidad, distribuidores neumáticos, entre otros.

Solenoides: el solenoide es un alambre aislado enrollado en forma de hélice (bobina) ó n número de espiras con un paso acorde a las necesidades, por el que circula una corriente eléctrica.

## RESUMEN

**Título:** Automatización e Instrumentación de una Planta Embotelladora a Escala.

**Autores:** JOHN ALEXANDER PEÑALOZA CALDERÓN  
SERGIO MORA GÓMEZ

**Palabras claves:** controlador lógico programable (PLC), motobomba, pantalla táctil, sensores.

Este trabajo de grado se realizó con el objetivo de monitorear y controlar diferentes etapas de un proceso automático. El prototipo elaborado consiste en una planta embotelladora a escala que será usado en prácticas de laboratorio, diplomados y especializaciones relacionados con el tema de automatización y control de procesos, asimismo permite interactuar de manera didáctica con un proceso compuesto por dispositivos electrónicos que son utilizados a nivel industrial, es el caso del PLC y la pantalla táctil, que en el módulo permiten controlar y manipular las diferentes variables del proceso.

El módulo está compuesto por cuatro etapas: lavado, secado, llenado y tapado. Una banda transportadora se encarga de pasar las botellas por las etapas existentes, la primera etapa es el lavado, en el cual la botella pasa por un sistema de riego compuesto por una motobomba que succiona agua de un tanque ubicado en la parte inferior del módulo.

La segunda etapa es el secado, en esta etapa la botella es girada por un período de dos segundos, pasado este tiempo se descarga la botella sobre la banda transportadora y sigue a la siguiente etapa que es el llenado, la botella es llenada cuando se abre una válvula solenoide conectada a un tanque, al llegar al nivel deseado es detectado por un sensor infrarrojo, el cual hace que la válvula se cierre dando por terminada esta etapa. En la última etapa que es el tapado, se alinea la botella con el dispensador de tapas cuya función es

soltar y enroscar la tapa, es de aclarar que la banda transportadora se detiene en las etapas de secado, llenado y tapado.

La pantalla táctil hace la función de interfaz hombre máquina (HMI), en la cual se puede configurar el tiempo de lavado de las botellas, asimismo se podrá observar cuantas botellas han pasado por cada una de las etapas.

## **ABSTRACT**

Keywords: Actuators, Automation, catchers, contactors, solenoid-valves, sensors, instrumentation, PLC, Pre-actuators, solenoid.

This project is done to give an approach into an industrial process that has the same steps of a real bottler, showing the different stages of a didactic manner of this scale automatic process controlled by PLC's. The bottling module has a mainly device used in industry known as PLC, also a touch screen that serves as a HMI (human machine interface), and mechanical part of the module consists of four main stages (washing, drying, filling and plugged). The mechanical part of the module has various electronic devices in each of its stages such as sensors, actuators and the end of race (DC motors, AC Motor, DC solenoids, electro-valves AC).

## INTRODUCCION

Este proyecto de grado es basado en la necesidad de formular un Proceso de Automatización e Instrumentación para el laboratorio de máquinas eléctricas; la idea surge de encuestas realizadas a estudiantes de la facultad de ingeniería electrónica que ven la necesidad de tener un acercamiento físico con un proceso industrial.

Para satisfacer esta falencia del laboratorio se elaboró un prototipo de una planta embotelladora a escala que cuenta con las etapas de una embotelladora real: lavado, secado, llenado y tapado, que son controladas por dos PLC's conectados de forma maestro-esclavo y una pantalla táctil con la que se monitorea el proceso de forma gráfica.

Este módulo es para el uso en laboratorios de pregrado y postgrado, el cual contiene la instrumentación y los equipos necesarios para la realización de prácticas que den un enfoque más práctico a los conocimientos adquiridos en las áreas de control e instrumentación.

En este informe se plantea el marco teórico el cual está compuesto por el estado del arte de las embotelladoras más destacadas a nivel nacional e internacional, la definición de los equipos e instrumentos utilizados, la evolución del prototipo, el tamaño, la capacidad y el análisis del proyecto respectivamente.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

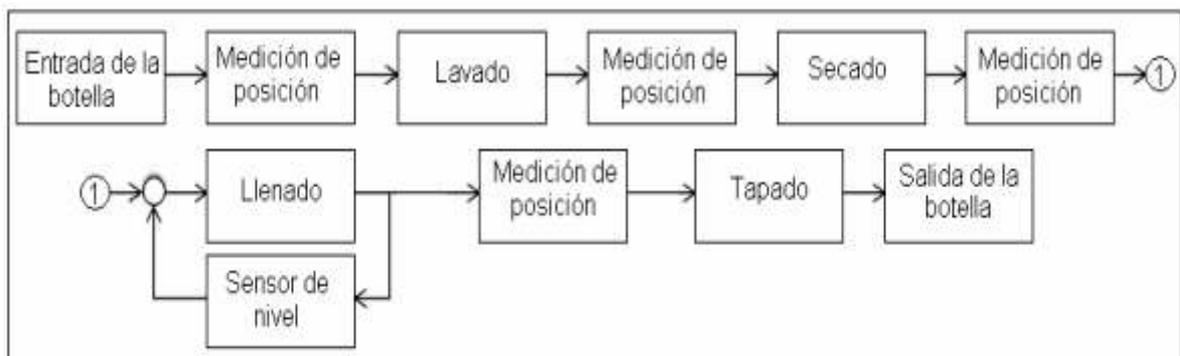
A la entrada del proceso se ubicará la botella de forma manual, ésta inicia pasando por cada una de las etapas del mismo, se debe tener en cuenta que la botella puede perder el equilibrio por la presión del agua que cae sobre ella en la etapa de lavado, por eso se ubicarán soportes al lado de la banda transportadora con el fin de evitar que se caigan.

En la etapa de lavado y secado se debe evitar que al golpear el agua a la botella ó al desocupar los residuos de agua, se podrían mojar dispositivos causando daños en el módulo, para este caso se aislará con paredes de vidrio en cada etapa para evitar este tipo de percances.

En la etapa de llenado se contará con un sensor de nivel para evitar que se derrame el líquido con el que se desea llenar la botella. En la última etapa se debe determinar el número de vueltas con el cual será tapada la botella; por último se debe tener en cuenta que hay que sostener la botella para evitar que esta se gire al estar tapándose para finalizar el proceso satisfactoriamente.

El número de actuadores limita la utilización del PLC, por esta razón para obtener mayor número de salidas se procederá a conectar dos PLC en maestro esclavo.

El modelo a escala de la embotelladora cuenta con una parte electrónica y una mecánica, es necesario que la parte mecánica sea controlada por la electrónica en variables como: nivel y posición, porque ofrece mayor confiabilidad y precisión haciendo de esto un proceso autónomo.



**Figura 1.** Diagrama de bloques del proceso.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo general**

Monitorear y controlar las diferentes etapas de una manera didáctica en el proceso automático de una embotelladora a escala con un PLC.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- ✓ Recopilar, investigar y buscar fuentes de información sobre procesos automáticos de embotelladoras con el fin de determinar el estado del arte.
- ✓ Establecer los lazos de control ON/OFF en cada una de las etapas del proceso.
- ✓ Acoplar de manera sincrónica las partes mecánicas y electrónicas con el fin de obtener un sistema autónomo.
- ✓ Observar y manipular el comportamiento del sistema por medio de un PLC para poder accionar diferentes actuadores.
- ✓ Controlar dos PLC conectados de forma maestro esclavo con el fin de obtener mayores salidas digitales.
- ✓ Seleccionar e implementar las características de instrumentación requeridas y el software para la programación de la pantalla táctil.
- ✓ Realizar la documentación final y así mismo llegar a sustentar el proyecto.

## **2. MARCO TEORICO**

### **2.1 EMBOTELLADORAS**

#### **2.1.1 Definición de planta embotelladora**

Es una máquina que realiza el proceso de envasar líquidos en un recipiente de manera eficiente, las empresas con el fin de aumentar su producción y obtener mayor distribución emplean dispositivos electrónicos para automatizar sus procesos, esto garantiza que la mayor parte de sus etapas sean autónomas.

### 2.1.2 Reseña histórica

Para hablar del principio de las embotelladoras debemos enlazar diferentes aspectos que la conforman desde los inicios de las botellas, tapas y las necesidades que hicieron posible crear una embotelladora.

En la antigua Roma el término *ampulla*, botella, se designaba a una vasija que tuviera cualquier forma y que estuviera hecha de cualquier material, pero sobre todo el nombre servía para designar un recipiente con el cuello largo y estrecho y el cuerpo inflado.<sup>1</sup>

En 1892, William Painter creó una tapa o sello que llamó "corona" por su semejanza con la corona utilizada por las reinas, en 1906 y 1909 Samuel C. Bond desarrolló y patentó un sello que llamó tapa.<sup>2</sup>

No se sabe a ciencia cierta desde sus inicios que se introducía en lo que hoy llamamos botellas, en la antigua Roma se utilizó tanto para aceites como para transportar diferentes líquidos; lo que sí se debe tener en cuenta para hablar de la primera embotelladora es el desarrollo tecnológico en cada país.

Si bien COCA COLA en los años de 1898, se estableció como la primera embotelladora del mundo y los empresarios asumieron la totalidad del costo de las instalaciones y se encargaron de su manejo, pagando a la casa matriz una regalía, y a cambio recibían el concentrado necesario para elaborar el producto.<sup>3</sup>

Debemos tener en cuenta que COCA COLA contaba con los medios financieros para emprender una embotelladora que creciera en su evolución a la par de la demanda de su producto, en este orden de ideas es importante hacer un paralelo con embotelladoras sudamericanas que no crece de igual forma y que sus productos inicialmente se embotellaban manualmente.

---

<sup>1</sup> BOTELLA. [Página de Internet] En: <http://es.wikipedia.org/wiki/Botella> [consulta 2008 08-10].

<sup>2</sup> BUITRAGO, Raúl y GUERRA, José. Revista Bavaria N°118, publicada en Bogotá D.E Colombia 1980, Pag.2 [Consulta: 2008 08-06].

<sup>3</sup> APROXIMACIONES A LOS CONTRATOS DE CONCESIÓN Y DE FRANQUICIA MERCANTIL. [Página de Internet] En: [http://www.acj.org.co/activ\\_acad.php?mod=posesion%20valencia%20tejada](http://www.acj.org.co/activ_acad.php?mod=posesion%20valencia%20tejada) [Consulta: 2008 08-07].

Un claro ejemplo es el matrimonio británico conformado por el Sr. José R. Lindley y la Sra. Martha Stoppanie de Lindley e hijos, que llegó al Perú y se estableció en el distrito del Rímac, en un pequeño terreno de 200 metros cuadrados, en Cajamarca, fundando una empresa destinada a elaborar y procesar bebidas gasificadas. A esta empresa se le conoció como Fábrica de Aguas Gasificadas "Santa Rosa" de José R. Lindley e Hijos.<sup>4</sup>

La Familia Lindley inició sus actividades en forma manual y con una producción promedio de una botella por minuto. Posteriormente, con su valioso aporte engrandeció el rubro de Bebidas al introducir innovaciones, dentro de las que se encuentra, el haber cambiado el antiguo sistema de tapa de corcho o tapa de bola por la tapa corona.

En 1918, la Familia Lindley adquirió la primera máquina semiautomática, lo que permitió aumentar el promedio de producción, de una unidad por minuto a un promedio de quince botellas por minuto.<sup>5</sup>

En el año 1948, la empresa adquirió la primera máquina totalmente automática, la misma que permitió incrementar la producción a un promedio de 36 botellas por minuto; hasta ese momento se empleaban botellas de vidrio lisas con etiquetas de papel, envases que se cambian en el año 1952, empleándose botellas de vidrio con el logotipo de Inca Kola en alto relieve.<sup>6</sup>

### **2.1.3 Aspectos sociales**

Como aspecto social es de resaltar que las embotelladoras en sus inicios generaron una disminución de trabajadores por su automatización reduciendo mano de obra pero que en su evolución generan una proyección futurista y aporta innovación y crecimiento tecnológico teniendo en cuenta la proliferación de nuevos conocimientos para el mejoramiento de embotelladoras más eficaces y creando así un reto para la ingeniería que debe estar en constante crecimiento con la demanda de la sociedad.

---

<sup>4</sup> HISTORIA DE LA INCA-KOLA [Pagina de Internet] En: [http://www.bossm.com/inca\\_kola.html](http://www.bossm.com/inca_kola.html) [consulta 2008 08-20].

<sup>5</sup> Inca\_Kola, Op. Cit.

<sup>6</sup> Inca\_Kola, Ibid.

Un aspecto social que proyecta evolución para las embotelladoras se presentó en Europa, con unos resultados desastrosos. El refresco Coca-Cola provocaba intoxicaciones porque nadie había advertido a las embotelladoras que los tapones de corcho que se utilizaban se tenían que esterilizar, y que el agua tenía que ser pura y no alcalina, ya que las bacterias del jarabe reaccionaban rápidamente al contacto con el corcho y producían una bebida tóxica, lo que produjo un cambio a las tapas.<sup>7</sup>

A lo largo de todo el siglo XXI, las embotelladoras están presentes en casi todo el mundo, generan gran productividad y empleo, asimismo son proyectos de estudio en busca de un mejor rendimiento para satisfacer las necesidades cada vez más exigentes y que requieren de mayor productividad y rapidez.

#### **2.1.4 Aportes a la industria**

A COCA COLA se le atribuye pionero en dar el impulso de creación de embotelladoras a la mano del aporte publicitario, que en casi todos los países, está a cargo de la empresa franquiciante que a su vez, otorgaron licencias para producir la bebida, a muchas personas y entidades en diversos lugares.<sup>8</sup>

Esta empresa dividió el país por zonas y comenzaron a re-vender los derechos para embotellar Coca-cola a empresarios locales. En 1909 había casi 400 plantas embotelladoras en EEUU aunque algunas sólo abrían los meses de verano, que era cuando se producía mayor demanda de Coca-cola.<sup>9</sup>

Este ejemplo lo siguieron otras empresas fabricantes de refrescos como la PEPSI COLA. Ya para el año de 1920 existían más de 1.000 embotelladoras, todas ellas prósperas.<sup>10</sup>

La rápida expansión de la industria de la bebida ha atraído la atención de los principales participantes de la industria embotelladora, la producción y la comercialización del equipo para el embotellado se han convertido en un asunto internacional y los embotelladores de América latina pueden escoger de equipos fabricados dentro y fuera de la región. Gracias al establecimiento de

---

<sup>7</sup> ESPECIAL COCA-COLA [Pagina de Internet] En: <http://www.muchogusto.net/especiales/especial.Php?especial=Coca-Cola> [consulta 2008 08-18].

<sup>8</sup> Coca-Cola, Op. Cit.

<sup>9</sup> Coca-Cola, Ibid.

<sup>10</sup> Coca-Cola, Ibid.

varias plantas de producción es posible abastecer el equipo embotellador que esta diseñado para las necesidades específicas de cualquier mercado de bebidas.<sup>11</sup>

### **2.1.5 Evolución de las embotelladoras**

Antiguamente el proceso de embotellado se realizaba de forma manual, debido a la gran demanda surge la necesidad de crear maquinaria para hacer esos procesos más rápidos que permitan aumentar el promedio de producción, entre ellas surgieron máquinas semiautomáticas y posteriormente las automáticas que difieren entre si, en la capacidad de producción.

La industria de la bebida latinoamericana esta pasando por una evolución importante en términos de productos ofrecidos y empaque utilizado, esta compañía ha sido forzada a elaborar productos que puedan ser adaptados a diversos requisitos.<sup>12</sup>

Hoy en día la embotelladora más rápida Francisco Vallejo, presidente del consejo de administración de Agua de Bronchales SA, propietaria de la planta, resaltó que disponen de la línea de embotellado "más rápida del mundo", con una capacidad de 1.200 garrafas de 19 litros a la hora. El agua se embotella en gran formato y está destinada a domicilios y oficinas. Además la empresa oferta máquinas expendedoras y enfriadoras de agua.<sup>13</sup>

Los fabricantes de equipo embotellador están introduciendo nueva tecnología, la cual no solo es más eficiente, sino más fácil de trabajar con ella. El uso cada vez mayor de características electrónicas y de apoyo computarizado reduce la necesidad de ajustes mecánicos y ayuda a reducir el tiempo de mantenimiento.<sup>14</sup>

La creciente popularidad en América Latina de las bebidas no carbonadas, especialmente del agua mineral, ha impulsado la demanda de sistemas de llenado por gravedad. Existen diferentes modelos de equipos que ofrecen sistemas de llenado sin presión el cual presenta la capacidad de corrección de

---

<sup>11</sup> Revista Bebidas. Mayo-Junio de 1998. Año 55. Número 3 Volumen 105 pagina 12.

<sup>12</sup> Revista Bebidas, Op. Cit.

<sup>13</sup> IGLESIAS INAUGURAN LA PLANTA DE AGUA DE BRONCHALES [Pagina de Internet] En: <http://www.elperiodicodearagon.com/noticias/noticia.asp?pkid=105666> [consulta 2008 08-09].

la altura del llenado inherente, basado en el uso de una presión diferencial de gas ligeramente inerte. Esta técnica da como resultado una exactitud en la altura de llenado superior y la protección de bebidas sensibles al oxígeno.<sup>15</sup>

### **2.1.6 Principales embotelladoras**

COCA –COLA junto con Nestlé y Pepsi son las principales embotelladoras de líquido que controlan el mercado a escala mundial.<sup>16</sup>

Junto con las principales embotelladoras de otros países esta INCA KOLA en Perú, Postobón, Hipinto, Bavaria en Colombia, embotelladora Andina en Chile, Zaragoza en España entre otras destacada a nivel mundial.

## **2.2 EMBOTELLADORAS EN COLOMBIA**

### **2.2.1 Marco estadístico de embotelladoras en Colombia**

Las embotelladoras se emplea para diferentes actividades económicas y los productos a embotellar son múltiples y variables, por ende para realizar un marco estadístico se tiene en cuenta las principales embotelladoras de líquidos gaseosos a nivel nacional.

Las ciudades nombradas a continuación no son el total de ciudades que tienen plantas embotelladoras a nivel nacional pero si forman parte de las que tienen mayor demanda en cuanto, como resultado las ciudades son:

Armenia, Barrancabermeja, Barranquilla, Bogotá, Bucaramanga, Cali, Cartagena, Cúcuta, Duitama, Girardot, Ibagué, Itagüí, Manizales, Medellín, Montería, Neiva, Pereira, San Andrés, Santa Marta, Tunja, Valledupar y Villavicencio.<sup>17</sup>

---

<sup>14</sup> Revista Bebidas, Op. Cit., 20

<sup>15</sup> Revista Bebidas, Ibid.,20

<sup>16</sup> DENUNCIAN MANIOBRAS DE COCA COLA PARA ADUEÑARSE DE AGUA EN CHIAPAS [Pagina de Internet] En: [http://www.profesionalespcm.org/\\_php/MuestraArticulo2.php?id=3153](http://www.profesionalespcm.org/_php/MuestraArticulo2.php?id=3153) [consulta 2008 08-03].

<sup>17</sup>EMPRESAS DE LA INDUSTRIA COLOMBIANA [Pagina de Internet] En: <http://www.losnegociantes.com/busqueda.aspx?rb=69571,72975&CodDirectorio=&Nombre=GASEOSAS&Encabezado> [consulta 2008 08-15].

**TABLA 1.** Embotelladoras nacionales

	<b>Embotelladoras</b>	<b>Ubicación</b>
1	Postobón S.A.	ARMENIA
2	Embotelladora De Santander S.A.	BARRANCABERMEJA
3	Gaseosas De Barrancabermeja S.A.	BARRANCABERMEJA
4	Bavaria S.A.	BARRANQUILLA
5	Postobón S.A.	BARRANQUILLA
6	Coca Cola FEMSA S.A.	BOGOTÁ
7	Gaseosas Colombianas S.A.	BOGOTÁ
8	Gaseosas Lux S.A.	BOGOTÁ
9	Grupo Empresarial Bavaria S.A.	BOGOTÁ
10	Industria Nacional De Gaseosas	BOGOTÁ
11	Gaseosas Hipinto S.A.	BUCARAMANGA
12	Industria Nacional De Gaseosa Coca Cola FEMSA	CALI
13	Postobón S.A.	CALI
14	Embotelladora Román S.A.	CARTAGENA
15	Gaseosas Posada Tobón S.A.	CARTAGENA
16	Embotelladora De Santander S.A.	CÚCUTA
17	Gaseosas La Frontera S.A.	CÚCUTA
18	Gaseosas De Duitama S.A.	DUITAMA
19	Gaseosas De Girardot S.A.	GIRARDOT
20	Gaseosas Del Huila S.A.	GIRARDOT
21	Gaseosas Mariquita S.A.	IBAGUÉ
22	Cervecería Unión S.A.	ITAGÜÍ
23	Gaseosas Posada Tobón Manizales	MANIZALES
24	Industria Nacional De Gaseosas Coca Cola FEMSA	MANIZALES
25	Postobón S.A.	MEDELLÍN
26	Embotelladora Román S.A.	MONTERÍA
27	Embotelladora Del Huila S.A.	NEIVA
28	Gaseosas Del Huila S.A.	NEIVA
29	Coca-Cola Servicios De Colombia – FEMSA	PEREIRA
30	Coca cola FEMSA Embotelladora Román S.A.	SAN ANDRÉS
31	Embotelladora Román S.A.	SANTA MARTA

32	Gaseosas Posada Tobón S.A.	SANTA MARTA
33	Gaseosas De Duitama S.A.	TUNJA
34	Gaseosas Del César S.A.	VALLEDUPAR
35	Gaseosas Del Llano S.A.	VILLAVICENCIO

## 2.2.2 Tabulación y presentación de resultados

**TABLA 2.** Embotelladoras tabuladas

<b>CIUDADES</b>	<b>CANTIDAD</b>
ARMENIA	1
BARRANCABERMEJA	2
BARRANQUILLA	2
BOGOTÁ	5
BUCARAMANGA	1
CALI	2
CARTAGENA	2
CÚCUTA	2
DUITAMA	1
GIRARDOT	2
IBAGUÉ	1
ITAGÜÍ	1
MANIZALES	2
MEDELLÍN	1
MONTERÍA	1
NEIVA	2
PEREIRA	1
SAN ANDRÉS	1
SANTA MARTA	2

## DISTRIBUCION NACIONALDE EMBOTELLADORAS

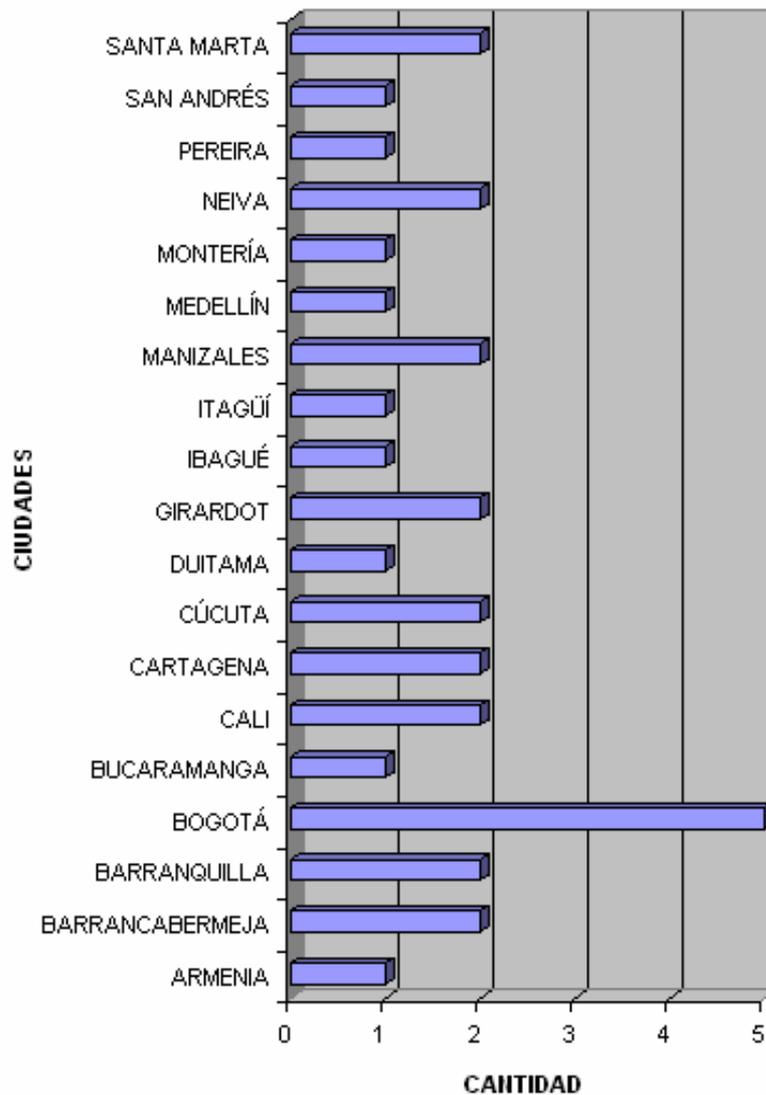


Figura 2. Distribución nacional de embotelladoras.

### 2.2.3 Análisis de la información estadística

El análisis estadístico representa la existencia de más embotelladoras en la ciudad de Bogotá seguida por las ciudades de Barranquilla, Barrancabermeja, Girardot, Cúcuta, Cali, Cartagena, Manizales, Neiva y Santa Marta, esta estadística no se complementa de todas y cada una de las embotelladoras que existen en el país, solo refiere una selección de las más predominantes en el mercado, haciendo énfasis en su crecimiento y capacidad como medio productivo y socioeconómico del país.

## 2.3 AUTOMATIZACIÓN

### 2.3.1 Autómatas en la historia

En la antigüedad el ser humano se percató de que existían tareas que se podían realizar e incluso mejorar por medio de sistemas mecánicos, hidráulicos, neumáticos entre otros. Se comenzaron a crear artefactos y máquinas encargadas de realizar tareas diarias y comunes, que le facilitaban la actividad cotidiana. No todos los artefactos tenían una utilidad práctica o preindustrial, algunas máquinas servían solo para entretener a sus dueños, eran simples juguetes que no hacían nada más que realizar movimientos repetitivos o emitir sonidos.<sup>18</sup>

Los primeros ejemplos de autómatas se registraron en la antigua Etiopía. En el año 1500 a. c., Amenhotep construye una estatua de Memon, el rey de Etiopía, que emite sonidos cuando la iluminan los rayos del sol al amanecer. En China, en el 500 a. C., King-su Tse inventa una urraca voladora de madera y bambú y un caballo de madera que saltaba. En el año 206 a. C., fue encontrado el tesoro de Chin Shih Hueng Ti consistente en una orquesta mecánica de muñecos, encontrada por el primer emperador Han.<sup>19</sup>

Entre el año 400 y 397 a. C., Archytar de Tarento construye un pichón de madera suspendido en un pivote, el cual rotaba con un surtidor de agua o vapor, simulando el vuelo. Archytar es el inventor del tornillo y la polea.<sup>20</sup>

La cultura árabe heredó y difundió los conocimientos griegos, utilizándolos no solo para realizar mecanismos destinados a la diversión, sino que les dieron una aplicación práctica, introduciéndolos en la vida cotidiana de la realeza. Ejemplos de estos son diversos sistemas dispensadores automáticos de agua para beber o lavarse. Los árabes fueron unos maestros en la construcción de autómatas y en la precisión de mecánico, así como sus grandes aportaciones a la astrología.<sup>21</sup>

Durante los siglos XV y XVI algunos de los más relevantes representantes del renacimiento se interesan también por los ingenios descritos y desarrollados por

---

<sup>18</sup> Piedrahita M, Ramón. Ingeniería de la AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL. 2ª Ed. México, Alfaomega. Octubre 2007.

<sup>19</sup> Piedrahita M, Ramón, Ibid.

<sup>20</sup> Piedrahita M, Ramón, Ibid.

