



**Instituto Politécnico Nacional**  
**Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

---

Unidad Profesional “Adolfo López Mateos”

**“Propuesta de automatización de la etapa de envasado e  
integración de un robot paletizador en una planta de bebidas  
gaseosas.”**

**T R A B A J O   T E R M I N A L**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO EN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN**

PRESENTAN:

**BUENDIA ROJAS LAURA DANIELA**

**HERNÁNDEZ OLIVA NOEMI**

**SAUCEDO GARAY MARISELA**

ASESORES DEL TRABAJO TERMINAL:

**ING. HUMBERTO SOTO RAMÍREZ**

**ING. ANTONIO ARELLANO ACEVEZ**



MÉXICO D.F.

NOVIEMBRE 2007

## Contenido

Objetivo.....	i
Planteamiento.....	i
Justificación.....	i
Introducción .....	iii
Capítulo 1 “Antecedentes” .....	1
1.1 Antecedentes históricos de plantas embotelladoras .....	2
1.2 La industria de bebidas en México.....	4
1.3 Descripción general del proceso .....	4
Capítulo 2 “Conceptos generales” .....	8
2.1 Definición de sistema automatizado. ....	9
2.2 Elementos de un sistema automatizado.....	10
2.2.1 Controladores .....	10
2.2.2 Controlador lógico programable (PLC) .....	10
2.2.2.1 Programación de autómeta programable.....	12
2.2.3 Actuadores.....	14
2.2.4 Sensores .....	15
2.2.4.1 Sensores capacitivos.....	15
2.2.4.2 Sensores inductivos.....	16
2.2.4.3 Sensores fotoeléctricos.....	17
2.2.5 GRAFCET .....	19

2.2.5.1 Principios básicos del GRAFCET.....	19
2.3 Definición de manipuladores .....	25
2.3.1 Estructura de robots manipuladores.....	26
2.3.1.1 Tipos de de articulaciones.....	27
2.3.1.2 Estructuras básicas.....	28
2.4 Resolvers.....	29
Capítulo 3 “Estudio técnico”.....	32
3.1 Localización y ubicación de la planta de bebidas gaseosas .....	33
3.2 Proceso a automatizar .....	34
3.6 Llenadora modelo Volumetic VODM_PET .....	36
3.6.1 Principales características del modelo volumetic VODM_PET .....	38
3.7 Selección del PLC.....	39
3. 8 Software de programación .....	52
3.4 Robot paletizador modelo IRB660 .....	53
Capítulo 4 “Desarrollo de la automatización” .....	63
4.1 Filosofía de control .....	64
4.2 Solución en lenguaje Grafcet .....	67
4.3 Programa en PLC SLC/05.....	70
Capítulo 5 “Estudio Económico” .....	94
5.1 Integración y costo de capital para el proyecto.....	95
5.2 Determinación del flujo de efectivo.....	96
5.3 Compras de Activo Fijo .....	97
5.4 Incremento a Depreciaciones y Amortizaciones.....	98

5.5 Consideraciones de Producción .....	99
5.6 Valuación del Proyecto .....	100
Conclusiones .....	111
Referencias bibliográficas .....	113
Glosario .....	115
Anexos .....	121