<sup>21</sup> Piedrahita M, Ramón, Ibid.

los griegos. Es conocido el León Mecánico construido por Leonardo da Vinci (1452-1519) para el rey Luís XII de Francia, que se abría el pecho con su garra y mostraba el escudo de armas del rey. En España es conocido el hombre de palo construido por Januelo Suriano en el siglo XVI para el emperador Carlos V, Ese autómatas con forma de monje, andaba y movía la cabeza, ojos, boca y brazos.<sup>22</sup>

Durante los siglos XVII y XVIII se crearon ingenios mecánicos que tenían alguna de las características de los robots actuales. Estos dispositivos fueron creados en su mayoría por artesanos del gremio de la relojería. Su misión principal era la de entretener a las gentes de la corte y servir de atracción a las ferias. Estos autómatas representaban figuras humanas, animales o pueblos enteros. Así, en 1649, cuando Luís XIV era niño, un artesano llamado Camus (1574-1626) construyó para él un coche en miniatura con sus caballos, sus lacayos y una dama dentro, y todas las figuras se podían mover perfectamente. Salomón de Camus también construye fuentes ornamentales y jardines placenteros, pájaros cantarines e imitaciones de los efectos de la naturaleza.<sup>23</sup>

Vaucason también construyó varios muñecos animados, entre los que se destaca un flautista capaz de tocar melodías. El ingenio consistía en un complejo mecanismo de aire que causaba el movimiento de dedos y labios, como el funcionamiento normal de una flauta. Por instigación de Luís XV, intentó construir un modelo con corazón, venas y arterias, pero murió antes de poder terminar con esta tarea.<sup>24</sup>

También construyó muchos objetos útiles para la industria como una silla para los tejedores, pero es suscitó el disgusto de los fabricantes de seda franceses, quienes lo amenazaron de muerte.<sup>25</sup>

A finales del siglo XVII y principios del XIX se desarrollaron algunas ingeniosas invenciones mecánicas, utilizadas fundamentalmente en la industria textil, entre las que se destacan la hiladora giratoria de Hargreaves (1770), la hiladora

---

<sup>22</sup> Piedrahita M, Ramón, Ibid.

<sup>23</sup> Piedrahita M, Ramón, Ibid.

<sup>24</sup> Piedrahita M, Ramón, Ibid.

<sup>25</sup> Piedrahita M, Ramón, Ibid.

mecánica de Crompton (1779), el telar mecánico de Cartwright (1785) y el telar de Jacquard (1801).<sup>26</sup>

Jacquard basándose en los trabajos de Bouchon (1725), Falcón (1728) y del propio Vaucason (1745), fue el primero en aplicar las tarjetas perforadas como soporte de un programa de trabajo, es decir, eligiendo un conjunto de tarjetas, se definía el tipo de tejido que se desea realizar. Estas máquinas constituyeron los primeros históricos de las máquinas de control numérico.<sup>27</sup>

Algo más tarde que en la industria textil, se incorporan los automatismos en las industrias mineras y metalúrgicas. El primer automatismo que se supuso un gran impacto social, lo realiza Potter a principios del siglo XVIII, automatizando el funcionamiento de una máquina de vapor del tipo Newcomen. A diferencia de los autómatas androides los automatismos dedicados a controlar máquinas incorporan el concepto de realimentación. El ingeniero diseñador tenía una doble labor: realizar el proceso de diseño mecánico y también desarrollar el automatismo, que en muchos casos era parte integrante de la mecánica de la máquina.<sup>28</sup>

A partir de aquí el desarrollo de los automatismos es impresionante, en muchas máquinas se incorporan elementos mecánicos como los programadores cíclicos en los cuales se definía la secuencia de operaciones.<sup>29</sup>

La máquina de transferencia es un dispositivo utilizado para mover la pieza que se está trabajando desde una máquina herramienta especializada hasta otra, colocándola de forma adecuada para la siguiente operación de maquinado. Los robots industriales, diseñados en un principio para realizar tareas sencillas en entornos peligrosos para los trabajadores, son hoy extremadamente hábiles y se utilizan para trasladar, manipular y situar piezas ligeras y pesadas, realizando así todas las funciones de una máquina de transferencia. En realidad, se trata de varias máquinas separadas que están integradas en lo que a simple vista podría considerarse una sola.<sup>30</sup>

---

<sup>26</sup> Piedrahita M, Ramón, Ibid.

<sup>27</sup> Piedrahita M, Ramón, Ibid.

<sup>28</sup> Piedrahita M, Ramón, Ibid.

<sup>29</sup> Piedrahita M, Ramón, Ibid.

<sup>30</sup> AUTOMATIZACION [Pagina de Internet] En: <http://www.dei.uc.edu.py/tai2000/automatizacion/auto.htm> [consulta 2008 08-19].

### **2.3.2 Definición de automatización**

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.<sup>31</sup>

El término automatización también se ha utilizado para describir sistemas no destinados a la fabricación en los que dispositivos programados o automáticos pueden funcionar de forma independiente o semi-independiente del control humano.<sup>32</sup>

En comunicaciones y aviación dispositivos como los equipos automáticos de conmutación telefónica, los pilotos automáticos y los sistemas automatizados de guía y control se utilizan para efectuar diversas tareas con más rapidez o mejor de lo que podría hacerlo un ser humano en el mismo tiempo.<sup>33</sup>

### **2.3.3 Objetivos de la automatización**

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción.<sup>34</sup>

### **2.3.4 Automatismos industriales**

Los actuales sistemas de automatización industrial pueden considerarse como herederos de los autómatas mecánicos del pasado. La definición de autómata

---

<sup>31</sup>AUTOMATIZACION [Pagina de Internet] En: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMh1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>, pagina 1 [consulta 2008 08-23].

<sup>32</sup> QUE ES LA AUTOMATIZACION [Pagina de Internet] En: <http://www.dei.uc.edu.py/tai2000/automatizacion/auto.htm> [consulta 2008 08-23].

<sup>33</sup> QUE ES LA AUTOMATIZACION, Ibid.

que aparece en la Real Academia indica que un autómatas es una “Máquina que imita la figura y los movimientos de un ser animado”.<sup>35</sup>

La realización física de los automatismos ha dependido continuamente del desarrollo de la tecnología implementándose en primer lugar mediante ingenios puramente mecánicos y posteriormente por medio de tecnologías cableadas como la neumática, circuitos de relés electromagnéticos ó tarjetas electrónicas. En las dos últimas décadas se han abandonado las tecnologías cableadas siendo sustituidas paulatinamente por los autómatas programables.<sup>36</sup>

El término automatización fue acuñado en 1947 por Delmar S. Halder de la compañía automovilística Ford en Detroit. Inicialmente Halder desarrollo su campaña dentro de Ford, pero se extendió por si sola dentro de la industria americana, estableciéndose un debate sobre su aplicación en la industria y las consecuencias sociales que esto conllevaría. Se vertieron opiniones, no sin falta de razón, de que el objeto final era sacar al ser humano fuera del proceso productivo, prediciendo que una gran cantidad de personas se quedarían sin trabajo.<sup>37</sup>

También se vertió opiniones favorables dentro del campo tecnológico e industrial, donde muchos consideraban la automatización como un concepto nuevo y revolucionario. La ciencia de la automatización “Automatology” haría comenzar una nueva era. La automatización supondría “La segunda revolución industrial”.<sup>38</sup>

### **2.3.5 Partes de la automatización**

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

#### **a .La Parte Operativa**

Es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos

---

<sup>34</sup> AUTOMATIZACION, Op. Cit.. Pagina 2 [consulta 2008 08-23].

<sup>35</sup> Piedrahita M, Ramón, Op. Cit.

<sup>36</sup> Piedrahita M, Ramón, Ibid.

<sup>37</sup> Piedrahita M, Ramón, Ibid.

<sup>38</sup> Piedrahita M, Ramón, Ibid.

que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores, finales de carrera entre otros.

#### b. La Parte de Mando

Suele ser un autómatas programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómatas programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

Se define también como la estación central de control o autómatas. Es el elemento principal del sistema, encargado de la supervisión, manejo, corrección de errores, comunicación, entre otros.<sup>39</sup>

### **2.3.6 Definición de instrumentación**

Es el grupo de elementos que sirven para medir, controlar o registrar variables de un proceso con el fin de optimizar los recursos utilizados en éste. El instrumento más conocido y utilizado es el reloj, el cuál nos sirve para controlar el uso eficaz de nuestro tiempo, en otras palabras, la instrumentación es la ventana a la realidad de lo que está sucediendo en determinado proceso, lo cual servirá para determinar si el mismo va encaminado hacia donde deseamos, y de no ser así, podremos usar la instrumentación para actuar sobre algunos parámetros del sistema y proceder de forma correctiva.

La instrumentación es lo que ha permitido el gran avance tecnológico de la ciencia actual en casos tales como: los viajes espaciales, la automatización de los procesos industriales y mucho otros de los aspectos de nuestro mundo moderno; ya que la automatización es solo posible a través de elementos que puedan sentir lo que sucede en el ambiente, para luego tomar una acción de control pre-programada que actúe sobre el sistema para obtener el resultado previsto.<sup>40</sup>

---

<sup>39</sup> AUTOMATIZACION, Ibid. Pagina 3 [consulta 2008 08-23].

<sup>40</sup> INSTRUMENTACION INDUSTRIAL [Pagina de Internet] En: [http://www.sapiensman.com/control\\_automatico/control\\_automatico7.htm](http://www.sapiensman.com/control_automatico/control_automatico7.htm) [consulta 2008 08-27].

## **2.3.7 Elementos de una Instalación Automatizada**

### **2.3.7.1 Máquinas**

Son los equipos mecánicos que realizan los procesos, traslados y transformaciones de los productos o materia prima.<sup>41</sup>

### **2.3.7.2 Accionadores**

Son equipos acoplados a las máquinas, y que permiten realizar movimientos, calentamiento, ensamblaje, embalaje. Pueden ser:

a. Accionadores eléctricos: Usan la energía eléctrica, son por ejemplo, electro válvulas, motores, resistencias, cabezas de soldadura, entre otras.

b. Accionadores neumáticos: Usan la energía del aire comprimido, son por ejemplo, cilindros, válvulas, y más.

c. Accionadores hidráulicos: Usan la energía de la presión del agua, se usan para controlar velocidades lentas pero precisas.<sup>42</sup>

### **2.3.7.3 Pre Accionadores**

Se usan para comandar y activar los accionadores. Por ejemplo, contactores, switches, variadores de velocidad, distribuidores neumáticos, entre otros.<sup>43</sup>

### **2.3.7.4 Captadores**

Son los sensores y transmisores, encargados de captar las señales necesarias para conocer el estado del proceso, y luego enviarlas a la unidad de control.<sup>44</sup>

---

<sup>41</sup> HISTORIA DE LA AUTOMATIZACION [Pagina de Internet] En: <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r14059.DOC>[consulta 2008 08-12].

<sup>42</sup> HISTORIA DE LA AUTOMATIZACION, Ibid.

<sup>43</sup> HISTORIA DE LA AUTOMATIZACION, Ibid.

<sup>44</sup> HISTORIA DE LA AUTOMATIZACION, Ibid.

### **2.3.7.5 Interfaz hombre-máquina**

Permite la comunicación entre el operario y el proceso, puede ser una interfaz gráfica de computadora, pulsadores, teclados y visualizadores.<sup>45</sup>

### **2.3.7.6 Elementos de mando**

Son los elementos de cálculo y control que gobiernan el proceso, se denominan autómatas, y conforman la unidad de control.<sup>46</sup>

### **2.3.8 Grado de automatización**

La importancia de la automatización, se distinguen los siguientes grados:

- a. Aplicaciones en pequeña escala como mejorar el funcionamiento de una máquina en orden a:
- b. Mayor utilización de una máquina, mejorando el sistema de alimentación.
- c. Posibilidad de que un hombre trabaje con más de una máquina.
- d. Coordinar o controlar una serie de operaciones y una serie de magnitudes simultáneamente.
- e. Realizar procesos totalmente continuos por medio de secuencias programadas.
- f. Procesos automáticos en cadena errada con posibilidad de autocontrol y auto corrección de desviaciones.
- g. En la automatización no siempre se justifica la implementación de sistemas de automatización, pero existen ciertas señales indicadoras que justifican y hacen necesario la implementación de estos sistemas, los indicadores principales son los siguientes:

---

<sup>45</sup> HISTORIA DE LA AUTOMATIZACION, Ibid.

<sup>46</sup> HISTORIA DE LA AUTOMATIZACION, Ibid.

- ✓ Requerimientos de un aumento en la producción
- ✓ Requerimientos de una mejora en la calidad de los productos
- ✓ Necesidad de bajar los costos de producción
- ✓ Escasez de energía
- ✓ Encarecimiento de la materia prima
- ✓ Necesidad de protección ambiental
- ✓ Necesidad de brindar seguridad al personal
- ✓ Desarrollo de nuevas tecnologías

h. La automatización solo es viable si al evaluar los beneficios económicos y sociales de las mejoras que se podrían obtener al automatizar, estas son mayores a los costos de operación y mantenimiento del sistema.

i. La automatización de un proceso frente al control manual del mismo proceso, brinda ciertas ventajas y beneficios de orden económico, social, y tecnológico, pudiéndose resaltar las siguientes:

- ✓ Se asegura una mejora en la calidad del trabajo del operador y en el desarrollo del proceso, esta dependerá de la eficiencia del sistema implementado.
- ✓ Se obtiene una reducción de costos, puesto que se racionaliza el trabajo, se reduce el tiempo y dinero dedicado al mantenimiento.
- ✓ Existe una reducción en los tiempos de procesamiento de información.
- ✓ Flexibilidad para adaptarse a nuevos productos (fabricación flexible y multifabricación).
- ✓ Se obtiene un conocimiento más detallado del proceso, mediante la recopilación de información y datos estadísticos del proceso.

- ✓ Se obtiene un mejor conocimiento del funcionamiento y performance de los equipos y máquinas que intervienen en el proceso.
- ✓ Factibilidad técnica en procesos y en operación de equipos.
- ✓ Factibilidad para la implementación de funciones de análisis, optimización y autodiagnóstico.
- ✓ Aumento en el rendimiento de los equipos y facilidad para incorporar nuevos equipos y sistemas de información.
- ✓ Disminución de la contaminación y daño ambiental.
- ✓ Racionalización y uso eficiente de la energía y la materia prima.
- ✓ Aumento en la seguridad de las instalaciones y la protección a los trabajadores.<sup>47</sup>

## **2.4 PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE)**

### **2.4.1 Definición**

Un PLC (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo que fue inventado con el propósito de reemplazar los circuitos secuenciales relevadores para el control de la maquinaria. Su funcionamiento básico consiste en que sus salidas estarán en on/off dependiendo de los estados de sus entradas. El usuario debe introducir un programa, usualmente vía software, para obtener los resultados deseados.<sup>48</sup>

### **2.4.2 Alimentación del PLC**

Se alimenta en dos estados así:

- a. Alimentación en DC.

Como cualquier dispositivo electrónico, el PLC debe ser alimentado para que pueda trabajar. Las conexiones deben realizarse con extremo cuidado, pues de

---

<sup>47</sup> HISTORIA DE LA AUTOMATIZACION, Ibid.

<sup>48</sup>CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE(PLC) [Pagina de Internet] En: <http://webdia.cem.itesm.mx /ac/gsandova/meca/venom.html> [consulta 2008 08-3].

lo contrario pueden producirse accidentes o daños al equipo. Los módulos típicos del PLC están diseñados para trabajar con 5, 12, 24 y 28 volts.

b. Alimentación en AC.

En conexiones de voltaje alterno o variable con el tiempo no se tiene una polaridad en el mismo, por lo que el usuario no debe preocuparse por voltajes positivos o negativos. Sin embargo, el trabajar con voltajes de AC sigue siendo peligroso si no se trabaja con cuidado.<sup>49</sup>

### 2.4.3 Estructura interna de un PLC

Un PLC está compuesto por una serie de módulos y cada uno de ellos asegura una función precisa:

a. CPU: La unidad de tratamiento o CPU es la parte inteligente del controlador. Ejecuta de modo continuo el programa en función de los datos contenidos en la memoria. El CPU puede ejecutar unas centenas de millares de instrucciones por segundo.

b. Memoria: La memoria, se encuentra dividida en dos partes.

- ✓ Una memoria "programa" (data storage) en la que están almacenadas las instrucciones del programa a ejecutar.
- ✓ Una memoria de datos en la que están almacenados los resultados intermedios de cálculos y los diversos estados.

Todas las variables y parámetros de medición entran y salen del PLC a través de un Bus de Entradas/Salidas.

c. Relevadores de entrada: Existen físicamente y son externos al controlador; se conectan al mundo real y reciben señales de sensores, switches entre otros.

d. Relevadores internos de utilidad: Físicamente no existen, sino que se encuentran simulados vía software, son completamente internos al PLC, por lo

---

<sup>49</sup>CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE(PLC) , Ibid

que los externos pueden eliminarse o remplazarse. Algunos de estos relevadores son de función específica.

e. Contadores: No existen físicamente, son simulados por software y se les programa para contar pulsos de señal. Típicamente, pueden contar ascendentemente, descendientemente. Su velocidad de conteo se encuentra limitada ya que son elementos simulados.

f. Timers: Físicamente no existen. Los incrementos en la cuenta del timer varían desde 1ms hasta 1 segundo.

g. Relevadores de salida: Son componentes externos que se conectan al mundo real; mandan señales de salida de on/off y existen físicamente; pueden ser transistores, relevadores, triacs, etc. todo depende del modelo que se escoja. Su función principal es como almacén de información y datos cuando la alimentación es removida del PLC.<sup>50</sup>

#### **2.4.4 ventajas de automatizar con PLC**

Desde el punto de vista de costos, aprovechamiento de espacios, flexibilidad y confiabilidad, los PLC's ofrecen diversas ventajas sobre todos aquellos dispositivos del tipo mecánico:

- ✓ Menos constituyentes: La sustitución de todo el cableado ocasiona una ganancia en volumen, en dimensiones y una simplicidad de empleo. Así mismo, el sistema en general se vuelve más confiable al tener cada vez menos piezas mecánicas.
- ✓ Menos conexiones: Los cableados se reducen drásticamente a sólo tener los captadores, que son todos aquellos elementos y dispositivos que monitorean y conducen las señales al PLC, como son sensores, switches, entre otros, el PLC o la etapa de control y finalmente la carga o los dispositivos a controlar que pueden ser los actuadores.
- ✓ Más funcionalidades: Al trabajar con elementos programables, se tiene una mayor flexibilidad para cambiar los programas y las funciones según las

---

<sup>50</sup> CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE(PLC), Ibid.

necesidades de la industria, es decir, se adaptan a los cambios en el progreso.

- ✓ Mayor comodidad: El programa construido especialmente para una máquina puede ser duplicado y aplicado en toda una gama de máquinas que se encuentren trabajando en serie. Esto reduce costos, reduce tiempo del operador o programador y lo hace una herramienta más que útil y versátil en la rama de la industria. Además al trabajar con elementos programables, se tiene una mayor inmunidad a las señales de ruido, los sistemas son más "rudos", es decir que están garantizados en un 100% contra errores y fallas y son flexibles y accesibles en general.<sup>51</sup>

#### 2.4.5 OMROM CPM1A



**Figura 3.** PLC CPM1A.

La CPM1A, que supone un estándar para los micros PLC, incluye todas las funciones básicas en un tamaño compacto. Existen cuatro tamaños de CPU, cada uno con la opción de alimentación de c.a. o c.c. salida relé ó transistor. Selecciona cualquier combinación de fuente de alimentación, salida y número de puntos de E/S que se adapten a sus necesidades.<sup>52</sup>

##### 2.4.5.1 Descripción OMROM CPM1A

- Muy compacta
- Puertos de entrada digitales 12 y salidas digitales 8 (OMROM CPM1A)

---

<sup>51</sup> CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE(PLC), Ibid.

- Amplia gama de modelos; c.a./c.c., 10 - 40 E/S, salidas relé/PNP/NPN
- Funciones de E/S de pulsos incorporadas
- Conexión sencilla a terminal programable HMI
- Unidades expansoras digitales, analógicas y bus de campo.<sup>53</sup>

#### 2.4.5.2 Características del PLC OMRON CPM1A

Características destacadas

- ✓ Tecnología de banda ancha
- ✓ Velocidades de transmisión de hasta 45 Mbps.
- ✓ Proceso de instalación sencillo y rápido para el cliente final.
- ✓ Enchufe eléctrico (Toma única de alimentación, voz y datos.)
- ✓ Sin necesidad de obras ni cableado adicional.
- ✓ Equipo de conexión (MODEM PLC)
- ✓ Transmisión simultánea de voz y datos.
- ✓ Conexión de datos permanente (activa las 24 horas del día)
- ✓ Permite seguir prestando el suministro eléctrico sin ningún problema.<sup>54</sup>

#### 2.5 PANTALLA TACTIL NS-5



**Figura 4.** Pantalla táctil.

La pantalla táctil de la serie NS se han diseñado para transmitir datos e información en centros de producción totalmente automatizados.

<sup>52</sup> OMRON-AUTOMATIZACION INDUSTRIAL [Pagina de Internet] En: [http://industrial.omron.es/es/products/catalogue/automation\\_systems/programmable\\_logic\\_controllers/compact\\_plc\\_series/cpm1a/default.html](http://industrial.omron.es/es/products/catalogue/automation_systems/programmable_logic_controllers/compact_plc_series/cpm1a/default.html) [consulta 2008 08-13].

<sup>53</sup> OMRON-AUTOMATIZACION INDUSTRIAL, Ibid.

<sup>54</sup> CARACTERISTICAS DE LA TECNOLOGIA PLC [Pagina de Internet] En: <http://www.ekoplcn.net/caracteristicas-plc/index.htm> [consulta 2008 08-21].

NS-Designer es un paquete de software que permite la creación y el mantenimiento de datos de pantalla de los Terminales programables OMRON serie NS.

Antes de comenzar a utilizar una pantalla táctil, es de entender perfectamente las funciones y el funcionamiento del mismo. Para utilizar una pantalla táctil de la serie NS, también es necesario consultar el Manual de configuración de la serie NS y el Manual de servicio de NS-Designer.<sup>55</sup>

### **2.5.1 Descripción**

#### Estructura esbelta

- ✓ Carcasa elegante y de espesor reducido.
  - ✓ Conectores de cables de comunicaciones en el interior de la unidad, con lo que se eliminan los peligros inherentes a los conectores que sobresalen.
- Dos puertos para comunicaciones serie, A y B estándar, que permiten la conexión tanto a NS-Designer como al host

Son posibles las comunicaciones con el host a través del segundo puerto mientras se mantiene la conexión con NS-Designer.

#### Teclas táctiles de mayor precisión

Las teclas táctiles tienen una resolución por elemento de 16 x 16 puntos

#### Funciones principales de la serie NS

A continuación se enumeran las funciones principales de los PT de la serie NS.

##### Visualización de pantalla

---

<sup>55</sup> MANUAL DE PROGRAMACION SERIE NS [Manual pdf] [downloads.industrial.omron.de/IAB/Products/Automation%20Systems/HMI/Advanced%20HMI/V083/V083-ES2-03+NS+SetupManual.pdf](http://downloads.industrial.omron.de/IAB/Products/Automation%20Systems/HMI/Advanced%20HMI/V083/V083-ES2-03+NS+SetupManual.pdf) [consulta 2008 08-31].

- ✓ Pantalla grande de alta resolución con muchas funciones gráficas. NS12-TS0@-V1.
- ✓ Resolución de 800 x 600 puntos (horizontal x vertical), 256 colores, 12,1 pulgadas, LCD TFT brillante NS10-TV0@-V1
- ✓ Resolución de 640 x 480 puntos (horizontal x vertical), 256 colores, 10,4 pulgadas, LCD TFT brillante NS8-TV@@-V1
- ✓ Resolución de 640 x 480 puntos (horizontal x vertical), 256 colores, 8,0 pulgadas, LCD TFT brillante NS5-SQ0@-V1
- ✓ Resolución de 320x240 puntos (horizontal x vertical), 256 colores, 5,7 pulgadas, LCD STN

### Caracteres

Visualización de caracteres en varios tamaños. Puede hacerse que los caracteres parpadeen o cambiar su color.

### Objetos fijos

Pueden mostrarse líneas, líneas poligonales, rectángulos, polígonas, círculos, elipses, arcos y sectores. Los objetos pueden ser rellenados en varios colores y hacer que parpadeen.

### Datos de memoria interna

Pueden visualizarse los contenidos de los registros de la memoria interna (\$B, \$W, \$SB, y \$SW).

### Gráficos

Son compatibles gráficos de barras, medidores analógicos, gráficos de línea quebrada y gráficos de tendencia (data logging).

### Indicadores luminosos (lamps)

Puede hacerse que los indicadores luminosos (lamps) controlados por el host se iluminen o parpadeen. Pueden utilizarse diferentes gráficos para los estados de iluminación y no iluminación.

## Alarmas/eventos

El estado de bit del host puede ser utilizado para visualizar automáticamente mensajes e información relacionada (p.ej. impresión de fecha y hora). Las alarmas y los eventos pueden ser mostrados línea a línea, en listas o en históricos.

## Funciones de comunicaciones: Comunicaciones de host

Puede utilizarse cualquiera de los cuatro métodos de comunicaciones: NT Links 1:1, NT Links 1:N (estándar o de alta velocidad), Ethernet (Ethernet: NS12-TS01(B)-V1, NS10-TV01(B) -V1, NS8-TV@1(B) -V1 y NS5-SQ01(B)-V1), o Controller Link.

Los datos de host pueden ser leídos y visualizados, y pueden introducirse y enviarse datos al host para botones, visualización de valores numéricos y objetos de introducción, y para visualización de caracteres y objetos de introducción.<sup>56</sup>

## **2.6 CADENA**

Una cadena es un objeto construido mediante eslabones, los cuales forman un conjunto de elementos unidos de manera lineal, generalmente metálicos que se entrelazan unos a otros, se caracteriza por su fortaleza combinada con flexibilidad.



**Figura 5.** Cadena.

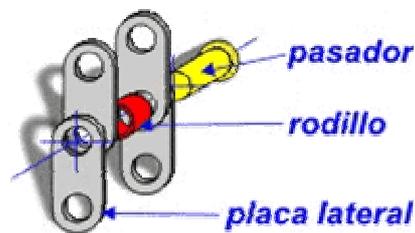
Entre las cadenas se distinguen varios tipos en particular la cadena de transmisión que sirve para transmitir movimiento de un mecanismo a otro, generalmente a través de engranajes, existen sistemas de transmisión

---

<sup>56</sup> MANUAL DE PROGRAMACION SERIE NS, Ibid.

compuestos por un cable metálico formado por eslabones, esta es la forma de transmisión secundaria más empleado en motocicletas.<sup>57</sup>

Uno de los tipos más comunes de la transmisión mecánica es por medio de una cadena, se denomina transmisión mecánica a un mecanismo encargado de transmitir potencia entre dos o más elementos dentro de una máquina. Son parte fundamental de los elementos u órganos de una máquina. Una transmisión mecánica es una forma de intercambiar energía mecánica distinta a las transmisiones neumáticas o hidráulicas, ya que para ejercer su función emplea el movimiento de cuerpos sólidos, como lo son los engranajes y las correas de transmisión.<sup>58</sup>



**Figura 6.** Partes de la cadena.

En la gran mayoría de los casos, la transmisión mecánica se realiza a través de elementos rotantes, ya que la transmisión de energía por rotación ocupa mucho menos espacio que aquella por traslación.

Las cadenas empleadas en la transmisión mecánica suelen tener libertad de movimiento solo en una dirección y tienen que engranar de manera muy precisa con los dientes de los piñones. Las partes básicas de las cadenas son: placa lateral, rodillo y pasador.<sup>59</sup>

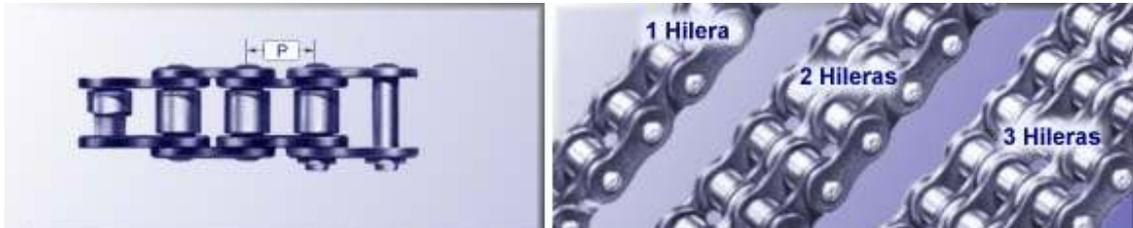
El tamaño de una cadena está representado por la separación entre ejes de los rodillos, llamada paso (P), existen diferentes pasos como por ejemplo: 3/8" (9,525mm), 1/2" (12,70mm), 5/8" (15,875mm), 3/4" (19,05mm), 1" (25,40mm), 1 1/4" (31,75mm), 1 1/2" (38,10mm), 1 3/4" (44,45mm) y 2" (50,80mm) que son los de uso más común. En el módulo se utilizó una 2" (50,80mm) conectada a

<sup>57</sup>MOTOR-GLOSARIO [Pagina de Internet] En: <http://www.motor.yoteca.com/pg/glosario-de-vehiculos.as.p> [consulta 2008 08-30].