## **Índice de Figuras**

<i>Figura 1 Diagrama General de una planta de bebidas gaseosas</i> .....	3
<i>Figura 2b Diagrama descriptivo del proceso: embotellado</i> .....	6
<i>Figura 3 Elementos de un sistema automatizado</i> .....	10
<i>Figura 4 Esquema de un proceso controlado por un PLC</i> .....	11
<i>Figura 5 Símbolos básicos de lenguaje escalera</i> .....	13
<i>Figura 6 Actuador eléctrico (Motor)</i> .....	14
<i>Figura 7 Sensores industriales</i> .....	15
<i>Figura 8 Componentes del sensor capacitivo</i> .....	16
<i>Figura 9 Componentes del sensor inductivo</i> .....	17
<i>Figura 10 Sensor fotoeléctrico de barrera emisor-receptor</i> .....	18
<i>Figura 11 Sensor fotoeléctrico de barrera reflectiva</i> .....	18
<i>Figura 12 Sensor fotoeléctrico difuso</i> .....	18
<i>Figura 13 Representación de etapas en GRAFCET</i> .....	21
<i>Figura 14 Acciones de las etapas</i> .....	22
<i>Figura 15 Símbolo de Transición</i> .....	23
<i>Figura 16 Configuración de bobinas de un resolver</i> .....	30
<i>Figura 17 Ubicación de la planta de bebidas gaseosas</i> .....	33
<i>Figura 18 b Proceso de embotellado (continuación)</i> .....	34
<i>Figura 19 Máquina llenadora de botellas PET Volumetric VODM_PET</i> .....	36
<i>Figura 20 Transporte de botellas en la corona llenadora</i> .....	36
<i>Figura 21 Diagrama de sistema de llenado para botellas de PET</i> .....	37

<i>Figura 22 Griper de sujeción de botella.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 23 PLC SLC 500/05 .....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 24 Robot IRB660.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 25 Ejes del Robot .....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 26 Vista superior del manipulador (dimensiones en mm.) Permitido 200 mm detrás de la base para cable. ....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 27 Vista frontal y lateral del manipulador (dimensiones en mm.) Permitido 200 mm detrás de la base para cable. ....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 28 Límites del brazo robótico especificadas en el rango del centro de la pestaña de la herramienta (dimensiones en mm).....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 29 Programación en RobotStudio.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 30 IRC5 y FlexPendant .....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 31 Sensores alrededor de la máquina.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 32 Gabinete de control de la máquina.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 33 Proceso de llenado.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 34 Arranque y paro de la corona llenadora .....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 35 Accionamiento del griper sujetador de botellas .....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 36 Apertura y cierre de la válvula llenadora.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 37 Accionamiento de Cilindro de rechazo de botella.....</i>	<i>69</i>

## ***Índice de tablas***

<i>Tabla 1 Tipos de articulaciones de los manipuladores. ....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 2 Tipos de estructuras para manipuladores. ....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 3 Comparación entre distintos sensores de posición angular .....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 4 Tabla de entradas al PLC .....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 5 Salidas del PLC .....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 6 Selección del PLC .....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 7 Peso del robot .....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 8 Posiciones del robot de acuerdo a la figura 26 y 27 .....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 9 Movimientos del robot de acuerdo a los grados de libertad .....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 10 Posiciones de paro del robot .....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 11 Posiciones del centro de la muñeca.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 12 Velocidades máximas de los ejes .....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 13 Conexiones habituales .....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 14 Comparativo de producción .....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 15 Costo de Capital .....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 16 Flujo de efectivo.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 17 Adquisiciones de activo fijo .....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 18 Presupuesto de incremento de depreciaciones y amortizaciones.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 19 Consideraciones de producción .....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 20 Vida útil del proyecto.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 21 Beneficios anuales en base al flujo de efectivo .....</i>	<i>102</i>

<i>Tabla 22 Tasa promedio de rentabilidad.....</i>	102
<i>Tabla 23 Periodo de recuperación de la inversión.....</i>	103
<i>Tabla 24 Interés simple sobre el rendimiento.....</i>	104
<i>Tabla 25 Valor presente neto.....</i>	105
<i>Tabla 26 Índice de rendimiento a valor presente.....</i>	105
<i>Tabla 27 Tasa interna retorno.....</i>	108
<i>Tabla 28 Beneficio–Costo.....</i>	109
<i>Tabla 29 Volumen de ventas.....</i>	122
<i>Tabla 30 Consumo per capita.....</i>	122
<i>Tabla 31 Porcentajes de cada estrato de ingreso gastado en lo s productos.....</i>	125



---

---

## Objetivo

El objetivo del proyecto es automatizar un sistema de llenado de bebidas gaseosas, utilizando un controlador lógico programable (PLC) e integrando un robot paletizador, para reducir el tiempo de producción y aumentar la producción en una planta embotelladora.