<sup>58</sup> MANTENIMIENTO CADENAS DE TRANSMISION [Pagina de Internet] En: <http://www.solomantenimiento.com/articulos/mantenimiento-cadenas-transmision.htm> [consulta 2008 08-30].

<sup>59</sup> CADENA PIÑON [Pagina de Internet] En: [http://www.iesmarenostrom.com/departamentos/tecnologia/mecaneso/mecanica\\_basica/mecanismos/mec\\_cadena-pinon.htm](http://www.iesmarenostrom.com/departamentos/tecnologia/mecaneso/mecanica_basica/mecanismos/mec_cadena-pinon.htm) [consulta 2008 08-30].

piñones metálicos. Además las cadenas pueden ser de una, dos ó tres hileras de cadenas iguales en paralelo. A mayor paso y a mayor cantidad de hileras, la cadena resiste mayor carga.<sup>60</sup>



**Figura 7.** Tipos de cadena.

## 2.7 PIÑONES



**Figura 8.** Rueda dentada.

La rueda dentada (engranaje, piñón) es, básicamente, una rueda con el perímetro totalmente cubierto de dientes. El tipo más común de rueda dentada lleva los dientes rectos (longitudinales) aunque también las hay con los dientes curvos y oblicuos. Para conseguir un funcionamiento correcto, este operador suele girar solidario con su eje, por lo que ambos se ligan mediante una unión desmontable que emplea otro operador denominado chaveta.

El sistema cadena-piñón puede verse en bicicletas, motos, puertas de apertura automática (ascensores, supermercados, aeropuertos, entre otros),

<sup>60</sup> SELECCIÓN DEL TAMAÑO Y CANTIDAD DE CADENAS EN PARALELO [Pagina de Internet]  
En: <http://www2.ing.puc.cl/~icm2312/apuntes/cadenas/tamano.html>. [consulta 2008 08-30].

mecanismos internos de motores; pero solamente permite acoplar ejes paralelos entre sí.<sup>61</sup>

El engranaje de ruedas dentadas o piñones tiene por objeto transmitir la rotación de un eje a otro eje. La rueda que recibe el movimiento se denomina "conductora", y la que engrana con ella "conducida".<sup>62</sup>

## **2.8 MOTOR DE LA BANDA TRANSPORTADORA**

Un motorreductor es simplemente un conjunto formado por el motor y el reductor, unidos por una brida que los mantiene rígidamente unidos. El eje del motor hace girar el primer engranaje, el engranaje piñón, dependiendo del tipo de reductor que se haya elegido.

Cualquier reductor se convierte en motorreductor al adicionarse el motor a la entrada. Por supuesto que también pueden usarse en forma independiente y para ello hace falta un elemento de transmisión, como un manchón, poleas para transmitir el movimiento con correas, ruedas de dientes para transmitir por cadenas.<sup>63</sup>

## **2.9 FINALES DE CARRERA**

Los finales de carrera son captadores de conmutación electromecánica. La detección del objeto por medio del cabezal hace conmutar los contactos electrónicos del final de carrera para que la señal del captador llegue a la autómatas se cablea un terminal del contacto a una fuente de alimentación y el otro terminal a una entrada digital del autómatas. El cierre del contacto hace que la tensión llegue a la entrada digital.

Los finales de carrera presentan como ventaja su bajo costo. En su contra, la distancia de detección es cero, dado que requiere contacto físico con el objeto, además de presentar una lenta respuesta. Al ser necesario el contacto físico

---

<sup>61</sup> RUEDA DENTADA (ENGRANAJE) [Pagina de Internet] En: [http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/operadores/ope\\_ruedentada.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/operadores/ope_ruedentada.htm). [consulta 2008 08-30].

<sup>62</sup> TRANSMISIONES MECANICAS; RUEDAS, PLANTAS Y DENTADAS [Pagina de Internet] En: <http://www.monografias.com/trabajos6/trame/trame.shtml>. [Consulta 2008 08-30].

con el objeto estará garantizado para un número máximo de maniobras, siempre que no sean sometidos a mayor esfuerzo que el que puedan soportar según catálogo. Una aplicación típica es la detección de final de recorrido en movimientos lineales, como en ascensores, en ejes lineales entre otros.<sup>64</sup>

## 2.10 MOTOR DE SECADO Y TAPADO

El motor DC (corriente directa) es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, principalmente mediante el movimiento rotatorio.

El motor de corriente continua está compuesto de:

- ✓ Rotor
- ✓ Estator

Dentro de éstas se ubican los demás componentes como:

- Escobillas y porta escobillas
- Colector
- Eje
- Núcleo y devanado del rotor
- Imán Permanente
- Armazón
- Tapas o campanas<sup>65</sup>

En el proyecto se utilizaron servomotores truncados con el fin de obtener mayor torque y menor inercia.

## 2.11 SOLENOIDES

El solenoide es un alambre aislado enrollado en forma de hélice (bobina) ó n número de espiras con un paso acorde a las necesidades, por el que circula una corriente eléctrica. Cuando esto sucede, se genera un campo magnético dentro del solenoide. El solenoide con un núcleo apropiado se convierte en un imán (en realidad electroimán).<sup>66</sup>

---

<sup>63</sup> REDUCTORES DE VELOCIDAD Y MOTORREDUCTORES [Pagina de Internet] En: <http://www.varimak.com/nota9.htm>. [consulta 2008 08-30].

<sup>64</sup> Piedrahita M, Ramón, Op. Cit.

<sup>65</sup> MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA (DC) [Pagina de Internet] En: [www.todorobot.com.ar/documentos/dc-motor.pdf](http://www.todorobot.com.ar/documentos/dc-motor.pdf). [consulta 2008 08-30].

<sup>66</sup> SOLENOIDE [Pagina de Internet] En: <http://www.babylon.com/definicion/solenoide/Spanish> [consulta 2008 08-31].

Un electroimán es un tipo de imán en el que el campo magnético se produce mediante el flujo de una corriente eléctrica, desapareciendo en cuanto cesa dicha corriente. Fue inventado por el electricista británico William Sturgeon en 1825. El primer electroimán era un trozo de hierro con forma de herradura envuelto por una bobina enrollada sobre él. Sturgeon demostró su potencia levantando 4 kg con un trozo de hierro de 200 g envuelto en cables por los que hizo circular la corriente de una batería. Sturgeon podía regular su electroimán, lo que supuso el principio del uso de la energía eléctrica en máquinas útiles y controlables, estableciendo los cimientos para las comunicaciones electrónicas a gran escala.<sup>67</sup>

## 2.12 ELECTROVÁLVULAS

Es un dispositivo electrónicamente basado en el funcionamiento del electroimán esto es, una barra o vástago que se mueve en una trayectoria fija de acuerdo a la corriente que circula por la bobina que lo rodea. El electroimán es un imán temporal ya que su acción depende de la corriente eléctrica, esto es una ventaja ya que la atracción puede ser iniciada ó interrumpida instantáneamente con solo abrir o cerrar un interruptor, lo que se aprovecha para su control. En este caso, el movimiento del vástago abre o cierra el conducto por donde pasa el líquido. Esta válvula en particular trabaja a 110 volts C.A.<sup>68</sup>

## 2.13 SENSORES INFRARROJOS



**Figura 9.** Sensor infrarrojo.

<sup>67</sup> ELECTROIMAN [Pagina de Internet] En: [http://www.babylon.com/definicion/electroi %C3 %A1n/Spanish](http://www.babylon.com/definicion/electroi%C3%A1n/Spanish) [consulta 2008 08-31].

<sup>68</sup> CONTROL DE ABASTECIMIENTO DE LAS LECHERÍAS LICONSA [Pagina de Internet] En: <http://proton.ucting.udg.mx/expodiel/julio95/F80.html>. [consulta 2008 08-30].

Están constituidos por un diodo emisor de luz infrarrojo y su correspondiente fotodetector. Los diodos emisores infrarrojos son dispositivos de estado sólido de arseniuro de galio que emiten un haz de flujo radiante cuando se polarizan directamente. Un fotodiodo es aquel cuya sensibilidad a la luz es óptima.

En este tipo de diodos una ventana permite que la luz pase por el encapsulado hasta la unión. Cuanta más intensa sea la luz mayor será el número de portadores minoritarios y mayor será la corriente inversa.<sup>69</sup>

## 2.14 MOTOBOMBA

Un equipo de bombeo es un transformador de energía. Recibe energía mecánica y la convierte en energía que un fluido adquiere en forma de presión, de posición o de velocidad. Así, existen bombas que se utilizan para cambiar la posición de un cierto fluido. Un ejemplo lo constituye una bomba de pozo profundo, que adiciona energía para que el agua del subsuelo salga a la superficie.

Un ejemplo de bombas que adicionan energía de presión sería un acueducto, en donde las alturas, así como los diámetros de tubería y velocidades fuesen iguales, en tanto que la presión es aumentada para vencer las pérdidas de fricción que se tuviesen en la conducción.

En la mayoría de las aplicaciones de energía conferida por una bomba es una mezcla de las tres, (posición, presión y velocidad), las cuales se comportan con los principios de la mecánica de fluidos.<sup>70</sup>

Cuando aspiramos por una paja se crea un vacío en la boca. El líquido asciende por la paja debido a la diferencia de presión existente entre la boca y la atmósfera. Por la acción del bombeo se encierra el líquido en la boca y se le obliga a descender por la garganta. Una bomba centrífuga actúa de manera análoga a cuando succionamos una paja. Cuando se arranca el motor, la rueda de álabes gira, lo que empuja el agua adyacente por la boca de evacuación de la bomba.

---

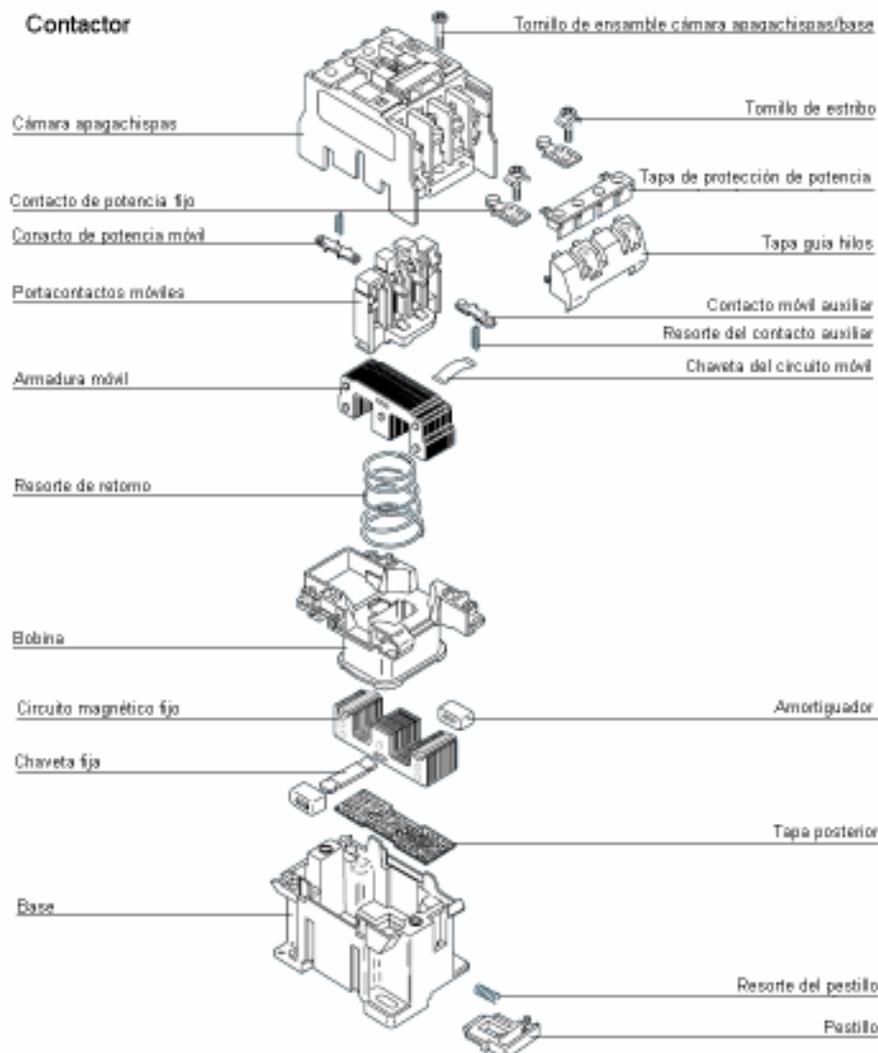
<sup>69</sup> ELECTROIMAN [Pagina de Internet] En: <http://proton.ucting.udg.mx/expodiell/julio95/F80.html> [consulta 2008 09-2].

<sup>70</sup> SELECCIÓN DE BOMBAS CENTRÍFUGAS [Pagina de Internet] En: <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/máquinashidraulicas/seleccionbombascentrifugas/seleccionbombascentrifugas.html>. [consulta 2008 09-2].

El vacío parcial creado hace que la presión del aire terrestre fuerce el agua a ascender por la manguera de aspiración (la "paja") y penetrar por la boca de admisión de la bomba, con objeto de reemplazar el agua evacuada. Cuando el agua golpea el rotor que está girando, ésta recibe su energía y es impelida a salir (fuerza centrífuga).<sup>71</sup>

## 2.15 CONTACTOR

Es un aparato de maniobra automática con poder de corte; por consiguiente puede cerrar ó abrir circuitos con carga ó en vacío. Se le define como un interruptor accionado ó gobernado a distancia por acción de un electroimán.



**Figura 10.** Contactor.

<sup>71</sup> PRINCIPIOS DEL FUNCIONAMIENTO DE UNA MOTOBOMBA [Pagina de Internet] En: <http://www.hondaencasa.com/index.asp?site=hom&sec=inf&id=21&tem=>. [consulta 2008 09-2].

El contactor electromagnético es un aparato mecánico de conexión controlado mediante electroimán y con funcionamiento todo o nada. Cuando la bobina del electroimán está bajo tensión, el contactor se cierra, estableciendo a través de los polos un circuito entre la red de alimentación y el receptor. El desplazamiento de la parte móvil del electroimán que arrastra las partes móviles de los polos y de los contactos auxiliares o, en determinados casos, del dispositivo de control de éstos.<sup>72</sup>

### **3. DISEÑO DEL PROTOTIPO DE LA EMBOTELLADORA**

El módulo esta construido con: láminas de acero, láminas de aluminio, vidrio, piñones, cadena, varilla de cobre, resorte, motores DC, motobomba, solenoides, electroválvula , sensores infrarrojos y finales de carrera.

Cada uno de estas partes mecánicas y electrónicas se acoplaron para obtener un sincronismo lógico, es de aclarar que todo el diseño fue propio, que se elaboraron varias piezas que por una u otra razón fueron desechadas y remodeladas hasta obtener un mecanismo que cumpliera con los objetivos trazados.

#### **3.1 PARTES PRINCIPALES**

El módulo de la embotelladora es controlado y monitoreado por dispositivos utilizados en la industria, como son el PLC y la pantalla táctil que sirve como HMI (interfaz hombre máquina), el módulo está compuesto por cuatro etapas: lavado, secado, llenado y tapado.

#### **3.2 PARTES COMPLEMENTARIAS**

El módulo contiene dispositivos electrónicos en cada una de sus etapas como: sensores, finales de carrera y actuadores (motores DC, motobomba AC, solenoides DC, electro-válvulas AC).

---

<sup>72</sup> VILLAMIZAR Juan. LABORATORIO DE MÁQUINAS ELECTRICAS. [Libro] En: UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Facultad de Ingeniería Electrónica. 1ª Ed. Colombia. Marzo 2003. pagina 11.

### 3.3 HARDWARE

#### 3.3.1 Base y banda transportadora



**Figura 11.** Base del módulo.

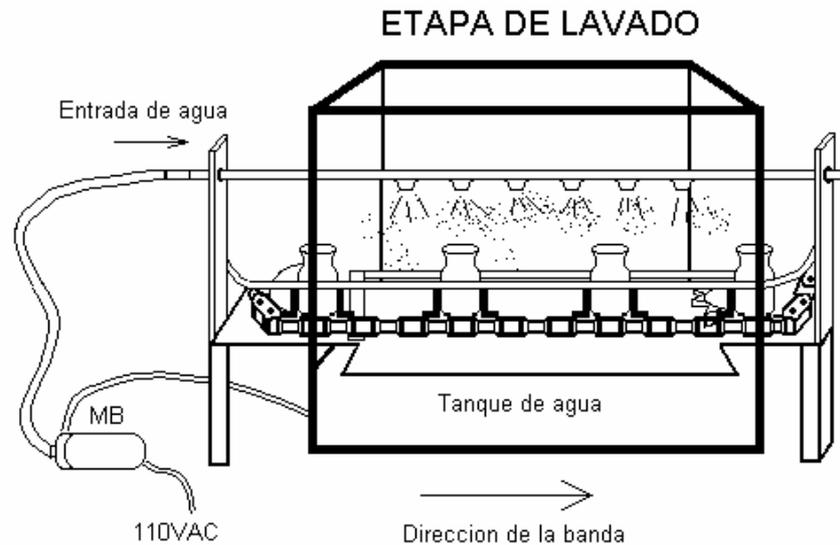
La Figura 11 muestra la base del módulo, donde tres piñones son fijos a la base, el piñón azul es el del motor DC que impulsa la banda transportadora (cadena), éste es desarmable por cuestiones de practicidad y para poder contornear la cadena a los otros tres piñones.

Sobre la banda transportadora (CADENA) se ubicaron unos dientes en forma de “L” con una altura específica que no fuese a ocasionar problemas en cada una de las etapas, esto se hizo con dos motivos, uno de ellos es indicarle al operario del módulo en donde debe insertar la botella para que empiece el proceso, otro motivo es con el fin de reforzar la botella en la parte trasera debido a que cuando pasaba por un final de carrera ésta es tan liviana que no alcanzaba a pasar y por tanto tampoco lo activaba.

Debido a que la banda transportadora de las botellas es delgada en comparación con la base de las botellas estas se caían una vez empezada a moverse la banda, se procedió a instalar unas barandas en la mayoría de partes del proceso con el fin de evitar que las botellas perdieran el equilibrio, asimismo se soportaron sobre las barandas los finales de carrera y sensores donde se requerían.

### 3.3.2 Lavado

En la Figura 12. se observa la varilla de cobre a la cual se le adicionaran las boquillas para realizar el lavado de las botellas.



**Figura 12. Etapa lavado**

Lavado se define como limpiar algo con agua u otro líquido.<sup>73</sup> Esta etapa se maneja con un actuador (MOTOBOMBA) y un final de carrera ubicado a la entrada de la etapa, cuando la botella ubicada sobre la banda transportadora (CADENA) activa el final de carrera activa la motobomba, ésta succiona agua del tanque ubicado en la parte inferior del módulo para posteriormente pasarla al sistema de riego, consiste básicamente en una varilla de cobre con unas boquillas distribuidas a lo largo de la misma, la varilla está ubicada en la parte superior de la banda transportadora, por tanto al pasar una botella por debajo de ella es lavada, es importante tener en cuenta que hay que disminuir el caudal del agua que pasa por las boquillas para no ocasionar mayor dispersión de agua, puesto que se puede filtrar dentro del módulo y aumentar la corrosión u oxidación de elementos y etapas adyacentes a ésta, para evitar esto se lleva a cabo un método utilizado a nivel industrial que consiste en adicionar un obstáculo (CORCHO) en las mangueras de succión de la motobomba con el fin de disminuir el caudal de agua hacia el sistema de riego.

El tiempo que mantiene encendida la motobomba puede ser modificado por el operario desde la pantalla táctil, la escala de tiempo se introduce multiplicada

<sup>73</sup> DICCIONARIO REAL ACADEMIA ESPAÑOLA [Pagina de Internet] En: [www.rae.es](http://www.rae.es) [2008-09-2]

por 10, es decir, si es un segundo se introduce el número 10, si fuesen 5 segundos se introduce 50 y si fuesen 50 segundos se introduce 500, cada vez que sea pulsado el final de carrera se reiniciará el tiempo de lavado.

Con el fin de hacer cíclico el proceso, se procede a posicionar el tanque de donde se succiona el agua para el lavado, debajo de la etapa, para que el agua que sale de las boquillas vuelva al tanque, eso permitirá que el agua se mantenga más tiempo dentro del tanque.

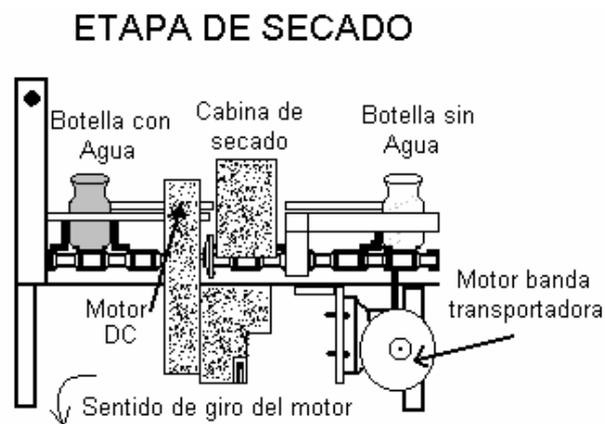
Para evitar que el agua ocasione daños a dispositivos, se colocan paredes de vidrio que eviten la salida de agua hacia los extremos de la banda transportadora, asimismo unas barandas ayudan a soportar la botella con el fin de que no pierda el equilibrio al ser golpeada por el agua en la etapa de lavado ó por perturbaciones externas.

En procesos industriales similares, en los que se utiliza agua para un motivo específico, es complicado mantener un aislamiento total con el agua de todos los dispositivos, en nuestro proceso el agua que lava las botellas, también moja la banda transportadora, debido a que pasa por todas las etapas, sin duda alguna se filtrará una pequeña cantidad de agua a la base del módulo, que por varias pruebas realizadas no se observaron daños en el proceso ni en los dispositivos que lo componen.

Para esta etapa la motobomba succiona agua del tanque inferior del módulo y posteriormente lo lleva a la varilla de cobre por medio de una manguera plástica transparente, inicialmente a la varilla de cobre se le hicieron unos orificios para que el agua saliera en forma de regadera ó algo proporcional, la motobomba envía el agua con una presión considerablemente alta y los orificios no eran uniformes y ocasionaban que el agua se dispersara al módulo y ocasionaba que todo se mojara, para dar solución a esto, a la salida de la motobomba se ingresó un corcho de madera que disminuye la cantidad de agua que pasa por el orificio y en la varilla se colocaron unas boquillas para que el agua cayera de forma uniforme.

### 3.3.3 Secado

Secado se define como hacer que algo ó alguien se quede sin humedad.<sup>74</sup> Esta parte representa la segunda etapa dentro del proceso, según otra definición, el secado consiste en separar pequeñas cantidades de agua u otro líquido de un material sólido (botella) con el fin de reducir el contenido de líquido residual hasta un valor aceptablemente bajo (esta función es la que se hace en la etapa de secado del módulo). A continuación se muestra un bosquejo sobre esta etapa.



**Figura 13.** Etapa secado

A continuación se observa la cabina metálica que permite girar la botella, la cual es utilizada para la etapa de secado.



**Figura 14.** Cabina secado.

<sup>74</sup> DICCIONARIO REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, Ibid.

En la parte superior de la cabina se hicieron orificios para que se desocupe la botella proveniente del lavado. El motor que ejecuta la función de girar la botella es un motor DC, éste es un servomotor de rotación continua marca parallax.

Los movimientos de la cabina se muestran en las siguientes dos imágenes:



**Figura 15.** Movimientos de la cabina (secado).

En la imagen izquierda se observa como de la posición inicial de la botella se empieza a desplazar hacia la derecha con el fin de girarla totalmente, en la imagen derecha, vista desde la parte frontal del módulo se observa cuando la botella va llegando de nuevo a su posición inicial.

Debido a que la botella en el transcurso de bajar ó subir, se puede ladear y salir de la cabina, se adicionaron unas piezas de masilla, las cuales no la dejan mover la botella hacia los lados mientras se esta ejecutando el giro.

Esta etapa esta compuesta por dispositivos electrónicos como: un motor DC, un sensor infrarrojo y tres finales de carrera, inicialmente la botella proveniente de la etapa de lavado viene llena de agua debido a que las boquillas están por encima de la botella, al entrar en una cabina metálica que es de un tamaño mayor al de las dimensiones de la botella, la luz infrarroja es interrumpida por la presencia de la botella dentro de la cabina, cabe destacar que el receptor del sensor infrarrojo está ubicado de forma diagonal a la cabina.

Después de detectada la botella, el motor de la banda transportadora se detiene y la botella es girada de manera vertical muy suavemente hasta activar el final de carrera ubicado en la parte inferior de tal forma que la botella quede

girada totalmente, después de activo el final de carrera, la botella se mantiene en esta posición por un tiempo de dos segundos, la parte superior de la cabina tiene unos orificios para la salida del agua, de esta forma la botella se desocupa y por gravedad se elimina gran cantidad de partículas de agua de la misma, en la industria este tipo de procedimientos el agua de lavado de las botellas es destilada y en cantidades muy pequeñas no altera la composición química de otro líquido, por esta razón es tolerable que la botella quede húmeda al salir de la etapa del secado.

Pasado el tiempo de los dos segundos de estar la botella girada, al motor DC se le invierte la polaridad, llevando suavemente la botella a la posición inicial de esta etapa, corroborándolo por la activación del final de carrera justamente ubicado en la parte inferior de la cabina, en este caso se omite la activación del sensor infrarrojo debido a que todavía no se ha terminado todo el proceso, en ese instante se enciende la banda transportadora y se espera la activación del último final de carrera involucrado en este ciclo, ubicado en la salida de esta etapa para así darla por terminada y esperar de nuevo la interrupción de la luz infrarroja que indique la llegada de otra botella.

Inicialmente la cabina no tenía orificios en la parte superior, por tanto no se podían desocupar rápidamente las botellas que provenían del lavado con agua en su interior, sin duda alguna este problema estaba ocasionando que la botella llegara de nuevo a su posición inicial con líquido, para solucionar esto se hicieron orificios de diferentes tamaños en la parte superior de la cabina.

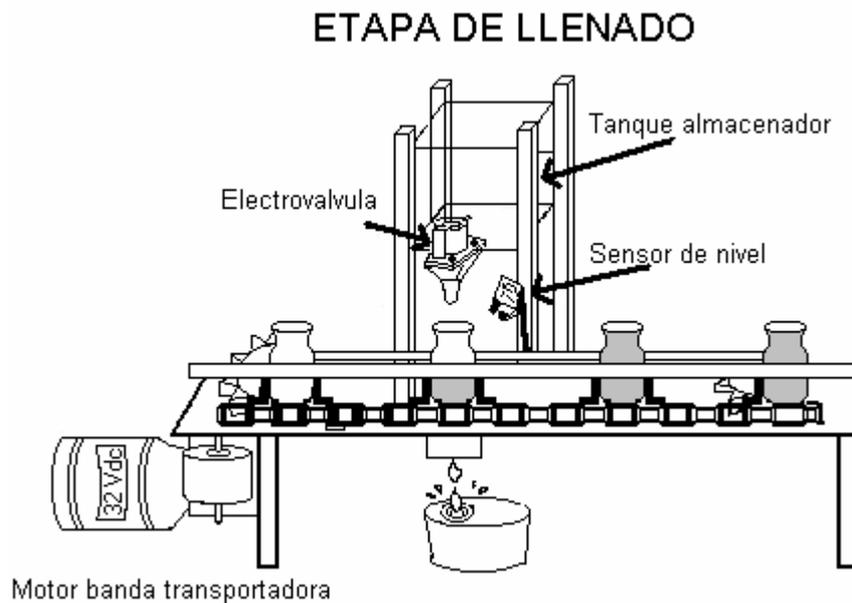
El recipiente que contiene el agua “sucia” que se desocupa de las botellas que entran a la etapa de secado, no tenía las paredes de vidrio con la suficiente altura como para evitar que se derramara el agua, para solucionar esto se construyó un tanque llamado almacenador con paredes de vidrio y dimensiones exactamente definidas para tal utilidad que contuviera el agua mientras giraba la botella.