## Planteamiento

En las plantas embotelladoras actuales, se tienen sistemas semiautomáticos para la producción de bebidas gaseosas y no gaseosas, que hacen que la producción sea lenta e intermitente. Debido al crecimiento en la demanda del producto, se ve en la necesidad de automatizar sus líneas de producción para satisfacer las necesidades del mercado.

## Justificación

México es el segundo consumidor de refrescos a nivel mundial, esto hace que la industria de bebidas nacionales, sea un importante consumidor de maquinaria para envase y **embalaje**.

Algunos estudios de la Asociación Nacional de Productores de Refrescos y Aguas Carbonatadas<sup>1</sup> (ANPRAC) estiman que éste segmento consume aproximadamente el 12% de la maquinaria de envase y embalaje que se vende en México, sin embargo

---

<sup>1</sup> [www.anprac.org.mx/historia.html](http://www.anprac.org.mx/historia.html)

---

---

éstas cifras dependen de las nuevas inversiones en las plantas embotelladoras y de la introducción de nuevos productos en el mercado.

Al mismo tiempo en la manufactura moderna existen múltiples ventajas en el uso de robots. Los robots industriales obtienen su potencial económico en aplicaciones donde el volumen de productos es suficientemente grande para recuperar la inversión del equipo, programación e ingeniería, aunque bajos para justificar el desplazamiento de mano de obra.

Al utilizar un robot se obtienen los siguientes beneficios:

- ❖ Se minimiza el desperdicio, las materias primas estropeadas y los retrabajos.
- ❖ Pueden trabajar en áreas riesgosas para los obreros.
- ❖ Es posible una producción continua de 24 horas.
- ❖ Su programación es flexible para aceptar nuevos productos o modificaciones al diseño existente.

Por estas razones, además de automatizar la etapa de llenado, se propone la integración de un robot paletizador en la etapa de **embalaje**.

---

---

## Introducción

En el presente proyecto se desglosan cinco capítulos, a lo largo de los cuales se lleva a cabo el desarrollo de la propuesta de **automatización** en una planta de bebidas gaseosas, con la intención de llevar de la mano los aspectos y conceptos básicos relacionados para su fácil comprensión.

El capítulo 1 muestra los antecedentes de la industria de bebidas, la clasificación de ésta, el impacto económico a través del tiempo y el crecimiento de la tecnología aplicada a éste sector. También se da una breve noción del crecimiento de esta industria en México, con la intención de comprender la importancia de automatizar si se desea ser competitivo dentro del mercado.

En el capítulo 2 se establecen las nociones básicas referentes a los conceptos generales que son importantes para comprender el análisis técnico.

En el capítulo 3 se da la ubicación de la planta y las especificaciones técnicas de la maquinaria propuesta en este proyecto. También se enlistan las entradas y salidas con respecto a los elementos físicos que se utilizan para la automatización del sistema, y seleccionar adecuadamente el PLC a utilizar.

De acuerdo a las necesidades de la planta, se seleccionó un robot paletizador para el área de embalaje, en base a las características proporcionadas por el fabricante.

El capítulo 4 se desarrolla la solución en lenguaje Grafset de la máquina llenadora con ayuda de una descripción detallada del proceso. Y así se da comienzo al

---

---

programa en lenguaje de escalera utilizando el software **RS Logix 500** de Allen Bradley.

El capítulo 5 muestra un análisis económico del proyecto, en cuanto al costo de la maquinaria a utilizar, el robot y los gastos generados por ingeniería durante su desarrollo.

## Capítulo 1 “Antecedentes”



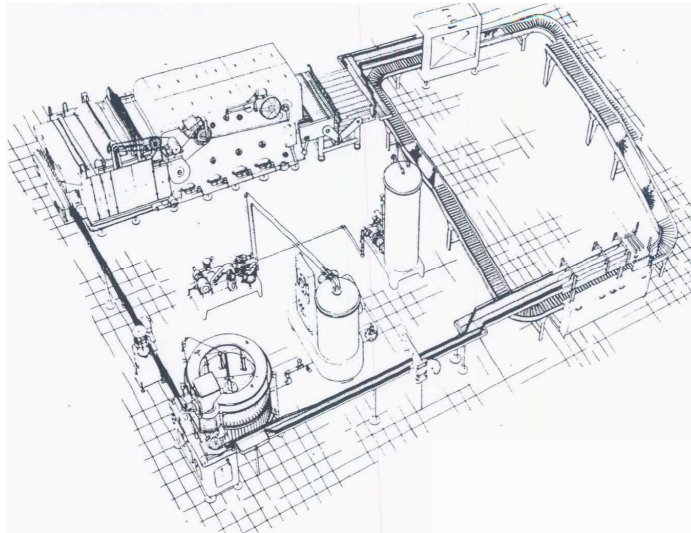
## Capítulo 1 “Antecedentes”

### 1.1 Antecedentes históricos de plantas embotelladoras

Los inicios de la industria de las bebidas carbonatas se remontan a los últimos años del siglo XVIII.

El consumo de refrescos ha aumentado en forma constante a lo largo de los años desde 36 millones de raciones de 240 ml en 1850 hasta cerca de 75 billones de raciones hoy en día. El **consumo per cápita** se incrementó en el mismo periodo desde aproximadamente 2 raciones, hasta 350 raciones de 240 ml al año. Esto se debe, en parte ciertamente, a la disponibilidad general en todos los lugares en que las personas se reúnen para trabajo de recreación. El producto también se ofrece en muchos tipos de recipientes y tamaños.

La moderna planta fabricante de refrescos es un sistema altamente mecanizado y limpio, del procesamiento de alimentos. La elaboración de refrescos es un proceso mecánico complejo que requiere de maquinaria especial que trabaja a la mayor velocidad posible. Hace menos de 20 años las líneas de embotellado trabajaban aproximadamente con un rendimiento de 150 botellas por minuto. Las líneas de producción actuales son capaces de elaborar 1200 ó más unidades por minuto.



*Figura 1 Diagrama General de una planta de bebidas gaseosas*

La industria de las bebidas se divide en:

- Bebidas sin alcohol (la cual comprende: la fabricación de jarabes de bebidas refrescantes; el embotellado y enlatado de agua y bebidas refrescantes; embotellado, enlatado y envasado en cajas de zumos de frutas; la industria del café; y la industria del té).
- Bebidas alcohólicas (incluye los licores destilados, el vino y la cerveza).

Desde principios de siglo, las compañías de bebidas han evolucionado desde las empresas regionales que producían artículos destinados principalmente a los mercados locales hasta las gigantescas empresas de hoy, que elaboran productos para mercados internacionales. Este cambio se inició cuando las compañías del sector adoptaron técnicas de producción en masa que les permitieron expandirse. Además, durante este tiempo, se consiguieron avances en el envasado de productos y en los procesos que incrementaron enormemente el período de validez de los productos.

## 1.2 La industria de bebidas en México

En los últimos años del siglo pasado nació en México la Industria Productora de Refrescos. El antecedente más antiguo del que se tiene registro y que es considerado como una de las primeras empresas del ramo fue “La Montañesa”, fundada en el año de 1886. Después de varias fusiones esta empresa llegó a formar parte de la Compañía Topo Chico, S.A., la cual comenzó a embotellar agua mineral desde 1895.

Estas instituciones cimentaron una industria que empezó a crecer en diferentes regiones del país, caracterizadas por ser empresas de tipo familiar, con tecnología muy rudimentaria.

Una mejor tecnología de distribución y una creciente publicidad permitieron que las empresas embotelladoras se multiplicaran a lo largo y ancho del país. Aún cuando la mayoría contaba con una capacidad de producción muy reducida, muchas de ellas vivieron una etapa de consolidación.