Al detectar la botella cuando entraba a la cabina para posteriormente secarla, la inercia del motor de la banda hacía que esta se adelantara y por tanto los dientes que la acompañan también se adelantaban y cuando estaba de vuelta a dejar la botella en la posición inicial no coincidía con el lugar de los dientes, lo que ocasionaba que ésta se ladeara y no pudiera continuar con el resto de

etapas, para solucionar esto se ubico el sensor de manera estratégica para detectar un poco antes la botella y evitar este percance.

Al girar la botella, ésta se rodaba hacia alguno de los costados de la cabina y perdía la posición que debería mantener en el camino, para solucionar esto se moldeó con masilla las paredes de la cabina para que no sucediera esto.

### 3.3.4 Llenado



**Figura 16.** Etapa llenado

Llenado se define como ocupar por completo ó parcialmente un espacio.<sup>75</sup> El orden de las etapas va de la siguiente manera; inicia el proceso por el lavado, posteriormente pasa por secado y en tercera instancia llega al llenado, etapa compuesta por una válvula solenoide, un sensor infrarrojo y un final de carrera, al activarse el final de carrera, quiere decir que la botella esta justamente debajo de la boquilla de la válvula, se detiene la banda transportadora y se activa la válvula hasta que el sensor de nivel ubicado estratégicamente se active. Como el líquido que llena las botellas es blanco, al incrementar el nivel en la botella la luz infrarroja es reflejada hacia el receptor del sensor, de esta manera se activa y por consiguiente se cierra la válvula, de nuevo se enciende la banda transportadora y continúa el proceso.

Dado el caso que en la etapa posterior que es el tapado se encuentre una botella, se procederá a esperar que ésta termine para salir de la etapa de llenado, esto se hace con el fin de evitar colisiones ó garantizar así una buena ejecución de las etapas.



**Figura 17.** Tanque llenado.

En la Figura 17 se muestra el tanque de llenado, en el cual se controla el flujo de salida del líquido por medio de la electroválvula, ésta funciona a 110v AC.



**Figura 18.** Tanque alineado (llenado).

Otra perspectiva del tanque:

---

<sup>75</sup> DICCIONARIO REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, Ibid.

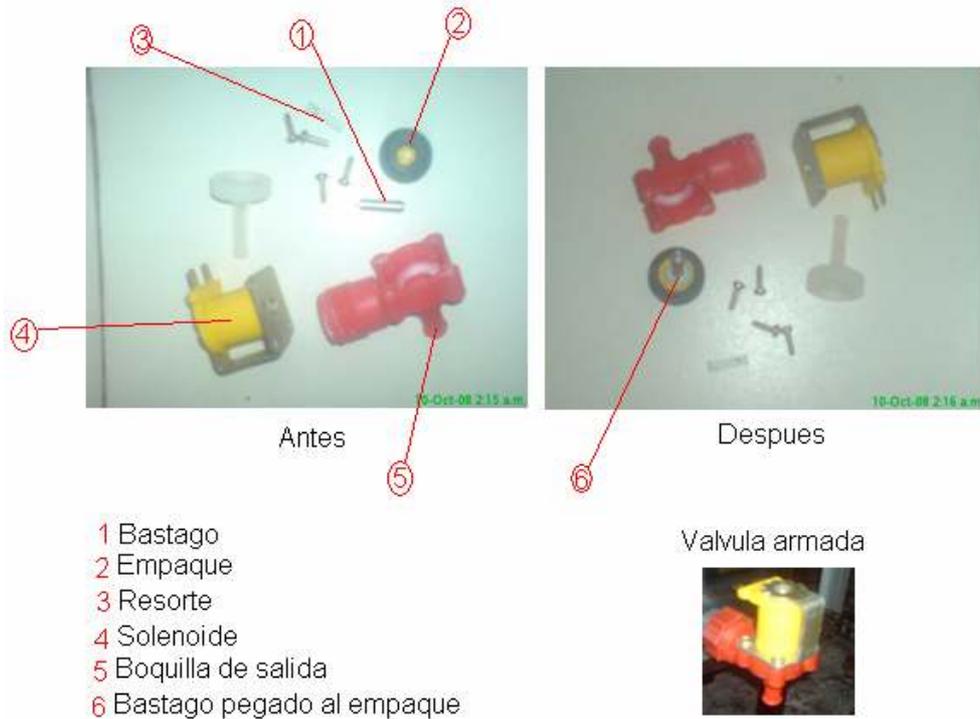
En la imagen se visualiza la ubicación definitiva del tanque en el módulo al finalizar la construcción del mismo, como se observa la boquilla de la electroválvula queda sobre la banda transportadora.

En ésta etapa el sensor que mide el nivel líquido de la botella estaba ubicado debajo de la válvula, es decir, muy alto y el líquido se regaba debido a que lo detectaba demasiado tarde ó detectaba el líquido que salía de la válvula, la solución fue ubicar con masilla el sensor de forma diagonal a la botella que se está llenando e independiente al tanque con el fin de detectarlo a tiempo y evitar que detectara el líquido que sale de la boquilla de la válvula.

Sin duda alguna la mayoría de sistemas y máquinas industriales son afectadas, tanto por el ruido como por las vibraciones mecánicas presentes en el ambiente de trabajo de la máquina, en nuestro caso nos afectan las vibraciones, debido a que cuando la botella se está llenando y otra tapando, el giro del motor de tapado hace que el sensor de llenado se mueva y por tanto lo activa antes de tiempo, esto se mejoró tratando de dejar fijo el sensor de nivel.

El líquido que llena las botellas es maizena disuelta en agua, debido a que es más densa la maizena que el agua, ésta se asienta en la base del tanque y ocasionaba una obstrucción en la válvula, por tanto se adaptó un filtro a la salida del tanque de llenado, justo antes de pasar el líquido a la electroválvula con el fin de evitar este percance y aumentar el tiempo de mantenimiento de la válvula.

La electroválvula que se usó inicialmente, se le hicieron modificaciones de tipo mecánico, puesto que normalmente se utiliza cuando el agua a la entrada de la misma es a presión (toma de agua de una casa ó salidas de lavadoras), normalmente la válvula se mantiene cerrada debido a un resorte que le ejerce fuerza al vástago que entra y sale del solenoide, cuando la válvula es energizada a 110Vac el vástago sube y comprime el resorte ocasionando que ésta se abra, asimismo la presión ocasiona que el empaque en la boquilla de salida de la válvula se levante y deje pasar el líquido.



**Figura 19.** Válvula solenoide modificada.

En nuestra aplicación como el tanque de llenado del módulo sólo contiene el líquido estático, por tanto depende de la presión hidrostática ejercida por el peso del líquido sobre las paredes del recipiente, debido a que el tanque es pequeño ésta presión también lo es, se procedió a tomar el vástago que entra y sale del solenoide y pegarlo al empaque que está en la boquilla de salida de la válvula, de esta forma al ser energizada la válvula no era necesario que a la entrada hubiera presión para que pasara el líquido. La válvula descrita tuvo un buen funcionamiento por un tiempo aproximado a dos meses, luego de este tiempo empezó a ocasionar un goteo constante cuando estaba apagada, se intentó reponer con otra idéntica y hacerle las mismas modificaciones mecánicas y sucedió lo mismo, lo que inicialmente parecía una buena estrategia para disminuir costos en la realización del proyecto paso a ser un gasto mayor, pues finalmente se decidió comprar una electroválvula directa utilizada a nivel industrial con las siguientes características:



**Figura 20.** Electroválvula.

Model: 91138

Pressure: 0~7Kgf/cm<sup>2</sup>

Orifice: 16mm

VOLTS: 110Vac

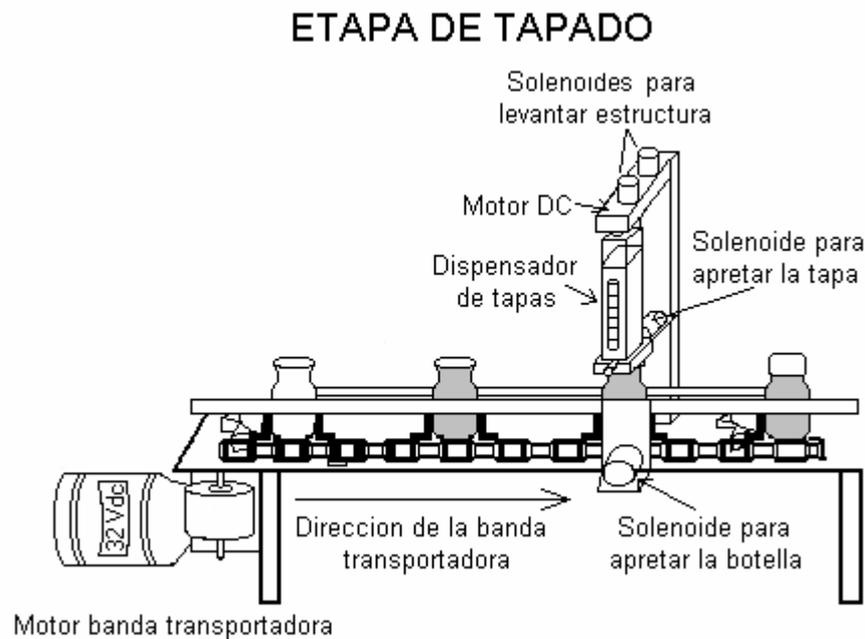
Temp: -5°C–80°C

PIPE SIZE 3/8"



**Figura 21.** Electovalvula con tanque.

### 3.3.5 Tapado



**Figura 22.** Etapa tapado

Se define como cubrir lo que está descubierto ó abierto.<sup>76</sup> Dentro del proceso se refiere a la etapa en que las botellas se tapan para terminar este ciclo.

Sin duda alguna ésta es una de las etapas más complicadas del proceso, en la industria de embotelladoras hay demasiadas maneras de realizarla, pero el objetivo es disminuir costos y que los dispositivos utilizados sean accesibles.

De esta forma el tapado es un diseño propio y está compuesto por un motor DC, cuatro solenoides, tres finales de carrera y un sensor infrarrojo, el proceso empieza cuando se activa el final de carrera a la entrada de la etapa, este hace que la estructura de tapado sea levantada por dos solenoides ubicados en la parte superior de la etapa, al seguir avanzando la banda transportadora, la luz infrarroja que va del led emisor al receptor del sensor es interrumpida, la ubicación del sensor es debajo del dispensador de tapas (estructura), una vez activo el sensor se aprieta la botella energizando un solenoide ubicado en la parte inferior de la etapa, la tapa se deja caer con la activación del solenoide montado en el dispensador (se contrae el resorte) junto con la estructura (desenergizando los solenoides que levantan la estructura) y empieza el ciclo del tapado que consiste en girar el motor DC (servomotor truncado) por 1

<sup>76</sup> DICCIONARIO REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, Ibid.

segundo hacia la derecha sujetando la tapa, al pasar dicho tiempo se invierte el sentido de giro del motor hacia la izquierda, este giro va hasta la posición inicial de la estructura, activando un final de carrera que a su vez incrementa un contador hasta llegar a doce pulsadas, terminado el conteo, la estructura se levanta se desenergiza el solenoide de soltar la botella y se empieza a mover la banda transportadora, en la salida de esta etapa está situado el tercer final de carrera el cual reiniciará todo para que se reciba otra botella en esta etapa.

En las siguientes siete imágenes se observa como fue el proceso de diseño y construcción del dispensador de tapas, del cual inicialmente se hace un modelo en balsa, para posteriormente hacerlo en aluminio.



**Figura 23.** Diseño dispensador de tapas.

En esta imagen se presenta el diseño definitivo en balsa.



**Figura 24.** Diseño dispensador definitivo en balsa.

La realización del diseño anterior se lleva a cabo en aluminio, y se muestra a continuación:



**Figura 25.** Diseño dispensador de tapas en aluminio.

Este es el mecanismo utilizado para sujetar la tapa. Observándolo más detalladamente, se desarma y se muestra a continuación, donde también se observa el vástago en la imagen izquierda que es absorbida por el solenoide una vez se energiza, al ser comprimido el resorte la tapa se suelta, es decir, al energizar el solenoide se suelta la tapa.



**Figura 26.** Partes del dispensador de tapas.

Por la parte superior el dispensador de tapas se ve de la siguiente forma:



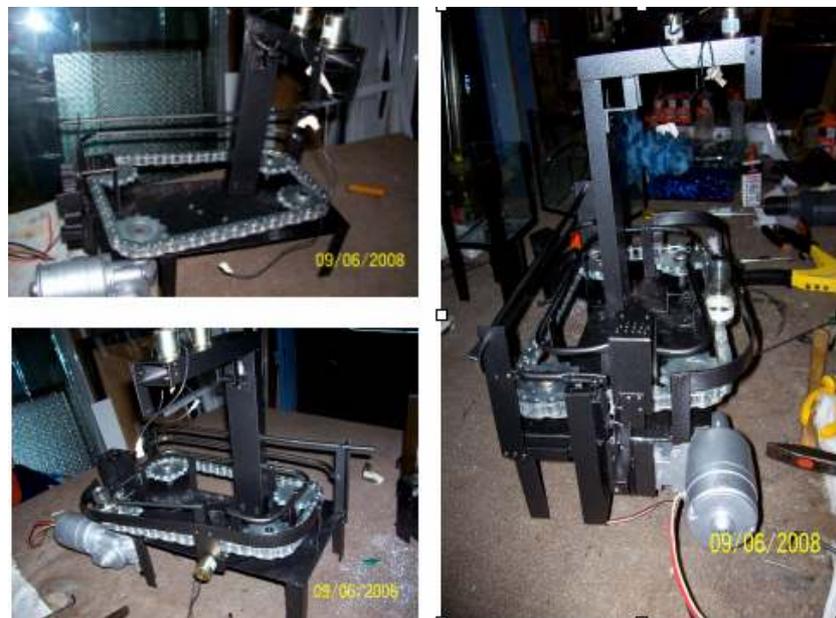
**Figura 27.** Vista superior del dispensador (tapado).

En la siguiente imagen se observa cuando el módulo es pintado y armado:



**Figura 28.** Partes del módulo.

En las siguientes imágenes se observa la estructura que va a sostener al dispensador de tapas por medio de dos solenoides montados en la parte superior, asimismo las barandas que ayudarán a que la botella no se caiga de la banda transportadora (cadena):



**Figura 29.** Estructura tapado.

En la siguiente imagen se visualiza que en la etapa de lavado (parte izquierda de la imagen) se adicionan las paredes de vidrio con el fin de aislarla de las otras etapas y evitar que el agua salga de allí, también se observa que el

dispensador de tapas está adicionado al motor de tapado y por tanto a la estructura que se levantará al alimentar los dos solenoides encargados de esta función.



**Figura 30.** Paredes de vidrio del lavado.

Finalmente se obtiene el módulo terminado:



**Figura 31.** Módulo definitivo.

Inicialmente la estructura contaba con un solenoide para levantar la estructura, debido a que el alcance de los solenoides es muy poco y el dispensador de tapas es pesado para un solo solenoide, para dar solución a esto se optó por agregar otro solenoide y así poder balancear las fuerzas que se ejercen en la subida de la estructura.

No existía un soporte para que el motor descansara en su estado de reposo por tanto se puso una lámina de aluminio con el fin de que el motor no soportara todo el peso del dispensador de tapas sobre su eje y también para ubicar el final de carrera que cuenta el número de giros que hace el motor para tapar la botella.

### 3.3.6 Cadena y piñones del módulo



**Figura 32.** Cadena y piñón del módulo.

Inicialmente se pensaron diferentes mecanismos para la banda transportadora, pero al determinar las dimensiones de la botella a utilizar en el proceso se definió que la banda sería una cadena, de tal manera que el sistema de piñones y cadena sirve para el desplazamiento de las botellas por cada una de las etapas del módulo, la forma se asemeja a un rectángulo de tal forma que el espacio ocupado por el módulo es pequeño, a este sistema se le denomina cadena sin fin (cerrada), la cual gira alrededor de tres ruedas dentadas (piñones) hasta que el motor conectado a un cuarto piñón lo desee, los tres piñones que ayudan a dar la forma a la cadena son fijos a la base, sobre la cadena se adicionaron unas laminas en forma de “L” para que el operario de forma manual ubique las botellas uniformemente distribuidas sobre la cadena y así evitar que en cada una de las etapas hayan colisiones entre las botellas que llegan.

### 3.3.7 Motores DC del módulo

Los motores utilizados en el módulo son: para la etapa de secado un servomotor de rotación continua (Parallax), y para la etapa de tapado un servomotor (Hitec) truncado, estos servomotores son usados debido a que la fuerza, velocidad y baja inercia son una de las características principales de estos dispositivos. Otro de los motores utilizados es un motorreductor el cual se encarga de convertir gran parte de la velocidad de giro en torsión, funciona a 32 voltios DC y es la encargada de mover la banda transportadora del módulo.



**Figura 33.** Motor banda transportadora.



**Figura 34.** Motor secado y tapado.

Una de las modificaciones que le hicimos a uno de los servomotores se le denomina como “truncarlo”, esto consiste en cortar la restricción interna que hace que sólo gire 180 grados y permitirle dar giros completos, sin embargo, convierte al servomotor en un motor de corriente continua normal, pues es necesario eliminar el circuito de control. Como los engranajes reductores se conservan, el motor de DC mantiene la fuerza que tenía el servo inicial.

### 3.3.8 Solenoides del módulo

Estos sólo se utilizan en la última etapa del proceso que es el tapado, son cuatro, dos de ellos son los encargados de levantar la estructura cuando una botella está a punto de entrar al tapado, otro es el que mantiene apretada la botella con el fin de que ésta no se mueva cuando se esté enroscando la tapa, y otro que es el que suelta la tapa, todos realizan las funciones anteriormente

nombradas cuando se les aplica 24 voltios DC, sin duda alguna son unos de los dispositivos que más consumen corriente cuando están en funcionamiento, puesto que la etapa de tapado requiere que por lo menos tres estén activos a la vez cuando la botella está debajo del dispensador de tapas.



**Figura 35.** Solenoides.

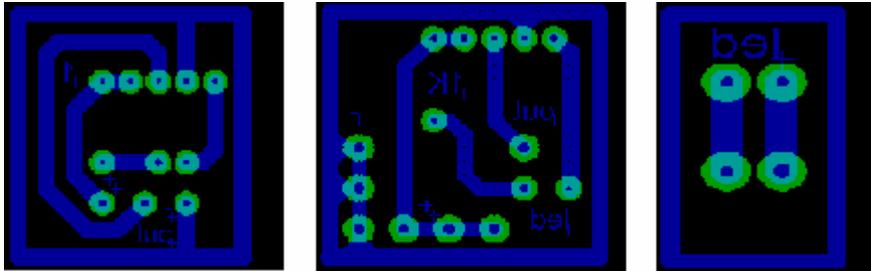
### **3.3.9 Finales de carrera del módulo**

Los finales de carrera son los que indican al PLC cuando ejecutar funciones en cada una de las etapas del módulo, según su estado lógico. La distancia a la que detecta el final de carrera es cero, se debe tener en cuenta la buena ubicación para que no hayan problemas al pasar la botella, puesto que esta es liviana y puede caerse, por ejemplo en el llenado que activa un final de carrera para quedar debajo de la boquilla de la válvula, si se mueve la botella, se derramará el líquido.

### **3.3.10 Sensor de nivel del módulo**

Cuando se activa, es el encargado de apagar la electroválvula de llenado, es de aclarar que su funcionamiento es con luz infrarroja que al reflejar en el líquido ésta llega al receptor del sensor y cambia su valor lógico, el led emisor de luz infrarroja está paralelo al receptor del sensor en la etapa de llenado, en las etapas de secado y tapado el led infrarrojo es ubicado en frente del receptor, de tal modo que al ser interrumpido el haz de luz, su valor lógico cambia.

### 3.3.11 Baquetas



**Figura 36.** Baquetas de los sensores.

En la baqueta izquierda se observan las conexiones del sensor IRF471 con el led paralelo al receptor del sensor que será usado en la etapa de llenado, se diseñó la baqueta del centro en la que se observan las conexiones de las alimentaciones de los otros dos sensores distribuidos en las etapas de llenado y tapado, esta baqueta es la que está ubicada en la etapa de secado, de la cual el led (baqueta derecha) va en frente del receptor del sensor para que al ser interrumpida la luz infrarroja sea cambiado el valor lógico del sensor.

## 3.4 VARIABLES DEL MODELO

Las variables a controlar son ON/OFF y en el módulo son:

### 3.4.1 Posición

En la etapa de lavado por medio de un final de carrera se detecta cuando la botella entra a la misma, permitiendo así activar la motobomba y ejecutar la función que esté programada por un tiempo determinado.

En el secado por medio de un sensor para detectar cuando la botella entra a la cabina, esta girará posteriormente para desocupar el agua que entró a la botella en la etapa anterior (lavado).

En el llenado por medio de un final de carrera para determinar que la botella está justamente debajo de la válvula solenoide y así accionarla. En el tapado por medio de un sensor para saber que la botella que va por la banda transportadora está debajo del dispensador de tapas y poder empezar a ejecutar las funciones correspondientes a esta etapa.

No hay necesidad de parar la banda transportadora en la etapa de lavado, en el resto de las etapas si es necesario debido a que se necesita esperar que se realicen ciertas acciones como lo son girar un motor, esperar que se llene la botella ó se tape.

### **3.4.2 Nivel**

Solo en la etapa de llenado es necesario realizar un control de nivel por medio de un sensor infrarrojo, éste cambia su valor lógico una vez el líquido insertado en la botella por medio de la válvula llegue a cierta distancia donde la luz infrarroja es reflejada.

## **3.5 LAZOS DE CONTROL**

Inicialmente se pensó en manipular dos lazos de control cerrados, pero debido a que el motor tiene poca inercia no se vió la necesidad de regular la velocidad, por esta razón en definitiva quedaron 4 lazos de control abiertos y uno cerrado.

### **3.5.1 Lazos de control abiertos**

Se presenta en cada una de las etapas (4), en el lavado se enciende la motobomba una vez la posición sea la correcta para tal ejecución, a la salida no hay ningún tipo de control, por tanto se cataloga como un lazo de control abierto.

En el secado, llenado y tapado se verifica la posición de la botella y se lleva a cabo la función específica para tal acción, pero como no se realiza un control a la salida se clasifican como lazos de control abiertos.

### **3.5.2 Lazo de control cerrado**

El único lazo de control realimentado (cerrado) es en el llenado donde se enciende la válvula solenoide siempre y cuando el sensor de nivel esté desactivo, cuando éste se activa se apaga la válvula y se mueve la banda transportadora.

### 3.6 UTILIZACIÓN DEL PLC Y PANTALLA TÁCTIL

El proyecto cuenta con dos PLC's conectados de forma Maestro esclavo debido a la necesidad de obtener un número mayor de salidas, el PLC 1 controla las etapas de secado y tapado, el PLC2 controla las etapas de lavado y llenado.

El PLC trabaja en base a la información proveniente de sensores infrarrojos y de finales de carrera distribuidos en las diferentes etapas del proceso, realizando una acción de control determinada sobre los actuadores según el programa lógico interno del PLC, ya sea activando, desactivando una salida ó enviando información a la pantalla táctil y de la pantalla al PLC2.

El PLC va conectado directamente a contactores los cuales permiten su protección y a su vez el manejo de voltajes DC ó AC a la salida según el actuador, para éste proceso en particular se manejan voltajes de DC de 2,5v (motores de secado y tapado), 32v (motor banda transportadora), 24v (solenoides), 5v (sensores), y de AC 110v (motobomba y electroválvula).

Como parte de la interfaz hombre máquina (HMI) se utiliza una pantalla táctil de la serie NS-5 de OMRON la cual permite llevar a cabo la conexión de maestro esclavo por medio de los puertos de comunicación, asimismo visualizar el estado en que se encuentra cada etapa del proceso (EN EJECUCION ó EN ESPERA), esta será el punto de partida para iniciar el proceso, cabe destacar que en cada una de las etapas las posiciones iniciales de la parte mecánica son indispensables para el correcto funcionamiento del módulo.

De manera muy detallada se explica el modo de uso de la pantalla táctil, ésta sirve principalmente para interactuar con el usuario, de tal forma que al encenderla esta arrojará la pantalla principal en la que se presenta el escudo de la universidad y los nombres de los integrantes de la construcción y diseño del módulo.

Se observa de manera muy clara un botón circular que en su interior dice INICIO, si éste se pulsa se pasará a otra pantalla en la que se muestra la forma general de la planta, en ésta se indica por medio de leds que etapas están activas, así mismo hay botones como iniciar, historial y reset botellas, iniciar al

ser pulsado empieza a mover la banda transportadora, anteriormente se mencionó que este pulsador permanece activo siempre y cuando la pantalla este energizada, historial es un registro del número de botellas que han pasado por cada etapa y reset botellas permite poner en ceros los contadores.

Si el operario lo desea puede ver mas detalladamente la etapa que quiera, oprimiendo el botón junto al diagrama de la planta con el nombre específico de la etapa, asimismo al estar en una de estas etapas se podrá seguir monitoreando si las otras tres etapas están ó no activas, esto es por medio de los leds indicadores, idénticos a los que se encuentran en el screen principal.

En la etapa de lavado se puede modificar el tiempo de lavado de las botellas por medio de un tenkey similar a un teclado numérico, al cual se le insertan los números multiplicados por 10, es decir, si se necesita que el lavado de la botella dure un segundo, se inserta 10, si se quieren 5 segundos se introduce 50, y si se quieren 50 segundos se introduce 500.

En la etapa de tapado se puede observar de igual manera que en las otras etapas por medio de leds cual de las otras está activa, por cuestiones de hacer más didáctica la interfaz se insertaron imágenes que hacen ver en diferentes posiciones un objeto, lo que simula el movimiento de ciertas piezas que en la realidad y simultáneamente lo hacen justo con la pantalla, un reflejo de esto es en el tapado donde se observa claramente cuando la estructura gira para enroscar la tapa.

### **3.6.1 Terminales entrada salida E/S**

Las entradas y salidas del PLC se describen a continuación:

#### **PLC1 (Maestro)**

##### **Entradas**

00000: Final de carrera etapa lavado (Fc1). Al ser activado enciende la motobomba por un tiempo escogido por el operario, dicho tiempo se introduce a la pantalla táctil, si el final de carrera es presionado de nuevo antes de que transcurra el tiempo, se reinicia el conteo.

00001: Final de carrera etapa secado (Fc2). Permite controlar si la caja correspondiente a esta etapa se encuentra sobre la banda transportadora.

00002: Final de carrera etapa secado (Fc3). Es accionado por la cabina que hace el papel de secado interrumpiendo su giro, pasados 2 segundos después de ser activado, hace que el motor gire en sentido contrario llevando la botella de nuevo a la banda transportadora.

00003: Final de carrera etapa secado (Fc4). Resetea el contador de sensado de la botella, se encuentra ubicado a la salida de la etapa de secado.

00004: Sensor infrarrojo etapa secado (S1). Al ser sensada la botella hace que el motor gire para desocupar el líquido proveniente de la etapa de lavado y la banda transportadora se detiene. Cuando hace éste sensado hace que el contador incremente en uno, y cuando la botella después de haberse desocupado regrese, el contador incrementa a dos, esto se hace para poder inhabilitar las líneas de programación anteriores que hacen la parte de desocupar el líquido, éste sensor está ubicado de manera tal que el haz de luz infrarrojo pase diagonal a la cabina del secado, este haz de luz se interrumpe una vez la botella entre a la cabina.

00005: Final de carrera etapa llenado (Fc5). Detecta la botella y hace que la banda transportadora se detenga y la válvula solenoide se active.

00006: Entrada de PLC dañada.

00007: Final de carrera etapa tapado (Fc6). Activa los solenoides que permiten subir la estructura de tapado, esto se hace para evitar un calentamiento excesivo y disminuir el consumo de potencia, estos se activan por el tiempo necesario, es decir, cuando la botella va a pasar justamente por esta etapa.

00008: Sensor etapa de tapado (S2). Al sensar la botella activa el solenoide que permite apretar la botella, bajar la estructura y alimentar al motor que permite enroscar la tapa, ubicado justamente debajo de la estructura de tapado (dispensador de tapas).

00009: Final de carrera etapa tapado (Fc8). Cada vez que es pulsado hace un conteo que corresponde al número de giros que permite que la tapa se

enrosque, asimismo hace que el motor invierta el giro y active el solenoide que aprieta las tapas, esta ubicado sobre el soporte de la estructura.

00010: Final de carrera etapa tapado (Fc9). Resetea el contador de giros del motor y deja caer la estructura con el fin de disminuir el consumo de energía, está ubicado a la salida de la etapa de tapado.

00011: Sensor de nivel etapa llenado (SN). Su activación esta dada cuando el nivel en la botella es el deseado que a su vez hace que la electroválvula se desactive.

## **Salidas**

01000: Motor etapa secado (M1). Permite girar la cabina en sentido izquierdo haciendo que ésta desocupe el líquido proveniente de la etapa de lavado.

01001: Motor etapa secado (M1). Permite girar la cabina hacia la derecha haciendo que la botella sea de nuevo ubicada en la banda transportadora.

01002: Solenoide etapa tapado (Sol1). Aprieta la botella para evitar que la botella se gire ó se caiga cuando se está tapando.

01003: Solenoide etapa tapado (Sol2). Cuando es energizado deja caer la tapa sobre la botella y funciona también en parte fundamental para mantener apretada la tapa para evitar que se gire.

01004: Solenoide etapa tapado (Sol3). Son 2 solenoides conectados en paralelo, los dos hacen la misma función, cuando son energizados hacen que la estructura que está compuesta por el motor DC y el dispensador de tapas se levante, normalmente están desenergizados, por tanto la estructura está abajo.

01005: Motor etapa tapado (M2). Hace girar el motor hacia la izquierda, debido a que el cableado que baja por el dispensador de tapas que es la alimentación del solenoide 2 no se puede girar completamente, el motor gira hacia la derecha por un delay de 1 segundo, y en este caso que gira hacia la izquierda se ve interrumpido por el final de carrera (Fc8), de esta forma poder llevar un conteo del número de veces que el motor llega a su posición inicial.

01006: Motor etapa tapado (M2). El motor realiza el giro a la derecha para enroscar la tapa durante un tiempo dado, cuando finaliza este tiempo el motor invierte el giro.

## **PLC2 (Esclavo)**

### **Salidas**

01000: Motobomba etapa lavado (Mb). Succiona el líquido del tanque ubicado en la parte inferior del módulo, este líquido es llevado por una manguera a la varilla de cobre y por medio de unas boquillas ubicadas estratégicamente baja el agua que lava las botellas que pasen por debajo de la misma.

01001: Electroválvula etapa llenado (Ev). Al ser activado el (Fc5) se activa siempre y cuando el sensor de nivel no esté activo.

## **3.7 INDICACIONES INICIALES DEL MÓDULO**

Para garantizar la correcta ejecución de cada etapa, se deben asumir ciertas posiciones mecánicas iniciales, es decir, en la etapa de secado es necesario que la cabina esté en la parte superior (sobre la banda transportadora).

Otro caso se presenta en el tanque de llenado debido a que por cuestiones de practicidad es totalmente desprendible de la base del módulo, esto se hace por razones de cambio del tanque, lavado ó simplemente cambio del líquido que contiene, este tanque es necesario alinearlos con la banda transportadora para evitar que el líquido se derrame fuera de la botella, en la etapa de tapado, el motor debe estar hacia donde se encuentra el soporte de la estructura para evitar que todo el peso del dispensador de tapas esté soportado sobre el eje del motor DC, es de aclarar que en la industria todas estas acciones se realizan antes de encender las máquinas por operarios y así poder evitar inconvenientes después de haber encendido la máquina.

En caso de que en cualquier momento después de encendido el módulo se presente una anomalía, emergencia u obstrucción mecánica en cualquiera de las etapas, hay un pulsador que inhabilitara todas las salidas de los PLC's, apagando todos los actuadores del módulo, dado el caso en que fuese una falsa alarma se puede reanudar las acciones pulsándolo de nuevo.

## 3.8 SOFTWARE

### 3.8.1 Software de soporte

El software CX-One permite a los usuarios elaborar, configurar y programar una serie de dispositivos como PLC`s, con un solo paquete de software, una sola instalación y un número de licencia, permite a módulos como la planta embotelladora MP5 tener una interfaz gráfica al usuario de manera agradable y fácil de configurar, de este modo se reduce considerablemente la complejidad de la configuración y permite que los sistemas de automatización se programen y se configuren con una mínima formación.

Entre estos paquetes se encuentra el CX-Designer, es el software HMI que se utiliza para la serie de Terminales Programables NS de 5,7 a 12,1 pulgadas. Es fácil de utilizar y está cargado de potentes características, como el uso compartido de etiquetas con OMRON PLC`s y la importación y exportación sencillas de las etiquetas para varios idiomas. También tiene una interfaz de usuario totalmente personalizable con iconos para la mayoría de las funciones.

- Integrado en CX-One, permite compartir etiquetas entre PLC y HMIs, por lo que no es necesario escribir dos veces; basta con arrastrar y colocar desde CX-Programmer ó copiar y pegar desde Excel.
- Resulta muy sencillo reutilizar proyectos y pantallas con arrastrar y colocar.
- Proporciona una apariencia Windows y una interfaz de usuario totalmente personalizable.
- Hoja de propiedades, todas las propiedades de objeto disponibles a la vez.
- Importación/exportación de etiquetas para una traducción sencilla del proyecto.<sup>77</sup>

Los programas de la pantalla se cargan por medio de un cable USB (Impresora) conectado directamente a un PC donde se encuentran instalados los drivers y el programa de CX-One, es recomendable para alargar el tiempo de vida útil de la pantalla apagar los PLC`s conectados a la pantalla al transferir el programa.

---

<sup>77</sup> OMRON CX-ONE [Pagina de Internet] En: [http://industrial.omron.es/es/products/catalogue/software/cx\\_one.html](http://industrial.omron.es/es/products/catalogue/software/cx_one.html). [Consulta 2008 09-23].

### 3.8.2 Consola de programación

El programador se muestra en la siguiente imagen, es el utilizado para insertar las líneas de programación que hacen que el módulo funcione correctamente, este programador también tiene opciones como monitor, lo cual permite activar y desactivar entradas para ver el comportamiento del PLC con dicha acción sin necesidad de tener conectado el dispositivo electrónico tanto a la entrada como a la salida, este programador es de OMRON.



**Figura 37.** Programador del PLC.

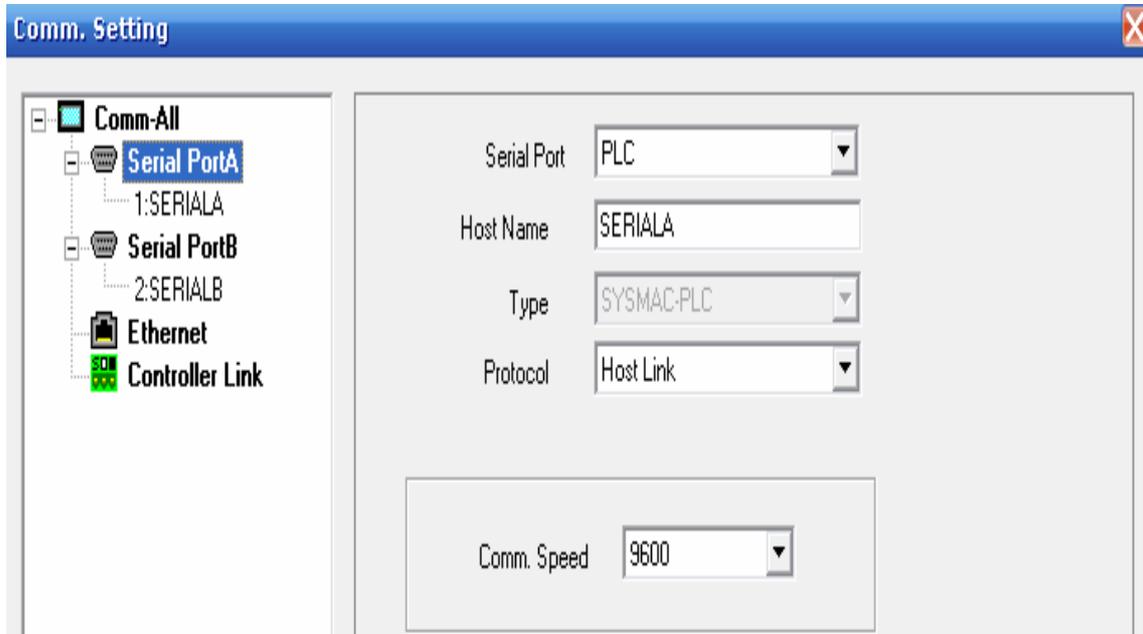
Al realizar cambios en el programa es necesario darle RUN al programador para que el PLC empiece a ejecutar el programa interno, de lo contrario no lo hará, esto se hace girando la perilla que se encuentra en la parte superior izquierda, debajo del display en el programador.

El programador tiene todas las opciones que cualquier otro en el mercado, no solo por este medio se pueden cargar programas al PLC, por medio de un PC también.

### 3.9 EXPLICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DE LA PANTALLA

Para la configuración de la pantalla se utilizó el software CX-Designer de OMRON.

A continuación se muestra como se configura la comunicación de la pantalla para la conexión con los dos PLC.



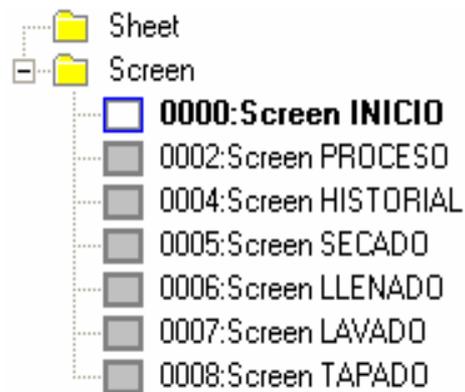
**Figura 38.** Configuración de la comunicación de la pantalla táctil.

El software cuenta con la paleta llamada function objects, para realizar las operaciones disponibles por la pantalla. En el proyecto sólo se utilizaron algunas de ellas.



**Figura 39.** Paleta de funciones de la pantalla táctil.

La pantalla cuenta con 7 screen, es decir ventanas que indican algo específico:



**Figura 40.** Pantallas del proceso.

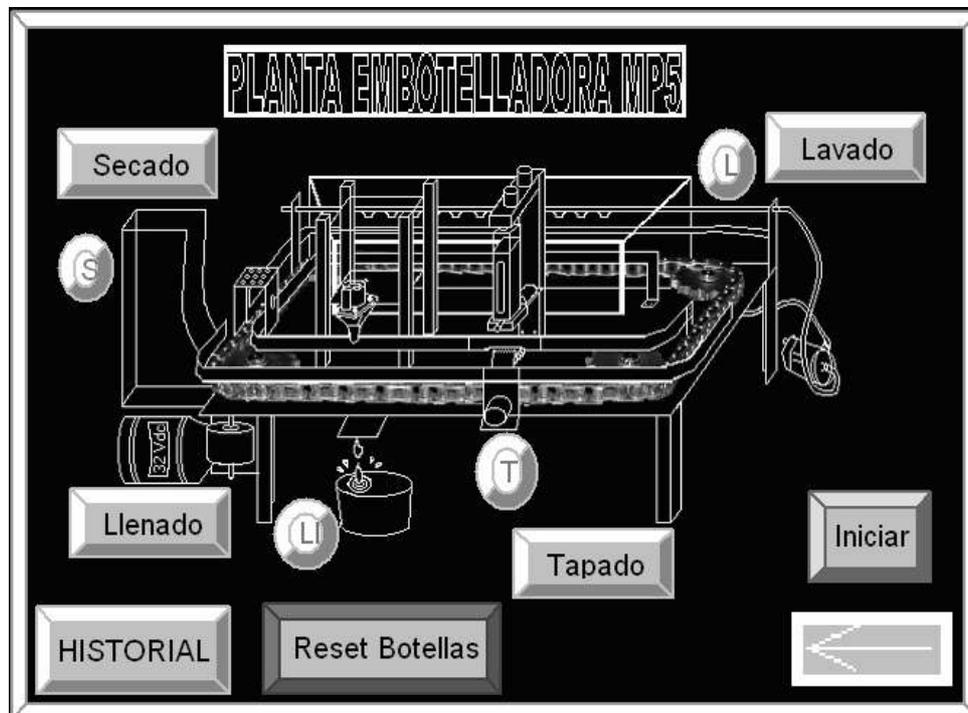
Para el Screen con nombre "INICIO", es la presentación donde se muestra el nombre de la universidad, escudo, integrantes y un botón con nombre INICIO como se muestra a continuación.



**Figura 41.** Pantalla de inicio.

En el screen inicio es una presentación del proyecto dando a conocer los integrantes que lo componen, el nombre de la universidad, su escudo y un botón el cual permite ingresar al screen del Proceso.

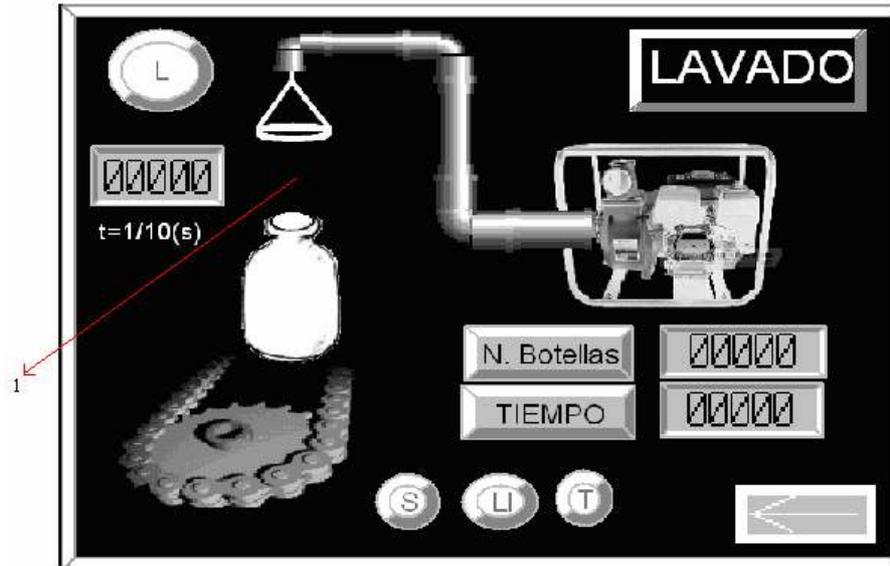
Screen general del proceso



**Figura 42.** Pantalla principal del proceso.

En esta parte se puede visualizar una imagen del módulo con sus respectivas etapas de manera muy general puesto que aquí solo indica con un elemento cambiante de color (de blanco a negro) con la letra inicial para indicar a cual etapa esta ó no activa. Cada una de ellas cuenta con un botón que permite ingresar a la etapa para visualizar el proceso de forma más detallada. Además cuenta con un pulsador con nombre *Reset de botellas* que se utiliza para reiniciar el conteo de botellas en todas las etapas del proceso. La flecha es para regresar al screen anterior y el botón iniciar es configurado en estado SET, es decir, cuando es pulsado queda permanentemente en ON, vuelve a su estado inicial cuando se desconecte la alimentación de la pantalla.

Para el Screen con nombre "LAVADO", es la presentación donde se muestra el proceso respectivo.



**Figura 43.** Pantalla del lavado.

1.A continuación se muestra como se crea un botón, para esto se utiliza:  
Function Bit Lamp 

General

Address		
Display Address		SERIALA:HR0000
Style		
Type		<input checked="" type="checkbox"/> Select Shape
Shape 1		agua.bmp
Shape 2		negro1.bmp

**Figura 44.** Gotas general.

La imagen es seleccionada desde un fichero, en este caso son dos imágenes puesto que cuando la lectura del HR se encuentra en off muestra la imagen negro1 que consta de un fondo negro, de lo contrario muestra la imagen agua que consta de unas gotas de agua, esto se hace para simular el proceso de lavado.

## Text

Label		
Font		Standard
Size		1x1
Vertical Positio		Center
Horizontal Posit		Center
Color	<input type="checkbox"/>	
Switch label acc		<input type="checkbox"/>

**Figura 45.** Gotas text.

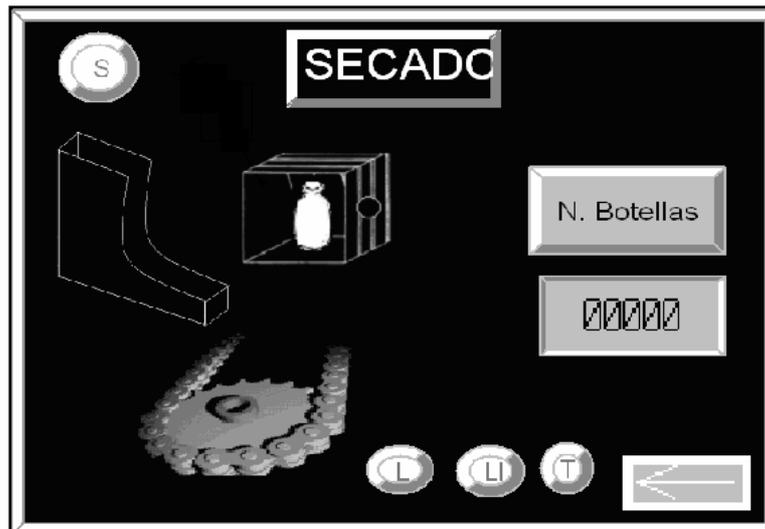
## Layout/Frame

Layout		
Width		31 
Height		27
X		74
Y		60
Frame		
Three-dimensio		<input type="checkbox"/>

**Figura 46.** Gotas layout/frame.

En esta parte del screen se visualiza una motobomba conectada a una regadera y la botella encarrilada en su respectiva banda transportadora, cuando el proceso se activa se visualiza una imagen de unas gotas cayendo a la botella. También se puede interactuar cambiando el tiempo de encendido de la motobomba, este tiempo debe ser dividido por 10, para obtener una lectura en segundos, de igual forma se muestra un conteo regresivo del tiempo y el numero de botellas que han llegado a esta etapa, la flecha permite regresar al proceso en general.

Para el Screen con nombre "SECADO", la presentación donde se muestra a continuación.



**Figura 47.** Pantalla del secado.

En esta parte del screen se visualiza el tanque donde es desocupada el agua de desecho que viene de la etapa de lavado, la cadena correspondiente a la banda transportadora y la botella dentro de una cabina. Cuando el proceso se encuentra activo se visualiza la imagen de la botella dentro de la cabina boca abajo que simula la botella desocupándose, también cuenta con el conteo de botellas que entran al proceso.

Etapa llenado



**Figura 48.** Pantalla del llenado.

En este screen se visualiza un tanque que es donde se encuentra el líquido de color blanco que es con el cual se va a llenar la botella, cuando se activa la electroválvula aparece un chorro que simula el líquido cayendo hacia la botella,

cuando el sensor se activa se ilustra la imagen de la botella rociada con color negro, haciendo referencia que ya se lleno la botella.

Etapa Tapado

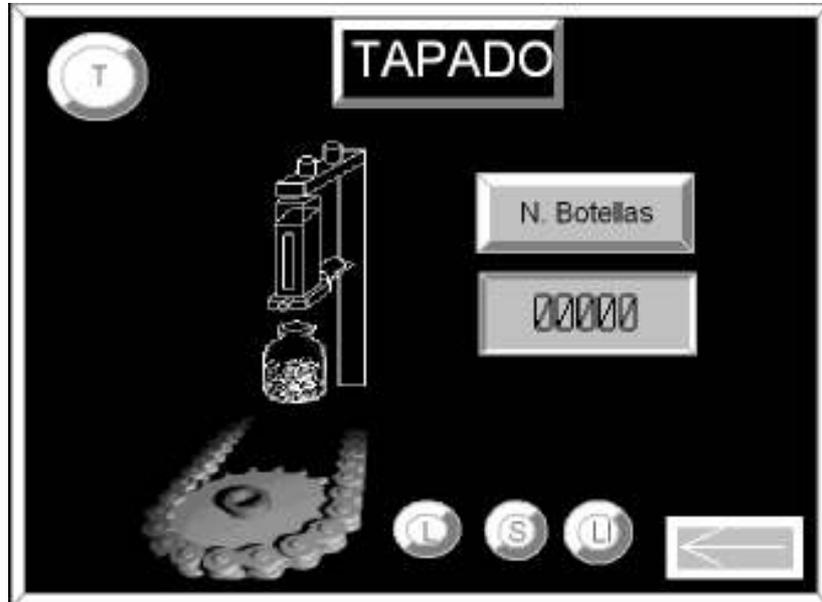


Figura 49. Pantalla del tapado.

En este screen se visualiza la estructura que permite el tapado de la botella, cuando se activa el giro del motor hacia la derecha hace que la imagen se active y aparezca la caja contenedora de tapas en una posición diferente, simulando el giro que hace esta caja cuando se realiza el tapado, de igual forma se indica el número de botellas que han entrado al proceso de tapado.

HISTORIAL

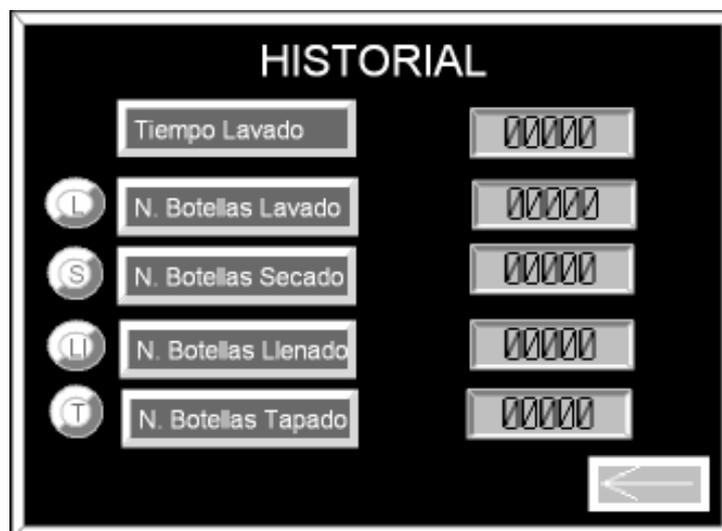


Figura 50. Pantalla del historial del proceso.

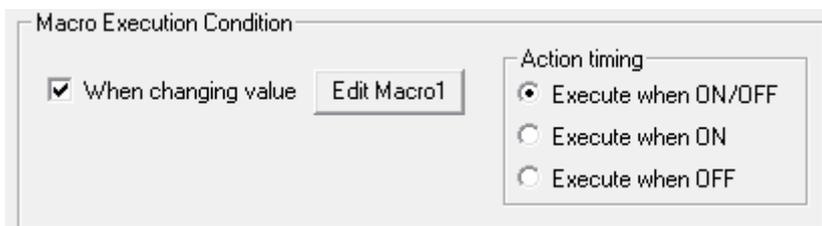
En este screen se visualiza en forma general el número de botellas que han pasado en cada etapa.

Para activar o desactivar la salida 00 y 01 del PLC esclavo, que corresponden a la motobomba y electroválvula, se utiliza el macro del bitlamps.



**Figura 51.** Indicadores del proceso.

Para ingresar al macro, se da doble clic sobre la imagen, en las subpaletas se selecciona Macro, se activa con (When changing value) y en Action timing (Execute when ON/OFF).



**Figura 52.** Configuración de la Macro.

Las siguientes líneas se ingresaron en la parte de (Edit Macro1)

Lavado

```
READHOSTB($HB11, [SERIALA], 300, 1, 0, 1);  
WRITEHOSTB([SERIALB], 300,1, 0, $HB11,1);
```

Llenado

```
READHOSTB($HB12, [SERIALA], 300, 2, 0, 1);  
WRITEHOSTB([SERIALB], 300,2, 0, $HB12,1);  
Comando REDHOSTB
```

De forma más general cada término de la macro se define a continuación.

READHOSTB(D, h, ch, addr, r, n)

Donde

D: Starting address to read data to (\$B0 to \$B32767, \$HB0 to \$HB8191)

h: Host (host name / host number)

ch: Host address type \*1

addr: Starting address in the host

r: Bits

n: Number of elements to write (1 to 126)

### Comando WRITEHOSTB

WRITEHOSTB(h, ch, addr, r, S, n)

h: Host (host name/host number)

ch: Host address type \*1

addr: Host starting address

r: Bits

S: Source starting address (\$B0 to \$B32767, \$HB0 to \$HB8191)

n: Number of elements to write (1 to 126)

### 3.9.1 Simulación del funcionamiento de la pantalla

Por medio de una simulación realizada desde Cx-Designer Ver 1.0, cuando la botella entra a la etapa de lavado, se puede observar en el siguiente screen que el Bit lamp correspondiente a esta etapa cambia su estado lógico representado de color gris a negro.

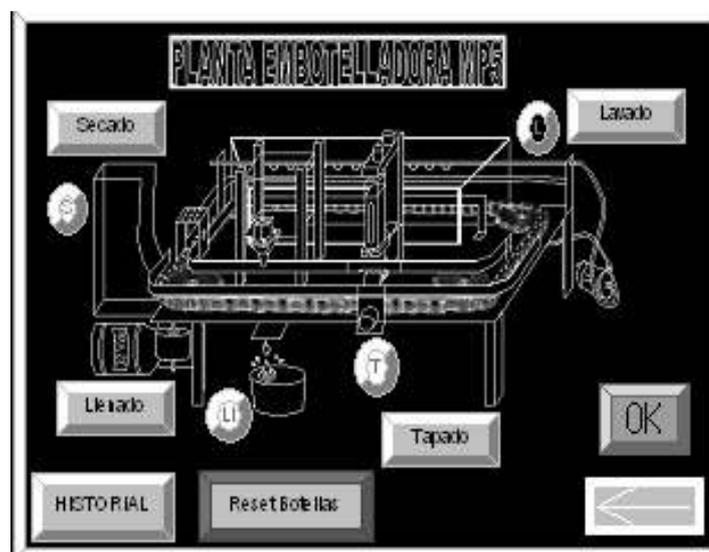


Figura 53. Simulación pantalla general

Al ingresar de manera más detallada a la etapa de lavado se observa que el tiempo que se cargo previamente fue de 100 es decir 10 segundos, y el conteo regresivo se visualiza en la parte donde se muestra el numero 10, es decir 1 segundo, las gotas de agua lavando la botella y el bit lamp en color negro hacen referencia a que la motobomba sigue activa, también se observa que solo una botella a pasado por esta etapa.

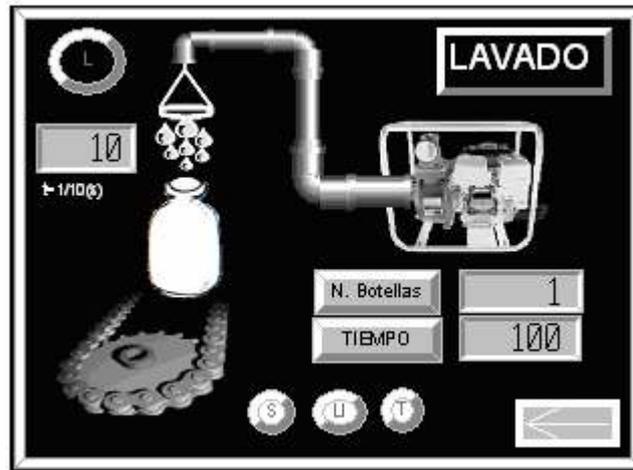


Figura 54. Simulación etapa lavado.

En el historial también se visualiza que el conteo de botellas en la etapa de lavado se encuentra en 1, y que esta respectiva etapa se encuentra activa.



Figura 55. Simulación historial.