## 1.3 Descripción general del proceso

El proceso de elaboración de bebidas gaseosas comienza cuando se extrae el agua del pozo. El tratamiento se lleva a cabo mediante dos sistemas: **ósmosis inversa** y Floculación. Posteriormente, el agua tratada pasa a la sala de jarabes para la elaboración del mismo.

Este proceso se divide en dos subprocesos: el proceso del jarabe y el proceso de embotellado.



A continuación se describe el proceso de elaboración del jarabe.

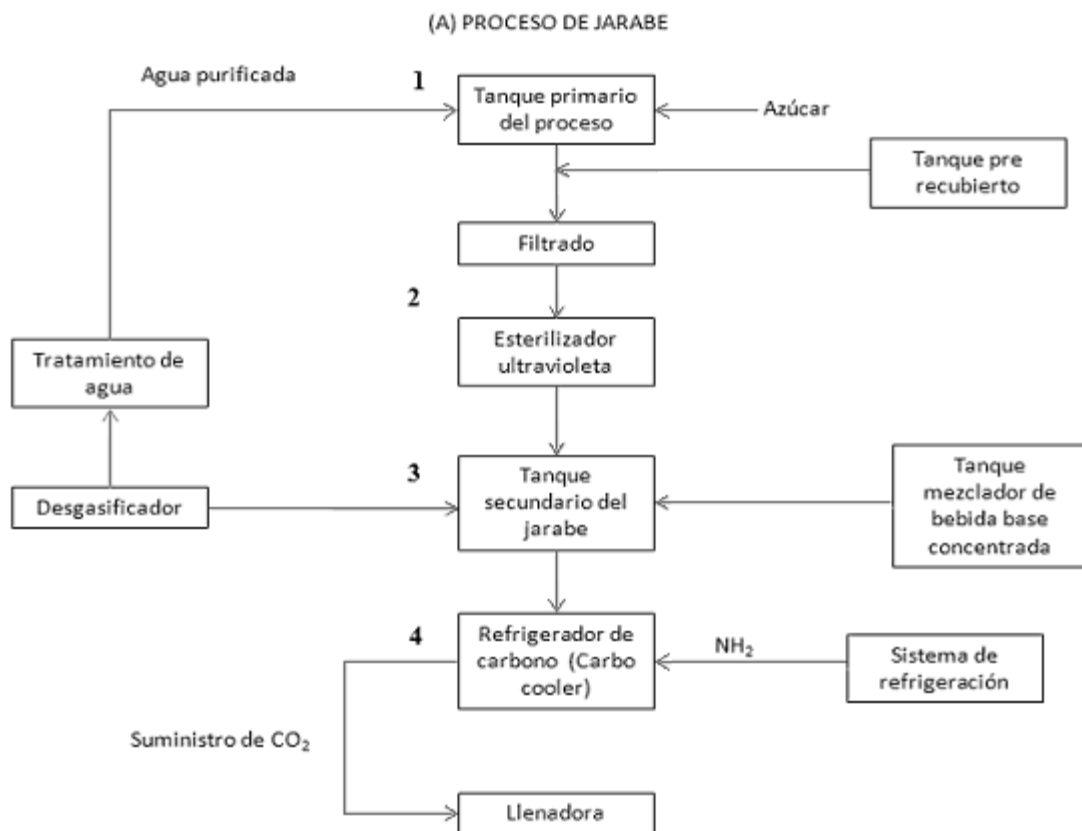


Figura 2a Diagrama descriptivo del proceso: jarabe

1. El proceso consiste en hacer una mezcla de agua y azúcar que forma el jarabe simple mezclados en el tanque primario.
2. Enseguida el jarabe simple es filtrado y esterilizado.
3. Posteriormente es bombeado al tanque de abastecimiento final donde se añadirá la bebida base concentrada y el agua depurada.
4. Finalmente, el jarabe es conducido al carbo-refrigerador para su carbonatación y enfriamiento. Una vez que ha sido enfriado, queda listo para su embotellado.