### 3.10 POTENCIA DE LOS DISPOSITIVOS

Para medir la potencia que consumen los dispositivos en el módulo, se procedió a medir la corriente en serie con la fuente de alimentación que

consume cada uno a plena carga, el resultado leído en el amperímetro se procedió a multiplicarse con el voltaje de alimentación para así determinar la potencia consumida por el dispositivos, la medida se realizó por etapas:

En la etapa de lavado, el actuador es la motobomba, de la que se obtuvieron los siguientes datos:

**TABLA 3.** Potencia Motobomba

Voltaje de alimentación		Corriente consumida a plena carga	Potencia consumida
Motobomba	110 AC	2.41 mA	265.1 mW

En la etapa de secado, el motor DC consume:

**TABLA 4.** Potencia Motor secado

Voltaje de alimentación		Corriente consumida a plena carga	Potencia consumida
Motor	3 Vdc	14.1 mA	42.3 mW

En la etapa de llenado, la válvula consume:

**TABLA 5.** Potencia válvula

Voltaje de alimentación		Corriente consumida a plena carga	Potencia consumida
Electrovalvula	110 AC	0.73 mA	80.3 mW

En la etapa de tapado, el motor DC y los solenoides consumen:

**TABLA 6.** Potencia de motor y solenoides en tapado

Voltaje de alimentación		Corriente consumida a plena carga	Potencia consumida
Motor	3 Vdc	9.9 mA	29.7 mW
Solenoides	24 Vdc	(3solenoides) 2.7A	64.8 W

La banda transportadora consume:

**TABLA 7.** Potencia de motor banda

Voltaje de alimentación		Corriente consumida a plena carga	Potencia consumida
Motor banda	32 Vdc	23 mA	736 mW

Los sensores ubicados en las etapas de secado, llenado y tapado consumen:

**TABLA 8.** Potencia sensores

Voltaje de alimentación		Corriente consumida a plena carga	Potencia consumida
Sensores	5 Vdc	1.1 mA	5.5 mW

## **4 TAMAÑO Y CAPACIDAD DEL PROYECTO**

### **4.1 Descripción del tamaño de la embotelladora a escala**

El módulo tiene las siguientes dimensiones: De largo (55cm) que van desde el tanque residual de secado hasta extremo de la base donde se ubican inicialmente las botellas; de ancho (37cm) que van desde el motorreductor de la banda transportadora hasta el tanque de lavado y de altura (46.5cm) que va desde la base hasta la estructura que sostiene la etapa de tapado.

### **4.2 Factores que determinan el tamaño de la embotelladora**

El proyecto se desarrolló dentro de un estudio de practicidad acorde con las medidas empleadas, teniendo en cuenta que es un módulo a escala de una embotelladora real que se utiliza como medio didáctico de aprendizaje y ayuda a la observación de las diferentes etapas que se pueden emplear en el área de control.

La necesidad eminente de utilizar el PLC es un factor que influye en las dimensiones del módulo ya que estos se encuentran en el laboratorio de máquinas en un reducido espacio para su utilización.

### **4.3 Capacidad del proyecto**

El módulo tiene la capacidad de sacar una botella que pase por todas las etapas en 2.50 minutos, lo que en realidad es mas rápido debido a que las botellas van distanciadas una de la otra cada 15 segundos.

Desde que entra la botella al lavado y llega a secado gasta 1.20 minutos, secando gasta 3.8 segundos, y saliendo del secado hasta empezar el llenado gasta 30.2 segundos y llenando gasta 2.5 segundos, del llenado hasta que empieza el tapado gasta 21.1 segundos y en tapado gasta 31.4, lo que en total gasta 2.49.4 minutos.

### **4.4 Capacidad instalada**

La capacidad instalada se basa primordialmente en la aplicación de un controlador lógico programable (PLC) debido a que los procesos industriales cada vez son más complejos y con el requerimiento de ser optimizados, para que operen de la manera más económica, rápida y con menos fallas.

Debido a estos factores, la industria se ha visto en la necesidad de automatizar sus procesos. Una manera simple, efectiva y confiable es mediante el controlador lógico programable, que cuenta con gran flexibilidad de aplicación en casi cualquier campo donde se necesite un controlador inteligente.<sup>78</sup>

### **4.5 Capacidad utilizada**

Un PLC puede reemplazar operarios humanos y sistemas que funcionan a base de temporizadores y cableados, entre otros tipos. Disminuyendo así tanto la posibilidad de error en el producto y de falla ó avería en el sistema.

Debido al amplio potencial del PLC en la industria, se ha mejorado su proceso de instalación, de manera que pueda ser realizada por personal medianamente calificado, ya que los lenguajes de programación cuentan sistemas gráficos que facilitan su uso.<sup>79</sup>

---

<sup>78</sup> SANCHEZ Juan, SOLÍS Edgardo y QUIROS Robert. APLICACIONES DE LOS CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES. [Monografía] En: UNIVERSIDAD DE COSTA RICA. Escuela de Ingeniería Electrica. II Semestre 2004. pagina 2

<sup>79</sup> SANCHEZ Juan, SOLÍS Edgardo y QUIROS Robert. , Ibid.

Actualmente el precio de los PLC es bastante accesible, ya que se cuenta con gran variedad y se puede seleccionar el que mejor se ajuste para el sistema a controlar. En el mercado existen también dispositivos que permiten la expansión de sus entradas y salidas mediante módulos, los cuales pueden ser agregados, retirados ó remplazados en caso de falla.<sup>80</sup>

Además de la capacidad de controlar el sistema, el PLC tiene la opción de comunicarse con otros dispositivos, como las computadoras, y tiene la capacidad de guardar datos con fines estadísticos, que podrían ser usados por diversos departamentos de la empresa.<sup>81</sup>

## **5. ANÁLISIS DEL PROYECTO**

### **5.1 ASPECTOS POSITIVOS**

Este proyecto se inicia con la intención de mostrar a los estudiantes de la facultad de ingeniería electrónica un proceso de automatización industrial de manera didáctica, pues este prototipo permite dar un acercamiento más práctico y aplicable, pues tiene los mismos pasos de una embotelladora real. Cuenta con la posibilidad de futuras ampliaciones del módulo como su mejoramiento a nivel de estudios aplicados para tal fin.

Debido a que las dimensiones del tablero donde está instalado el PLC permite que este sea fácilmente manipulable, se procedió a hacer un modelo a escala que fuese práctico para su manejo, el módulo permite la visualización de las diferentes etapas que lo componen, empleando y aplicando conceptos de control e instrumentación, asimismo permite dar un enfoque conceptual hacia los procesos automáticos de control, para que a futuro se desarrollen mejoras en sistemas industriales similares.

### **5.2 ASPECTOS POR MEJORAR**

A la entrada y a la salida del proceso, se interviene manualmente ya sea para entrar o sacar la botella, esto debería ser automático con el fin de hacer más autónomo el proceso.

---

<sup>80</sup> SANCHEZ Juan, SOLÍS Edgardo y QUIROS Robert. , Ibid.

<sup>81</sup> SANCHEZ Juan, SOLÍS Edgardo y QUIROS Robert. , Ibid.

La entrada de las tapas al dispensador de igual forma son ingresadas manualmente, se podría hacer de forma automática aprovechando que las salidas y entradas del PLC esclavo en su gran mayoría no se encuentran en funcionamiento.

Aplicar sistemas neumáticos con el fin de hacer más precisos los movimientos en la etapa del tapado, esto sería para levantar la estructura del dispensador de tapas ó para apretar la botella mientras se esta tapando puesto que los solenoides utilizados no tienen mayor alcance.

### **5.3 FUTURAS AMPLIACIONES**

El proyecto se enfoca en su flexibilidad en las ampliaciones en partes como el ingreso automático de las botellas y tapas al dispensador, el almacenamiento de las botellas en canastas, entre otros, es de entender que como modelo de estudio sus futuras ampliaciones se facilitan con el avance de conocimientos y sistemas más eficaces en cuanto a rendimiento y practicidad.

Algunas partes del módulo pueden modificarse para un mejor desempeño como por ejemplo los solenoides que suben la estructura de la parte del tapado por sistemas neumáticos que permitan que la estructura tenga un mejor espacio entre la tapa y la botella, éstas modificaciones implican una mayor inversión económica que se compensa con más rendimiento, es de aclarar que no se utilizaron por el presupuesto utilizado.

Este módulo no cuenta con un manual de prácticas lo que hace posible como futura ampliación que se elaboren prácticas para que el estudiante interactúe con el módulo.

## CONCLUSIONES

- En base a la investigación recopilada sobre procesos automáticos se construyó el modelo a escala de una planta embotelladora real, como respuesta a la falencia que tiene el laboratorio de máquinas de la facultad de ingeniería electrónica en cuanto a procesos ó plantas que sirva a los alumnos de la facultad de ingeniería electrónica en presenciar un proceso a escala que facilite el estudio de procesos automáticos de control.
- Un PLC es una herramienta esencial en el proceso de automatización de una planta, pues permite manipular diferentes variables por medio de actuadores y sensores que con un programa interno logra un sincronismo deseado por el programador.
- Se acopló de manera sincrónica las partes mecánicas y electrónicas con el fin de obtener un sistema autónomo y eficaz del proceso que observa y manipula el comportamiento del sistema por medio de un PLC para poder accionar diferentes actuadores.
- Debido a que la cantidad de actuadores a controlar es numeroso, se optó por controlar dos PLC's conectados de forma maestro esclavo con el fin de obtener mayores salidas digitales.
- De acuerdo al estudio del proyecto se seleccionó e implementó las características de instrumentación requeridas y el software para la programación de la pantalla táctil.
- Por medio de una macro se pudo configurar la pantalla táctil, con la cual se comunican los dos PLC's conectados de forma maestro esclavo, asimismo se logró hacer una interfaz gráfica de usuario agradable y entendible por medio del software CX-one.
- Se realizaron pruebas de funcionamiento de diferentes dispositivos electrónicos con el fin de seleccionar la instrumentación adecuada para este proyecto, asimismo se diseñaron las piezas mecánicas que de una

u otra forma nos ocasionaron problemas que se solucionaron con programación.

## RECOMENDACIONES

Este módulo puede ser usado en prácticas de laboratorio, diplomados y especializaciones permitiendo hacer más didáctico el aprendizaje debido a que el estudiantado tiene un mejor contacto con el proceso y así poder asimilar conceptos en cuanto al área.

Este módulo se presenta de manera flexible y permite futuras ampliaciones dentro del continuo estudio en el área de control, de esta forma las prácticas que se realicen obtendrán más aplicaciones que mejoren el proyecto.

Este proyecto es de fácil consecución y manejo, no requiere de un estudio profundo para los estudiantes que van interactuar en el análisis del módulo.

Para poner en funcionamiento el módulo, es necesario el estudio previo del manual de la embotelladora con el fin de evitar daños en dispositivos conectados al módulo.

## ANEXOS A

### DATASHEETS

- Sensor IS471F

# IS471F

OPIC Light Detector with Built-in Signal Processing Circuit for Light Modulation System

## ■ Features

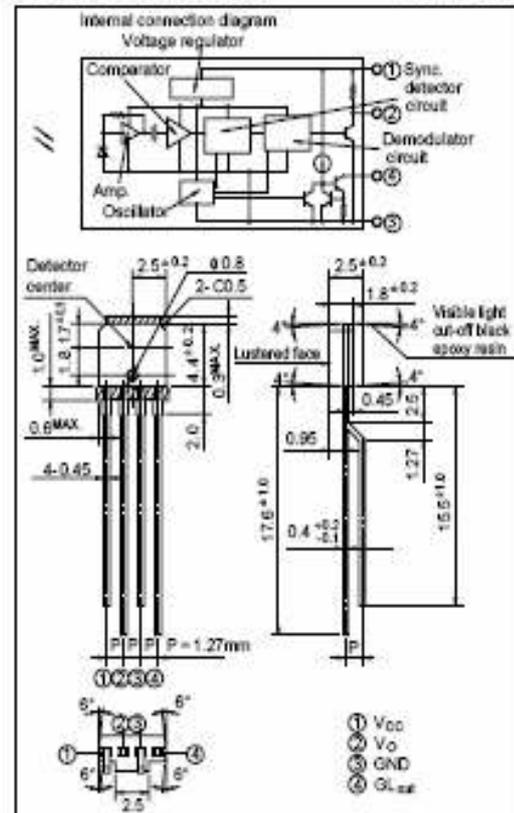
1. Impervious to external disturbing lights due to light modulation system
2. Built-in pulse driver circuit and sync detector circuit on the emitter side
3. A wide range of operating supply voltage ( $V_{cc}$ : 4.5 to 16V)

## ■ Applications

1. Optoelectronic switches
2. Copiers, printers
3. Facsimiles

## ■ Outline Dimensions

(Unit: mm)



\*\*OPIC™ (Optical IC) is a trademark of the SHARP Corporation.  
An OPIC consists of a light-detecting element and signal-processing circuit integrated onto a single chip.

## ■ Absolute Maximum Ratings

( $T_a = 25^\circ\text{C}$ )

Parameter	Symbol	Rating	Unit	
Supply voltage	$V_{cc}$	-0.5 to 16	V	
Output	Output voltage	$V_o$	16	V
	Output current	$I_o$	50	mA
*1 GL output	Output voltage	$V_{GL}$	16	V
Power dissipation	$P$	250	mW	
Operating temperature	$T_{op}$	-25 to +60	$^\circ\text{C}$	
Storage temperature	$T_{stg}$	-40 to +100	$^\circ\text{C}$	
*2 Soldering temperature	$T_{sld}$	260	$^\circ\text{C}$	

\*1 Applies to GL<sub>out</sub> terminal

\*2 For 5 seconds at the position shown in the right figure.



## ■ Electro-optical Characteristics

( $V_{CC}= 5V, T_a= 25^{\circ}C$ )

Parameter		Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Operating supply voltage		$V_{CC}$	-	4.5	-	16	V
Supply current		$I_{CC}$	$V_0, GL_{out}$ terminals shall be opened.	-	3.5	7.0	mA
Output	Low level output voltage	$V_{OL}$	$I_{OL}= 16mA, E_{VP}= 500lx, E_{VD}= 0^{*3}$	-	0.15	0.35	V
	High level output voltage	$V_{OH}$	$E_{VD}= E_{VP}= 0^{*3}$	4.97	-	-	V
	Output short circuit current	$I_{OS}$	$E_{VP}= E_{VD}= 0^{*3}$	0.25	0.5	1.0	mA
GL output	Low level output current	$I_{GL}$	$V_{GL}= 1.2V$	40	55	70	mA
	*4Pulse cycle	$t_P$	-	70	130	220	$\mu s$
	*4Pulse width	$t_W$	-	4.4	8	13.7	$\mu s$
*5 "Low→High" threshold irradiance		$E_{\phi PLH}$	$E_{\phi D}= 0^{*3}$ Light emitting diode ( $\lambda_p= 940nm$ )*6	-	0.4	2.66	$\mu W/mm^2$
*5 "High→Low" threshold irradiance		$E_{\phi PHL}$		-	0.7	2.8	$\mu W/mm^2$
Hysteresis		$E_{\phi PLH}/E_{\phi PHL}$		0.45	0.65	0.95	-
Response time	*High→Low* propagation delay time	$t_{PHL}$	*6	-	400	670	$\mu s$
	*Low→High* propagation delay time	$t_{PLH}$	*6	-	400	670	$\mu s$
*7 External disturbing light illuminance		$E_{VDX}$	$E_{ep}= 7.5 \mu W/mm^2, \lambda_p= 940nm$	2000	7500	-	lx

\*3  $E_{\phi P}$  represents illuminance of signal light in sync with the low level timing of output at  $GL_{out}$  terminal.

$E_{\phi D}$  represents illuminance of DC light. For detail, see Fig. 1.

Light source: Infrared light emitting diode ( $\lambda_p= 940nm$ )

$E_{VP}$  represents illuminance of signal light in sync with the low level timing of output at  $GL_{out}$  terminal.

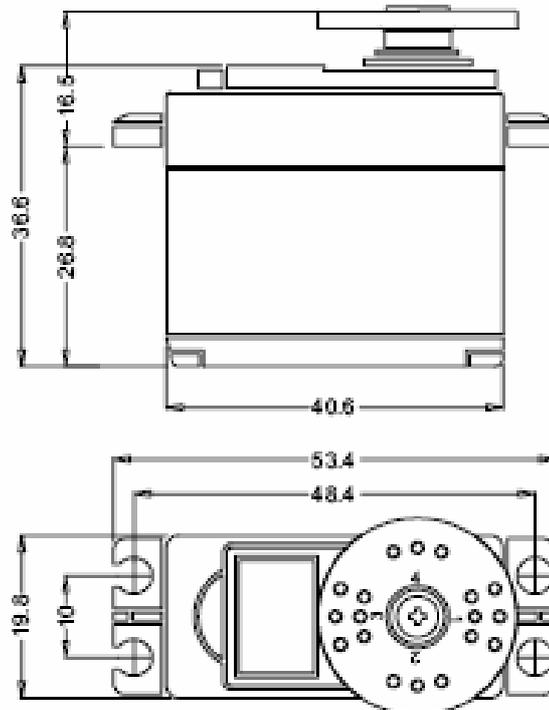
$E_{VD}$  represents illuminance of DC light. Note that the light source is CIE standard light source A.

- **Servomotor HITEC**

## ANNOUNCED SPECIFICATION OF HS-422 STANDARD DELUXE SERVO

### 1. TECHNICAL VALUES

CONTROL SYSTEM	: +PULSE WIDTH CONTROL 1500usec NEUTRAL	
OPERATING VOLTAGE RANGE	: 4.8V TO 6.0V	
OPERATING TEMPERATURE RANGE	: -20 TO +60°C	
TEST VOLTAGE	: AT 4.8V	AT 6.0V
OPERATING SPEED	: 0.21sec/60° AT NO LOAD	0.16sec/60° AT NO LOAD
STALL TORQUE	: 3.3kg.cm(45.82oz.in)	4.1kg.cm(56.93oz.in)
OPERATING ANGLE	: 45°ONE SIDE PULSE TRAVELING 400usec	
DIRECTION	: CLOCKWISE/PULSE TRAVELING 1500 TO 1900usec	
CURRENT DRAIN	: 8mA IDLE AND 150mA NO LOAD RUNNING	
DEAD BAND WIDTH	: 8usec	
CONNECTOR WIRE LENGTH	: 300mm(11.81in)	
DIMENSIONS	: 40.6x19.8x36.6mm(1.59x0.77x1.44in)	
WEIGHT	: 45.5g(1.6oz)	



### 2. FEATURES

- 3-POLE FERRITE MOTOR
- LONG LIFE POTENTIOMETER
- DUAL OILITE BUSHING
- INDIRECT POTENTIOMETER DRIVE

### 3. APPLICATIONS

- AIRCRAFT 20-60 SIZE
- 30 SIZE HELICOPTERS
- STEERING AND THROTTLE SERVO FOR CARS
- TRUCK AND BOATS

- Servomotor PARALLAX



599 Menlo Drive, Suite 100  
Rocklin, California 95765, USA  
Office: (916) 624-8333  
Fax: (916) 624-8907

General: [info@parallax.com](mailto:info@parallax.com)  
Technical: [support@parallax.com](mailto:support@parallax.com)  
Web Site: [www.parallax.com](http://www.parallax.com)  
Educational: [http://www.parallax.com/html\\_pages/edu/](http://www.parallax.com/html_pages/edu/)

## Continuous Rotation Servo (#900-00008)

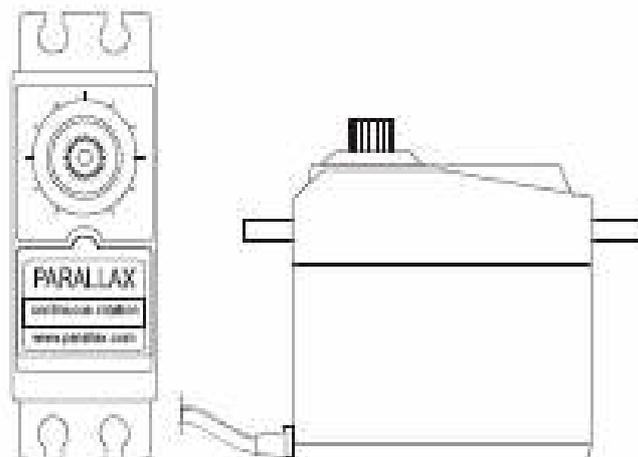
### General Information

The Parallax Continuous Rotation servo is ideal for robotic products that need a geared wheel drive or other projects that require a 360 degree rotation geared motor. The Parallax Continuous Rotation servo output gear shaft is a standard Futaba configuration. The servo can be adjusted with a small Phillips screw driver if the unit becomes out adjustment on its center set point. Servo is custom manufactured for Parallax by Futaba.



### Technical Specifications

- > Power 6vdc max
- > Average Speed 60 rpm  
Note: with 5vdc and no torque
- > Weight 45.0 grams/1.59oz
- > Torque 3.40 kg-cm/47oz-in
- > Size mm (L x W x H)  
40.5x20.0x38.0
- > Size in (L x W x H)  
1.60x.79x1.50
- > Manual adjustment port

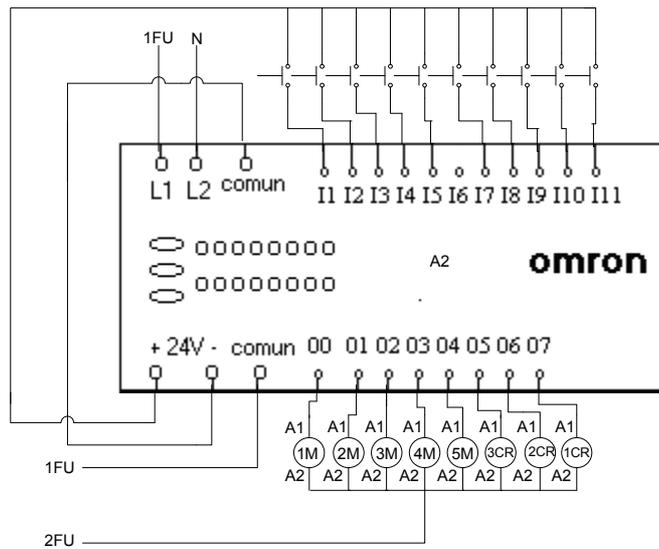


## ANEXO B

### PLANO ELÉCTRICO

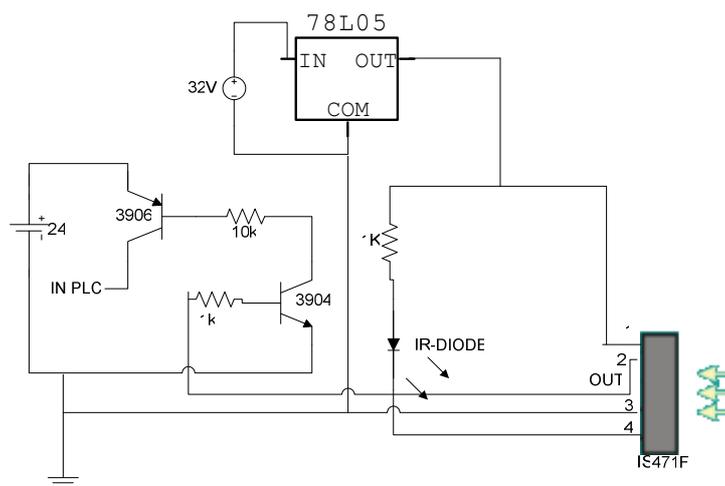
#### I.Plano eléctrico de control

Conexiones PLC:



**Conexiones básicas del PLC.**

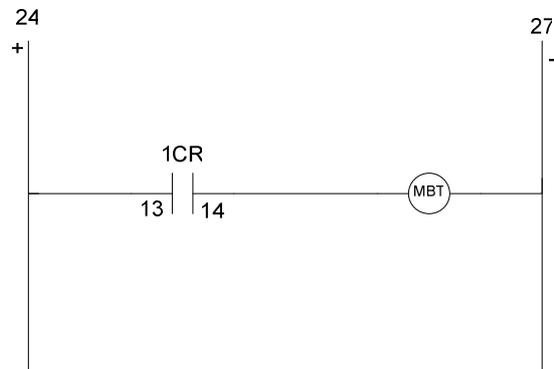
Conexión sensor a la entrada del PLC:



**Conexiones de los sensores al PLC.**

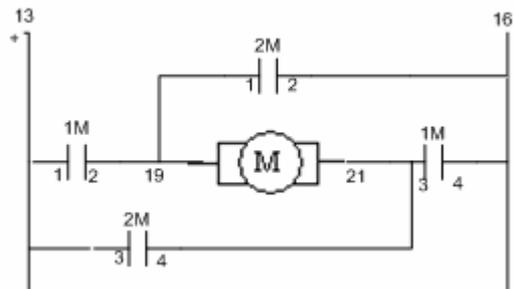
## II. Plano eléctrico de potencia

Conexión banda transportadora:



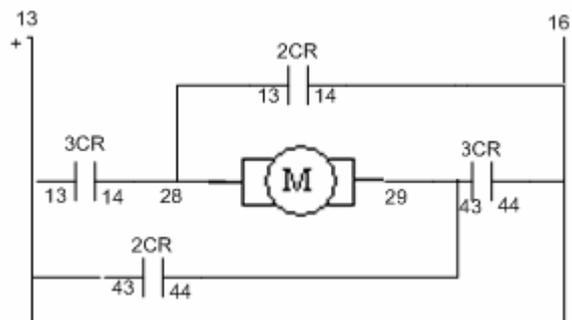
**Conexión eléctrica banda transportadora.**

Conexión inversor giro secado:



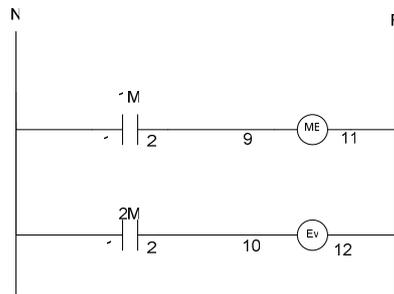
**Conexión eléctrica motor secado.**

Inversor giro tapado:



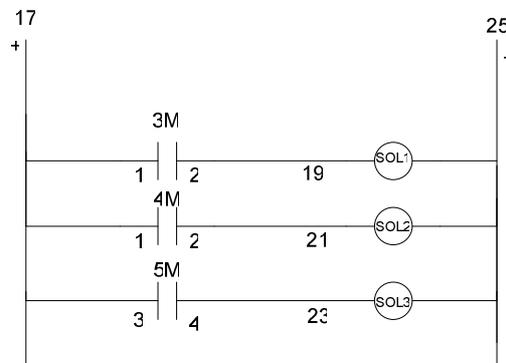
**Conexión eléctrica motor tapado.**

Conexión válvula y motobomba:



**Conexión eléctrica electroválvula y motobomba.**

Conexión solenoides:



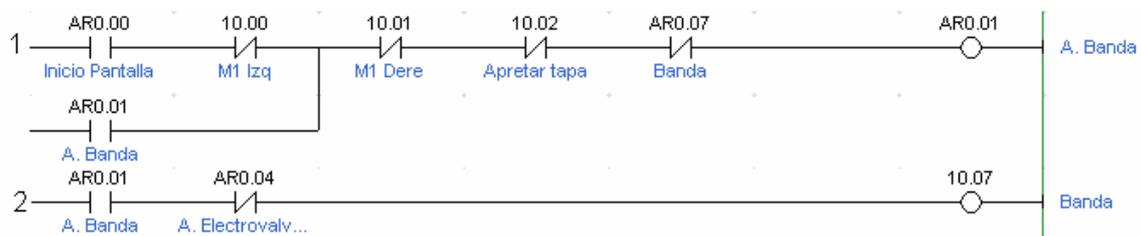
**Conexión eléctrica de los solenoides.**

## ANEXO C

### EXPLICACIÓN CÓDIGO EN DIAGRAMA ESCALERA

#### PLC MAESTRO

La siguiente línea de programación mostrada en diagrama escalera representa la activación ó desactivación de la banda transportadora movida por el motorreductor, es de importancia esta línea debido a que en etapas como secado, llenado y tapado requieren que ésta no esté activa.



#### **Línea 1:**

-AR0.00: es activado desde la pantalla, es un pulsador configurado en forma SET, es decir, una vez pulsado queda permanentemente en ON y retorna a su estado inicial hasta que sea desenergizada la pantalla.

-10.00: es el giro en sentido izquierdo del motor en la etapa de secado, su estado es normalmente negado.

-AR001: es un auxiliar usado para mantener activa la banda transportadora.

-10.01: es el giro en sentido derecho del motor en la etapa de secado, su estado es normalmente negado.

-10.02: es el solenoide que aprieta la botella en la etapa de tapado, su estado es normalmente negado.

-AR0.07: es un auxiliar usado en la etapa de llenado, detiene la banda transportadora cuando esta llenando la botella.

AR0.01: es un auxiliar que trabaja como salida para mantener la banda transportadora en movimiento si las condiciones de entrada se cumplen para activar este auxiliar.

**Línea 2:**

Cuando AR0.01 esta activo debido a que las condiciones anteriores se cumplieron y AR0.04 se encuentra inactivo por tanto la banda transportadora se activa.

**Etapa de lavado**



**Línea 3:**

Al ser activado el final de carrera de entrada (00) y el TIM006 como se encuentra en estado inactivo, hace activar el auxiliar AR0.05, quedando enganchada la línea hasta que el TIM006 termine su conteo.

**Línea 4:**

Como el final de carrera siempre se encuentra inactivo permanentemente va a estar activando el TIM006, el valor del conteo que este realiza es el ingresado desde la pantalla táctil y guardada en la Data Memory 20.

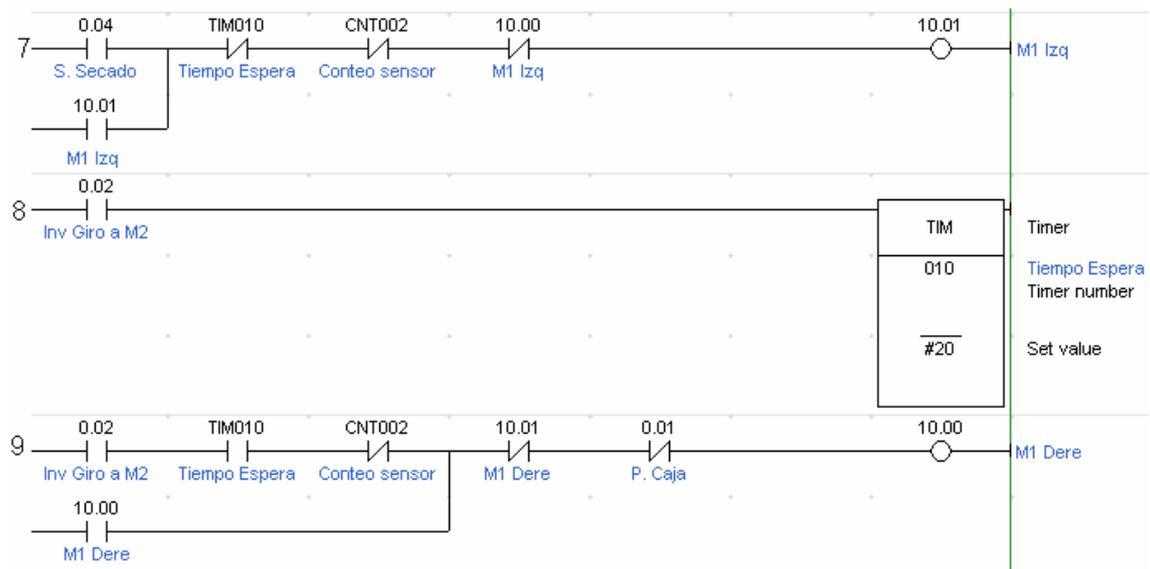
### Línea 5:

El AR0.05 es activado cuando es pulsado el interruptor y mueve un #01 al DM1, esto se hace para que la pantalla lea este valor y lo escriba en el PLC esclavo, para luego ser activada la motobomba.

### Línea 6:

Cuando el AR0.05 se encuentra inactivo mueve el #00 al DM1, para hacer el proceso de desactivar la motobomba.

### Etapa secado



### Línea 7:

Cuando el sensor 0.04 detecta la botella pasa a un estado alto y como las demás entradas se encuentran en conexión AND en estado negado, se activa el giro en sentido izquierdo del motor.

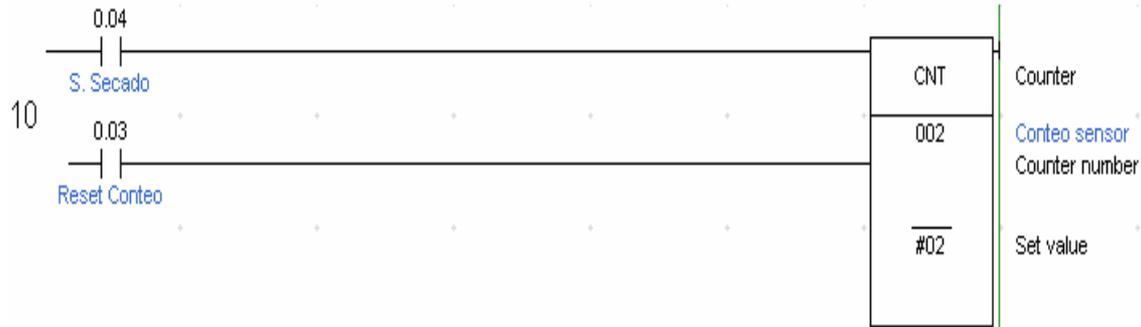
### Línea 8:

El pulsador 0.02 se activa por medio del giro del motor, haciendo que exista un tiempo de espera de dos segundos con el fin de que el agua se desocupe de la botella.

### Línea 9:

El pulsador 0.02 en estado alto, el TIM010 cuando termina su conteo hace que en la línea 7 deje de cumplir la condición para que se active la línea que hace

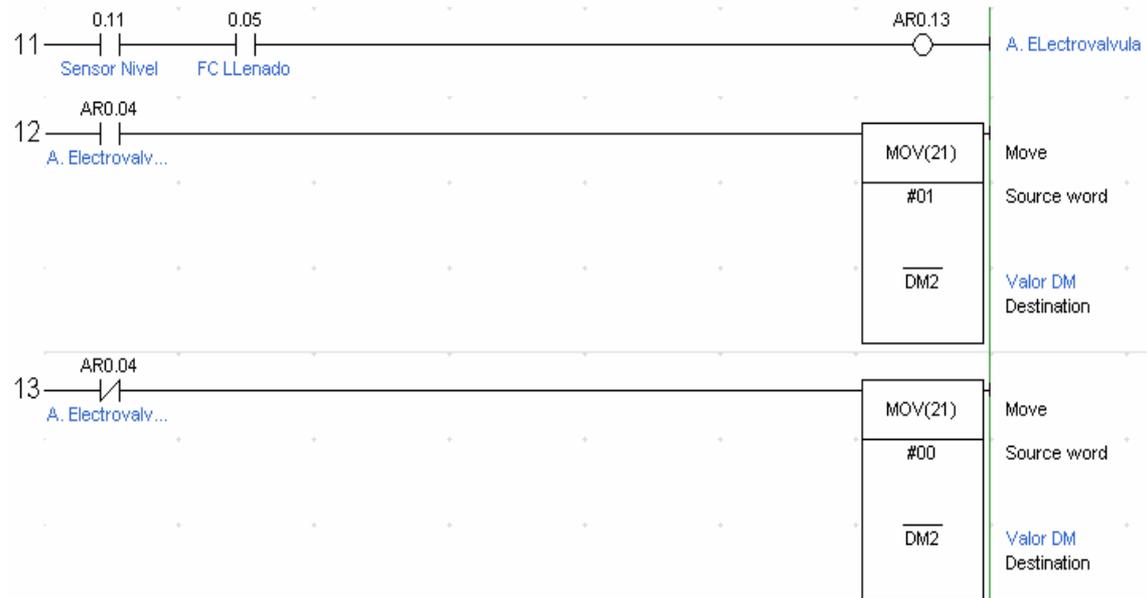
girar al motor en sentido contrario (derecho), este giro deja de efectuarse debido a que cuando la cabina se encuentre en la posición indicada se pulsa 0.01.



**Línea 10:**

El sensor 0.04 hace un conteo para evitar que cuando la botella entre a la etapa de secado no se quede en un ciclo infinito, lo hace desactivando las líneas anteriores correspondientes a la etapa, el pulsador 0.03 reinicia ese conteo.

**Etapa llenado**



**Línea 11:**

El sensor de nivel 0.11 normalmente se encuentra en estado activo, cuando la botella pulsa el final de carrera, activa el auxiliar para la activación de la electrovalvula conectada a la salida del PLC esclavo.

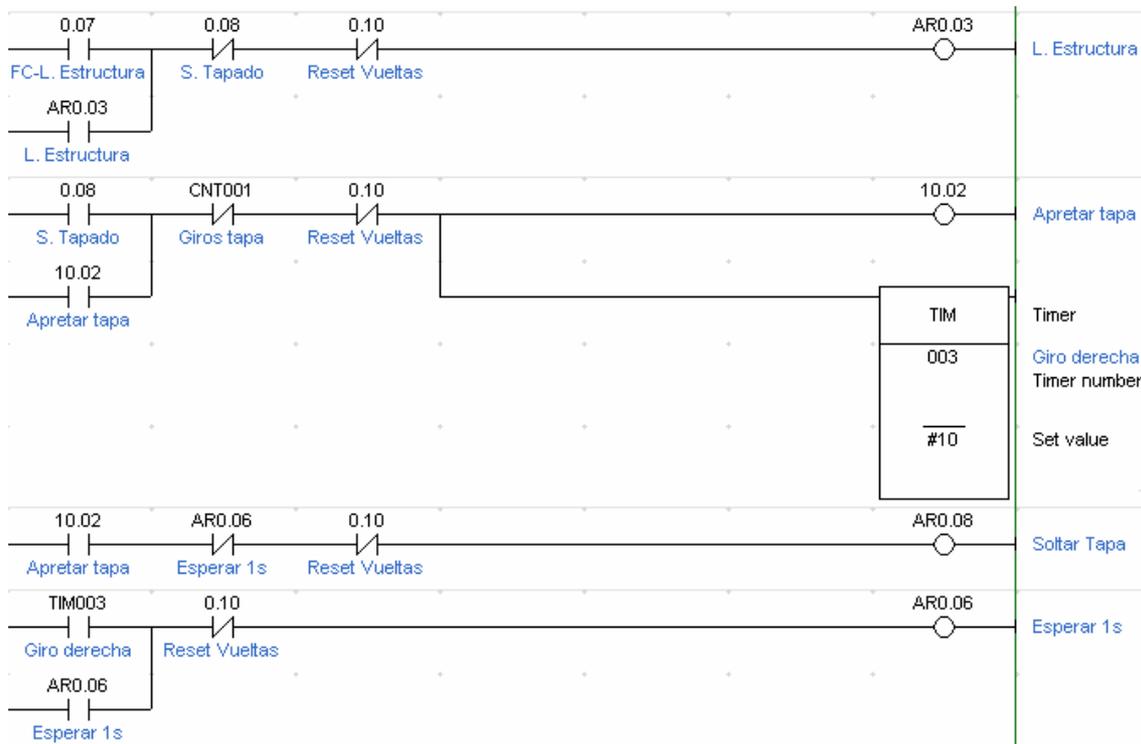
**Línea 12:**

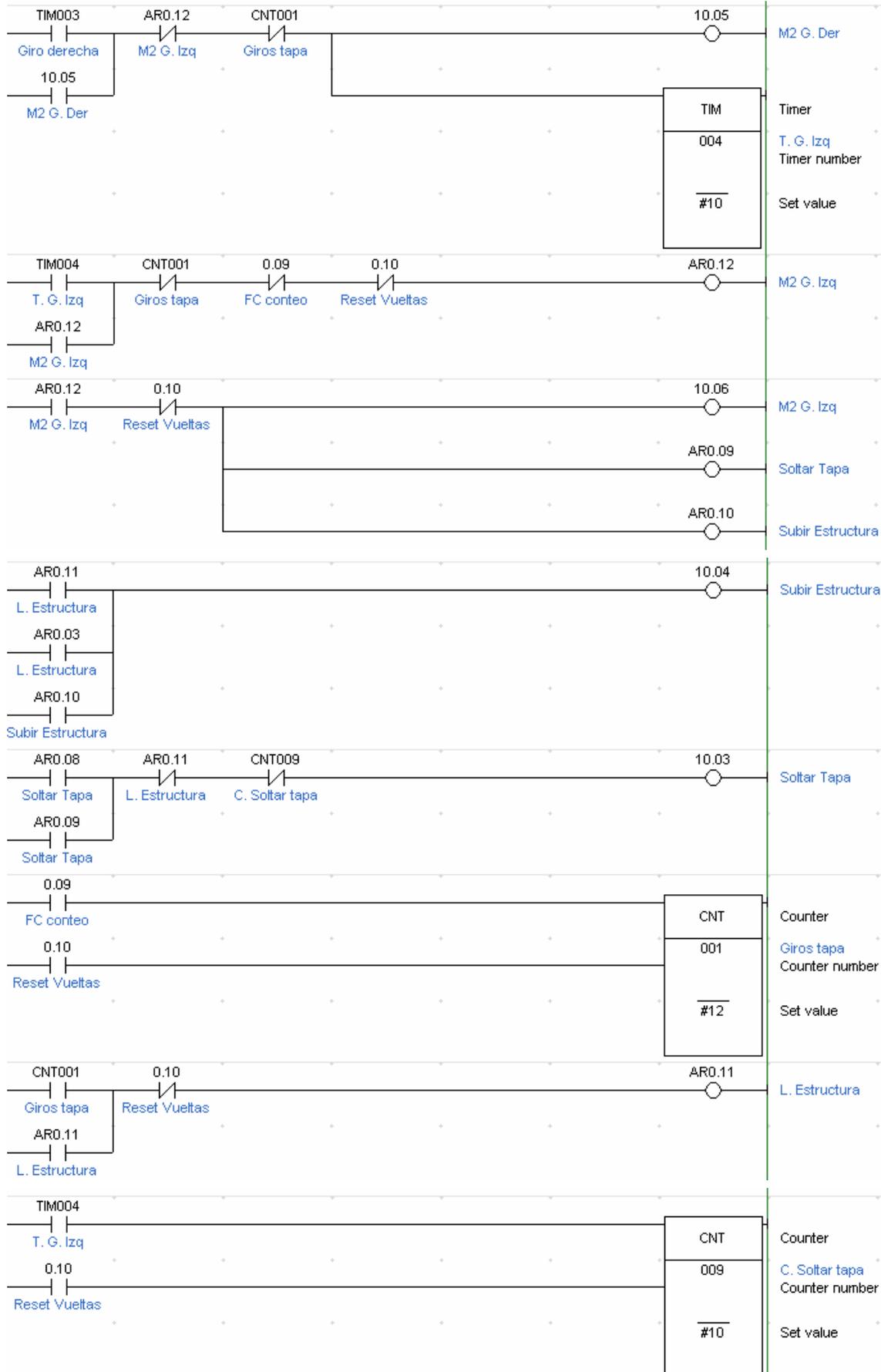
Cuando se activa el auxiliar AR0.04 se mueve un #01 al DM2, esto se hace para que la pantalla lea este valor y lo escriba en el PLC esclavo, para luego ser activada la electroválvula.

**Línea 13:**

Si el auxiliar se encuentra en estado bajo, se mueve un #00 al DM2, para desactivar la electroválvula.

**Etapa tapado**





Un poco antes de ingresar la botella a la etapa de tapado, la botella pulsa un final de carrera 0.07 haciendo que se activen los solenoides que levantan la estructura con el fin de asegurar que la botella entre sin inconvenientes al proceso. Cuando la botella es sensada 0.08, la estructura cae, el solenoide que sostiene las tapas, las suelta por un segundo, se aprieta la botella durante todo el proceso de tapado siempre y cuando no se hallan cumplido los doce giros, mientras el motor gira hacia la derecha las tapas van apretadas, y en sentido contrario (izquierda) van sueltas, el motor gira a la derecha para enroscar la tapa, este giro a la derecha se hace por un tiempo de un segundo, cuando se ha hecho 10 veces en este sentido, un contador hace que la estructura no suba en los dos últimos giros, se hace para que la tapa que viene encima de la que se acaba de enroscar no afecte la salida de la botella haciéndola caer, transcurrido este tiempo, el sentido de giro del motor cambia, los solenoides que sostienen la tapa las suelta debido a que el desplazamiento que hace el solenoide es muy mínimo y se evita la fricción que ocasiona que la tapa de nuevo se desenrosque, y la estructura se sube, el sentido del solenoide cambia hasta que el final de carrera 0.09 es pulsado. Este ciclo lo realiza 12 veces, al hacerlo, la estructura sube, las tapas quedan apretadas y la botella se suelta, por tanto la banda transportadora se activa. El conteo se reinicia y la estructura cae, cuando el final de carrera 0.10 es pulsado, este está ubicado a la salida de la etapa.

#### *Configuración antirrobo para realizar el conteo de las botellas:*

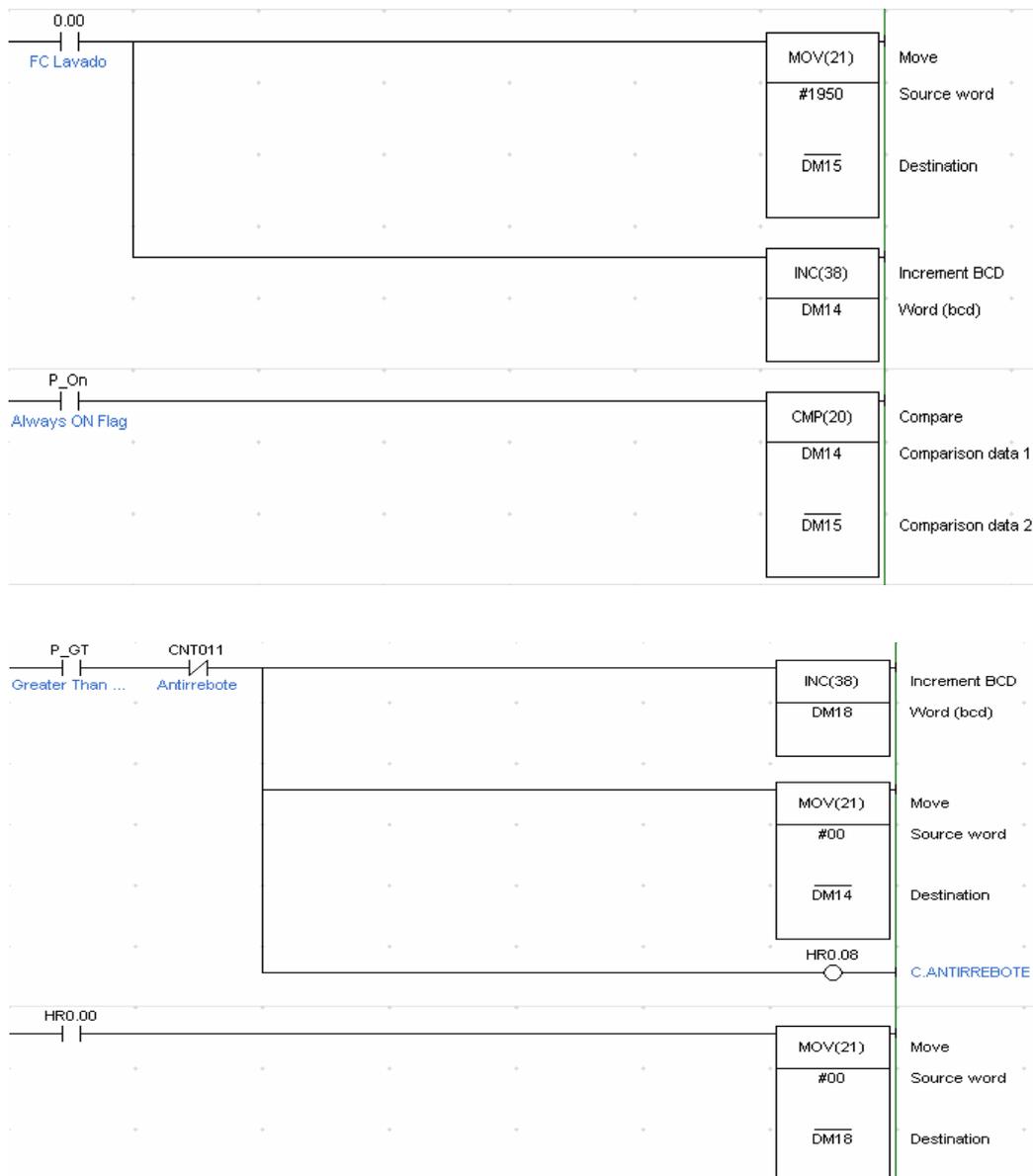
El antirrobo se realizó debido a que cuando se pulsa el final de carrera, éste contiene un ruido interior que causa que el conteo de las botellas sea mayor, además de esto se tiene en cuenta que la banda transportadora en procesos como secado, llenado, y tapado se detiene, la botella puede quedar pulsando el final de carrera por un tiempo mayor. Para esto se calculó un número base que es con el cual se va a comparar constantemente si el número que está incrementando es mayor que el cargado, si lo es, incrementa el número de botellas en uno y reinicia el conteo, llegado el caso de que el pulsador quede en estado alto por un tiempo mayor, se asigna un contador, es decir, una vez verificado que realmente se pulso el final de carrera se activa el CNT (contador), inhabilitando la línea de incremento de botellas, éste CNT es deshabilitado cuando el pulsador pase a estado bajo.

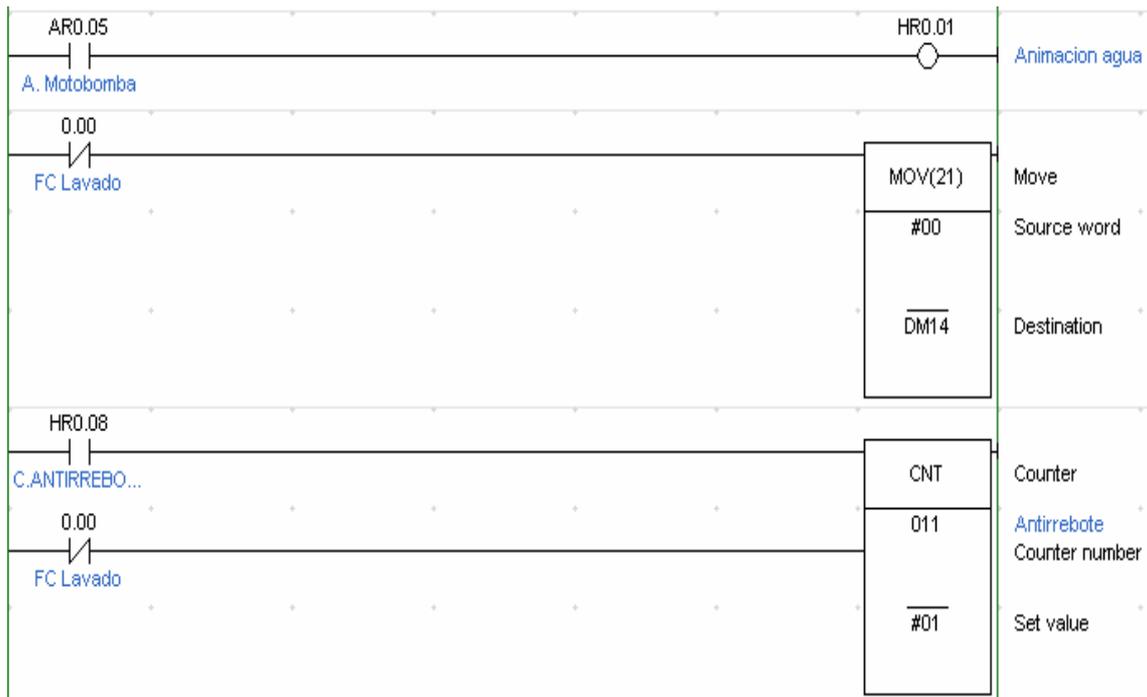
Los números bases con el cual se van a comparar en el incremento se calcularon inicialmente pasando 15 botellas por cada etapa, se tomó un número 100 veces menor al menor medido.

Las etapas que cuentan con el sistema de CNT son, lavado, llenado y tapado, en secado no interfiere debido a que se toma un final de carrera que es pulsado por la caja contenedora de la botella por un instante de tiempo.

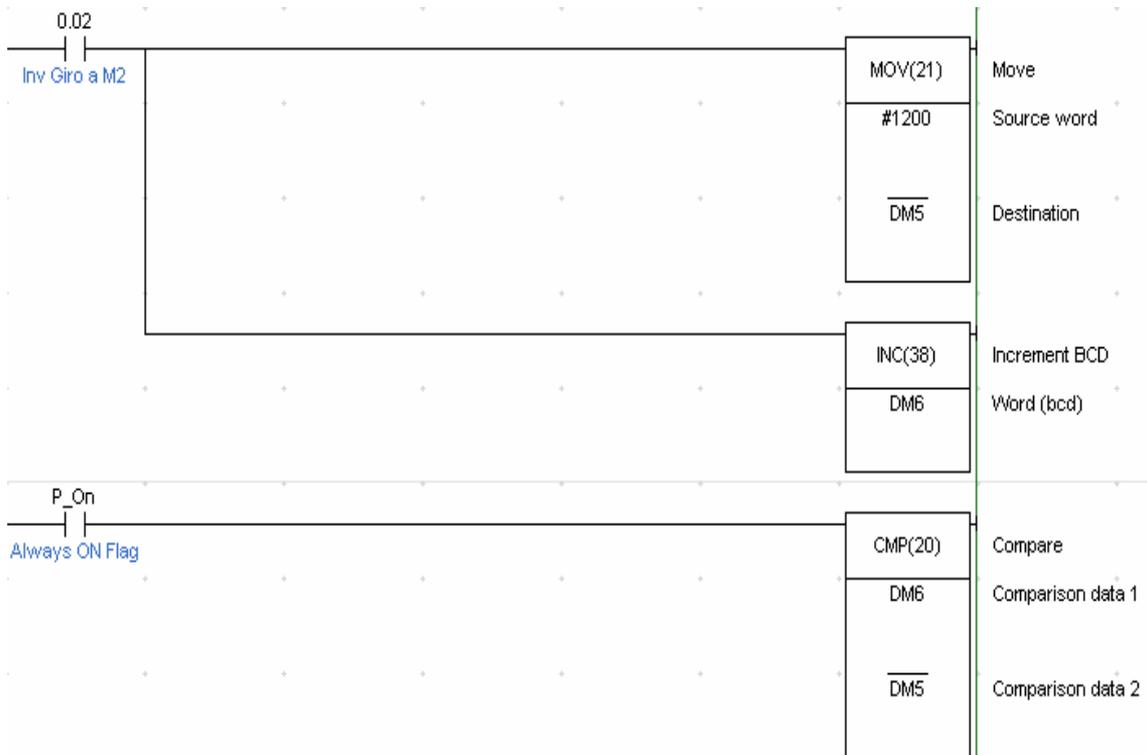
Para simular movimiento en las imágenes simplemente en el programa activamos y desactivamos los HR que son leídos por la pantalla, de acuerdo a su estado lógico muestra su imagen correspondiente.

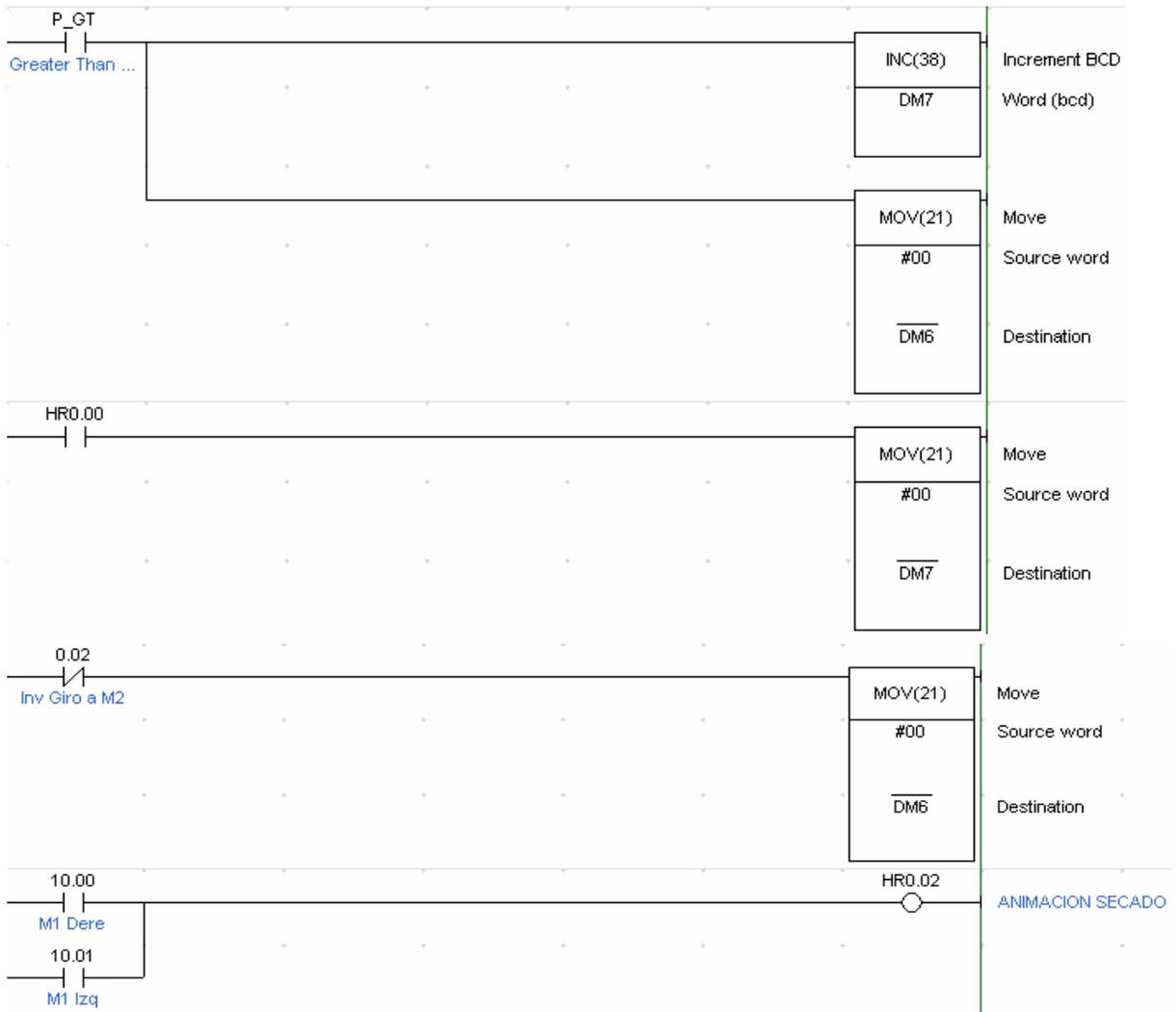
**Lavado:**



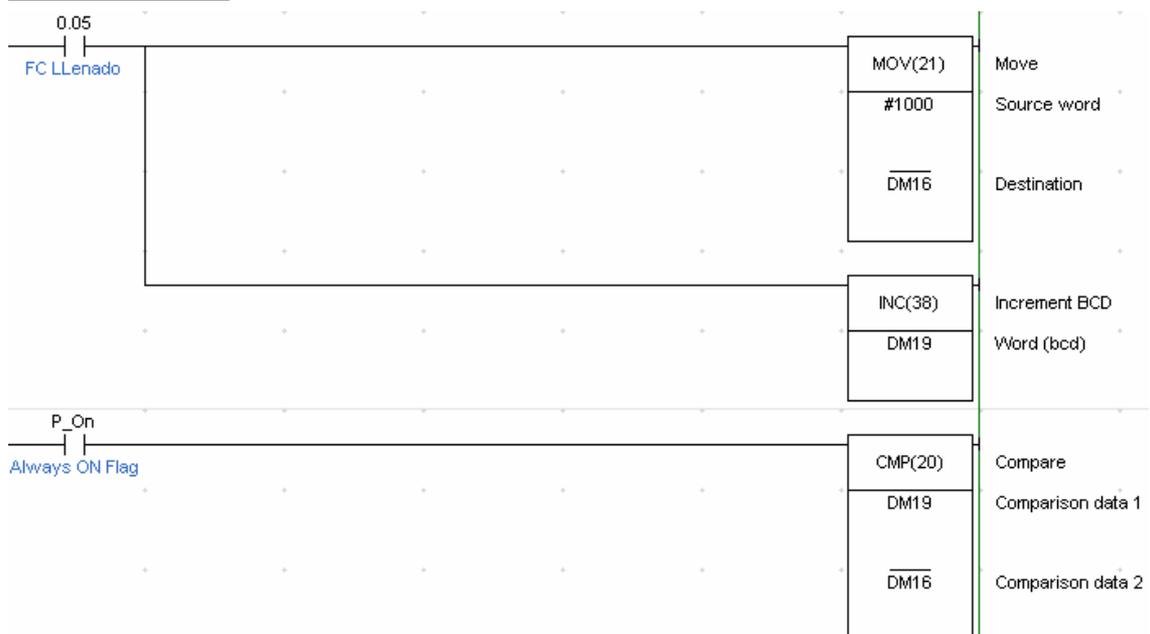


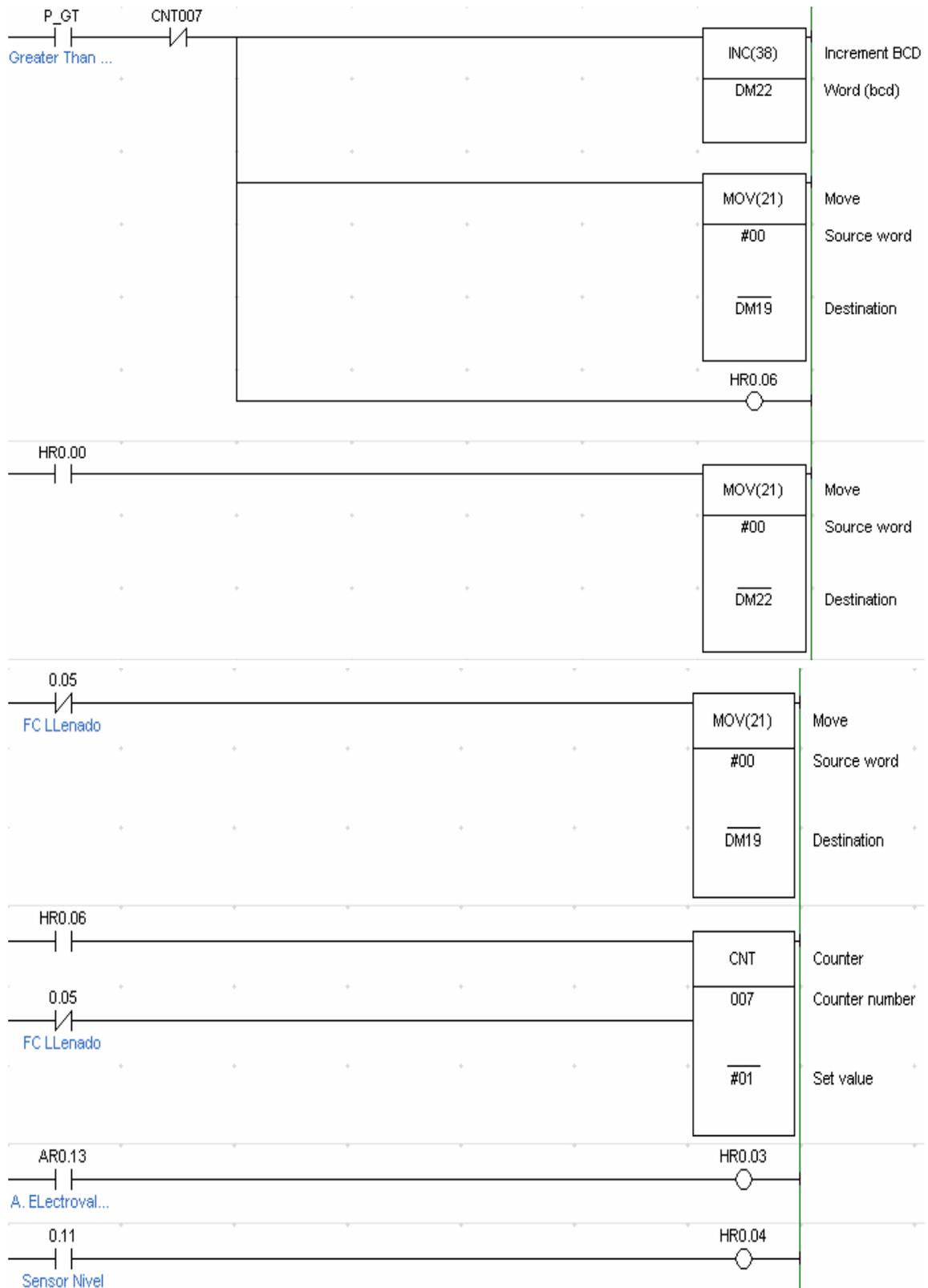
**Etapa secado:**



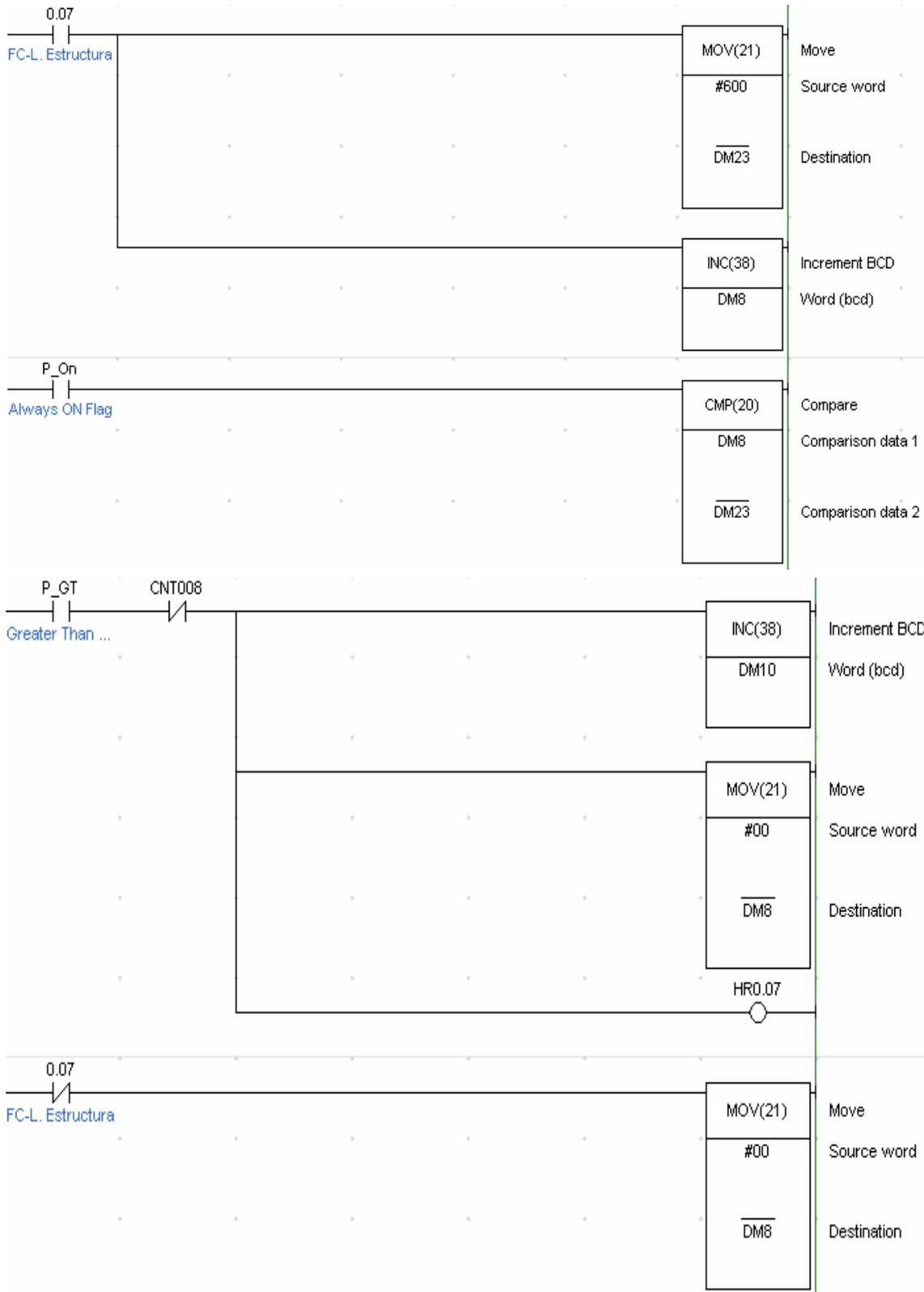


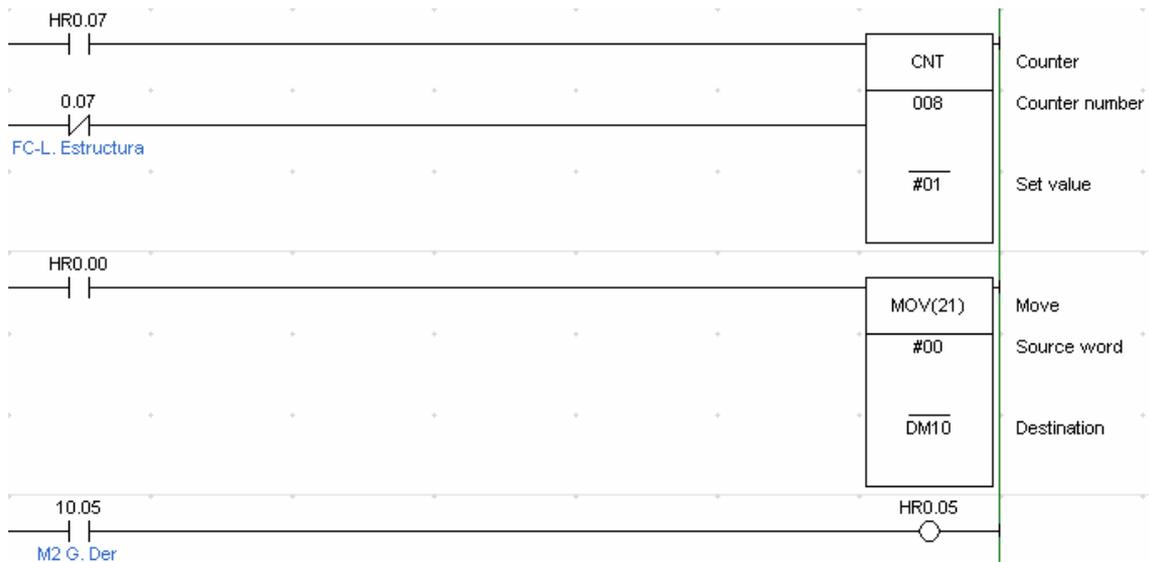
### Etapa llenado:





## Etapa tapado





## PLC ESCLAVO

### Activar o desactivar motobomba



En la primera línea constantemente se va a estar comparando el valor del DM1 con el del DM5 que es #00, en la línea dos se activa si el  $DM1 > DM5$ , el cambio de valor del DM1 se da por el dato que envía la pantalla táctil de acuerdo a las condiciones establecidas por el PLC maestro.

### Activar o desactivar electroválvula



En la primera línea la entrada consta de un pulso constantemente en ON lo que hace que siempre se va a estar comparando el valor del DM2 con el del DM5 que es #00, la línea dos se activa si el  $DM2 > DM5$ , el cambio de valor del DM2 se da por el dato que envía la pantalla táctil de acuerdo a las condiciones establecidas por el PLC maestro.

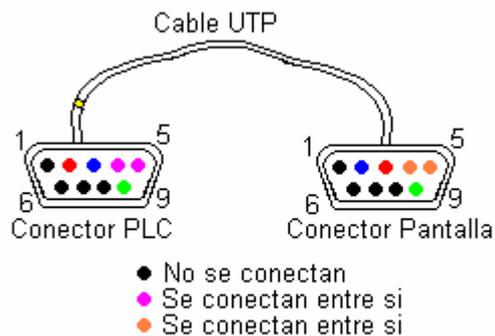


Cada vez que se ingresan el número de líneas correspondientes a cada PLC, al finalizar se debe añadir el bloque END, que con el programador se ingresa oprimiendo FUN(001).

## ANEXO D

### CONEXIONES DEL CABLE DE COMUNICACION

El cable que comunica el PLC (maestro) con la pantalla táctil y el que conecta la pantalla táctil con el PLC (esclavo) son iguales, a continuación se muestran las conexiones del cable, los cuales en sus extremos tienen conectores DB9 machos.



### Cable de conexión de los PLC's.

Conexiones cable de comunicación

CONECTOR PLC		CONECTOR PANTALLA	
2		3	
3		2	
9		9	
4	5	4	5

## ANEXO E

### CONEXIONES TABLEROS

A continuación se muestra como se deben conectar los tableros para hacer más ágil las conexiones correspondientes. Cada una de ellas se encuentra dividida para aclarar que se está conectando, como por ejemplo en conexión del PLC en el tablero hay un cable que se conecta de 1FU a L1.

#### a. Conexiones plc1-maestro

##### Conexión PLC

1FU	L1
N	L2
-24	COM <sub>IN</sub>
+24	1
26	1FU
28	COM <sub>OUT</sub>

#### b. Conexión entradas del plc

##### Conexión entradas PLC

00 <sub>IN</sub>	2
01 <sub>IN</sub>	3
02 <sub>IN</sub>	4
03 <sub>IN</sub>	5
03 <sub>IN</sub>	6
05 <sub>IN</sub>	7
07 <sub>IN</sub>	8
08 <sub>IN</sub>	9
09 <sub>IN</sub>	10
10 <sub>IN</sub>	11
11 <sub>IN</sub>	12

### c. Conexión salidas

#### Conexión salidas PLC

1M-A1	00 <sub>OUT</sub>
1M-A2	2FU
2M-A1	01 <sub>OUT</sub>
2M-A2	2FU
3M-A1	02 <sub>OUT</sub>
3M-A2	2FU
4M-A1	03 <sub>OUT</sub>
4M-A2	2FU
5M-A1	04 <sub>OUT</sub>
5M-A2	2FU
3CR-A1	05 <sub>OUT</sub>
3CR-A2	2FU
2CR-A1	06 <sub>OUT</sub>
2CR-A2	2FU
1CR-A1	07 <sub>OUT</sub>
1CR-A1	2FU

### d. Inversor de giro motor secado

#### Conexión inesor de giro secado

13	1M-1
14	1M-2
14	2M-1
16	2M-2
1M-1	2M-3
15	2M-4
1M-3	2M-4
1M-4	2M-2

### e. Solenoides para tapado

#### Conexión solenoides tapado

17	3M-1
19	3M-2
3M-1	4M-1
21	4M-2
4M-1	5M-3
23	5M-4

#### f. Banda transportadora

Conexión banda transportadora

24	1CR-13
18	1CR-14

#### g. Inversor de giro tapado

Conexión inversor de giro tapado

13	3CR-13
22	3CR-14
3CR-14	2CR-13
16	2CR-14
13	2CR-43
29	2CR-44
2CR-44	3CR-43
2CR-14	3CR-44
30	COM <sub>IN</sub>

#### h. Conexiones plc2-esclavo

Conexión PLC2-Esclavo

1FU	L1
N	L2
-24	COM <sub>IN</sub>
6	1FU

5	COM <sub>OUT</sub>
---	--------------------

### i. Conexión de salidas plc2

Conexión salidas PLC-Esclavo

1M-A1	00 <sub>IN</sub>
1M-A2	2FU
2M-A1	01 <sub>IN</sub>
2M-A2	2FU

### j. Conexión de la electroválvula y motobomba plc2

Conexión electroválvula y motobomba PLC-Esclavo

N	1M-1
1	1M-2
2	R
1M-1	2M-1
3	2M-2
4	R

### k. CONEXIONES DEL MÓDULO AL PANEL

A continuación se muestran las conexiones que van del módulo al panel, con esto se pretende tener un orden en conexiones y agilizar el proceso para poner en funcionamiento el módulo y tener control en cuanto a funcionalidad. En la tabla se muestra que esta conectado a la bornera a que etapa pertenece y la marca del cable, como por ejemplo un pin del final de carrera 1 esta conectado a la bornera 1 que corresponde a la etapa de lavado y el cable está marcado con la letra A.

Conexiones módulo al panel

BORNERA	DISPOSITIVO	ETAPA	LETRA
1	FC <sub>1A</sub>	Lavado	A
2	FC <sub>1B</sub>	Lavado	B

3	MB <sub>A</sub>	Lavado	C
4	MB <sub>B</sub>	Lavado	D
5	FC <sub>2A</sub>	Secado	E
6	FC <sub>2B</sub>	Secado	F
7	FC <sub>3A</sub>	Secado	G
8	FC <sub>3B</sub>	Secado	H
9	FC <sub>4A</sub>	Secado	I
10	FC <sub>4B</sub>	Secado	J
11	M <sub>1A</sub>	Secado	K
12	M <sub>1B</sub>	Secado	L
13	S <sub>1A</sub>	Secado	M
14	S <sub>1B</sub>	Secado	N
15	S <sub>1C</sub>	Secado	O
16	S <sub>N</sub>	Llenado	P
17	S <sub>2</sub>	Tapado	Q
18	FC <sub>5A</sub>	Llenado	R
19	FC <sub>5B</sub>	Llenado	S
20	EV <sub>A</sub>	Llenado	T
21	EV <sub>B</sub>	Llenado	U
22	FC <sub>6A</sub>	Tapado	V
23	FC <sub>6B</sub>	Tapado	W
24	+32V	Alimentacion	
25	-32V	Alimentacion	
26	FC <sub>9A</sub>	Tapado	X
27	FC <sub>9B</sub>	Tapado	Y
28	SOL <sub>1A</sub>	Tapado	Z
29	SOL <sub>2A</sub>	Tapado	AA
30	SOL <sub>3A</sub>	Tapado	AB
31	SOL(-)	Tapado	AC
32	M <sub>2A</sub>	Tapado	AD
33	M <sub>2B</sub>	Tapado	AE
34	MBT <sub>A</sub> (+)	Todas	AF
35	MBT <sub>B</sub> (-)	Todas	AG
37	FC <sub>8A</sub>	Tapado	AH
38	FC <sub>8B</sub>	Tapado	AI

Por cuestiones de posibles ampliaciones ó mejoras del módulo se ocupan sólo 38 borneras del panel de conexiones, por tanto quedan libres 16 a la disposición de quien las desee utilizar.

## I. CONEXION DEL PANEL AL TABLERO

A continuación se muestran las conexiones que van del panel al tablero con su respectiva descripción y conexión, como por ejemplo del numero 3 del tablero se conecta al número 6 del panel, se está haciendo una conexión de una entrada y hace referencia a la número 01.

### m. PANEL AL TABLERO PLC MAESTRO

Conexiones panel al tablero PLC Maestro

TABLERO	DESCRIPCION	PANEL	CONEXION
1	Comun de FC	1	+24 FC
2	Entrada	2	00 <sub>IN</sub>
3	Entrada	6	01 <sub>IN</sub>
4	Entrada	8	02 <sub>IN</sub>
5	Entrada	10	03 <sub>IN</sub>
6	Entrada	15	04 <sub>IN</sub>
7	Entrada	18	05 <sub>IN</sub>
8	Entrada	22	07 <sub>IN</sub>
9	Entrada	17	08 <sub>IN</sub>
10	Entrada	37	09 <sub>IN</sub>
11	Entrada	26	10 <sub>IN</sub>
12	Entrada	16	11 <sub>IN</sub>
13	Alimentacion (+3.5V)		Motores Lavado y Secado
14	Salida M1(+)	12	Motor Secado
15	Salida M1(-)	11	Motor Secado
16	Alimentacion(-3.5V)		Motores Lavado y Secado
17	Alimentacion(+24V)		Solenoides
18	Salida MBT	34	Motor Banda Transportadora
19	Salida Solenoide 1	28	Solenoide 1
21	Salida Solenoide 2	29	Solenoide 2
22	Salida M2(+)	32	Motor Tapado

23	Salida Solenoide 3	30	Solenoide 3
24	Alimentacion(+32V)		Motor Banda Transportadora
25	Alimentacion(-24V)	31	Solenoides
27	Alimentacion(-32V)	35	Motor Banda Transportadora
29	Salida M2(-)	33	Motor Tapado
30	Comun PLC (-24V)	13	Comun PLC con Sensores

#### n. Panel al tablero plc esclavo

##### Conexiones panel al tablero PLC Esclavo

TABLERO	DESCRIPCION	PANEL	CONEXION
1	Salida Motobomba	3	Motobomba
2	Salida Motobomba	4	Motobomba
3	Salida Electrovalvula	20	Electrovalvula
4	Salida Electrovalvula	21	Electrovalvula

## BIBLIOGRAFIA

- [1] BOTELLA. [Pagina de Internet] En: <http://es.wikipedia.org/wiki/Botella> [consulta 2008 08-20].
- [2] BUITRAGO, Raúl y GUERRA, José. Revista Bavaria N°118, publicada en Bogotá D.E Colombia 1980, Pág.2
- [3] [http://www.acj.org.co/activ\\_acad.php?mod=posesion%20valencia%20tejada](http://www.acj.org.co/activ_acad.php?mod=posesion%20valencia%20tejada)
- [4] [http://www.bossmma.com/inka\\_kola.html](http://www.bossmma.com/inka_kola.html)
- [5] <http://www.muchogusto.net/especiales/especial.php?especial=Coca-Cola>
- [6] Revista Bebidas. Mayo-Junio de 1998. Año 55. Número 3 Volumen 105 pagina 12. Publicación Bimestral. Sale el día 15 del mes de su publicación, Bebidas publica en Enero, Marzo, Mayo, Julio, Septiembre y Noviembre por: The canterbury press, Editorial Winnetka.
- [7]<http://www.elperiodicodearagon.com/noticias/noticia.asp?pkid=105666>
- [8] DENUNCIAN MANIOBRAS DE COCA COLA PARA ADUEÑARSE DE AGUA EN CHIAPAS [Pagina de Internet] En: [http://www.profesionalespcm.org/\\_php/MuestraArticulo2.php?id=3153](http://www.profesionalespcm.org/_php/MuestraArticulo2.php?id=3153) [consulta 2008 03-20].
- [9] EMPRESAS DE LA INDUSTRIA COLOMBIANA [Pagina de Internet] En: <http://www.losnegociantes.com/busqueda.aspx?rb=69571,72975&CodDirectorio=&Nombre=GASEOSAS&Encabezado> [consulta 2008 08-15].
- [10] SANCHEZ Juan, SOLÍS Edgardo y QUIROS Robert. APLICACIONES DE LOS CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES. [Monografía] En: UNIVERSIDAD DE COSTA RICA. Escuela de Ingeniería Eléctrica. II Semestre 2004. Pagina 2
- [11] Piedrahita M, Ramón. Ingeniería de la AUTOMATIZACION INDUSTRIAL. 2ª Ed. México, Alfaomega. Octubre 2007.
- [12] <http://www.dei.uc.edu.py/tai2000/automatizacion/auto.htm>
- [13]<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>
- [14] <http://www.dei.uc.edu.py/tai2000/automatizacion/auto.htm>
- [15]<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>
- [16] <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r14059.DOC>
- [17][http://industrial.omron.es/es/products/catalogue/automation\\_systems/programmable\\_logic\\_controllers/compact\\_plc\\_series/cpm1a/default.html](http://industrial.omron.es/es/products/catalogue/automation_systems/programmable_logic_controllers/compact_plc_series/cpm1a/default.html)
- [18] <http://www.ekoplcc.net/caracteristicas-plc/index.htm>

- [19] [downloads.industrial.omron.de/IAB/Products/Automation%20Systems/HMI/Advanced%20HMI/V083/V083-ES2-03+NS+SetupManual.pdf](http://downloads.industrial.omron.de/IAB/Products/Automation%20Systems/HMI/Advanced%20HMI/V083/V083-ES2-03+NS+SetupManual.pdf)
- [20] <http://www.motor.yoteca.com/pg/glosario-de-vehiculos.asp>.
- [21] <http://www.solomantenimiento.com/articulos/mantenimiento-cadenas-transmision.htm>.
- [22] [http://www.iesmarenostrum.com/departamentos/tecnologia/mecaneso/mecanica\\_basica/mecanismos/mec\\_cadena-pinon.htm](http://www.iesmarenostrum.com/departamentos/tecnologia/mecaneso/mecanica_basica/mecanismos/mec_cadena-pinon.htm).
- [23] <http://www2.ing.puc.cl/~icm2312/apuntes/cadenas/tamano.html>.
- [24] [http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/operadores/ope\\_rueda.html](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/operadores/ope_rueda.html).
- [25] <http://www.monografias.com/trabajos6/trame/trame.shtml>.
- [26] <http://www.varimak.com/nota9.htm>.
- [27] [www.todorobot.com.ar/documentos/dc-motor.pdf](http://www.todorobot.com.ar/documentos/dc-motor.pdf).
- [28] <http://www.babylon.com/definicion/solenoid/Spanish>
- [29] <http://www.babylon.com/definicion/electroi%C3%A1n/Spanish>
- [30] <http://proton.ucting.udg.mx/expodiel/julio95/F80.html>.
- [31] <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/m%C3%A1quinashidraulicas/seleccionbombascentrifugas/seleccionbombascentrifugas.html>.
- [32] <http://www.hondaencasa.com/index.asp?site=hom&sec=inf&id=21&tem=>.
- VILLAMIZAR Juan. LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS. [Libro] En:
- [33] UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Facultad de Ingeniería Electrónica. 1ª Ed. Colombia. Marzo 2003. Pagina 11.
- [34] [http://industrial.omron.es/es/products/catalogue/software/cx\\_one.html](http://industrial.omron.es/es/products/catalogue/software/cx_one.html).