A su vez, el proceso de embotellado se divide en dos: proceso de botellas retornables y proceso de botellas no retornables, estos procesos se realizan en paralelo, como se muestra en la figura 2b.

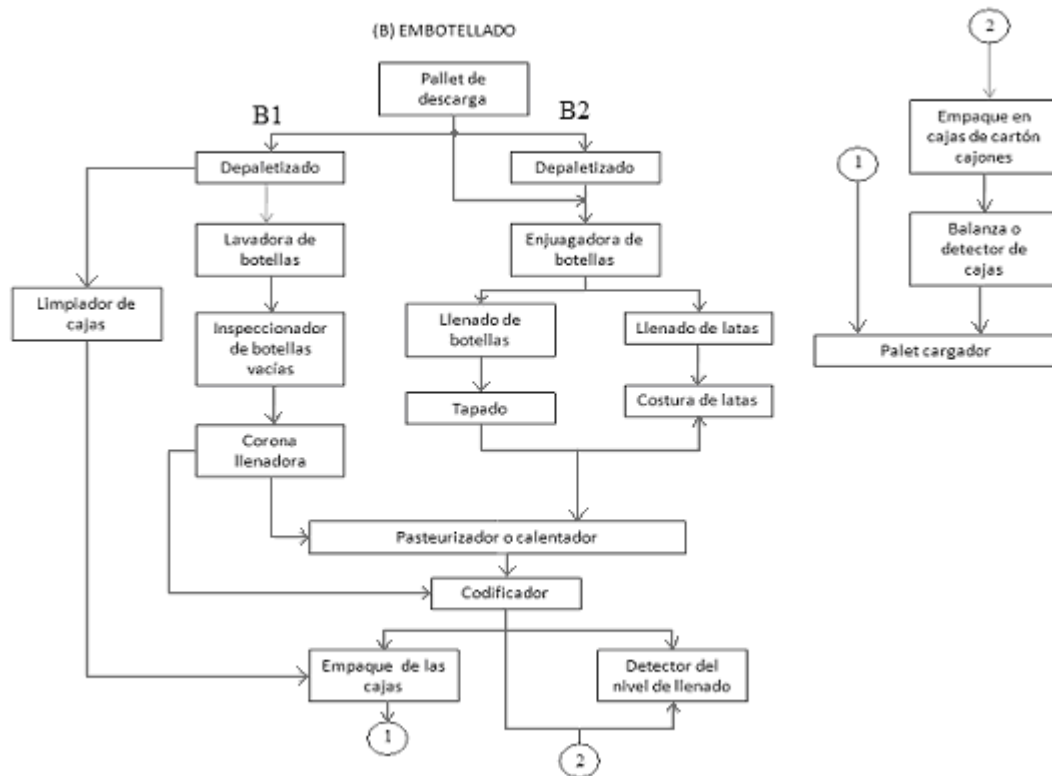


Figura 2b Diagrama descriptivo del proceso: embotellado

(B1) Botellas retornables.

1. Las botellas vacías son recicladas en cajas y colocadas en paletas. Carretillas elevadoras transportan las paletas al **depaletizador** donde se descargan las cajas. Luego, las cajas son enviadas al descajonador el cual obtiene las botellas desde las cajas.
2. Una vez que las botellas entran a la máquina lavadora, las cajas son transportadas al almacén de cajas.

3. Después de lavadas, las botellas limpias pasan a través de un registrador y luego son llenadas, tapadas y codificadas.
4. El producto final codificado es transportado y enviado para su encajonamiento, completando el proceso de **embalaje**.

(B2) Botellas y latas no retornables.

1. Las botellas de **PET** o latas no retornables son transportadas por una espátula desde la manufacturera.
2. Después de ser descargadas, son enjuagadas con agua purificada.
3. Las botellas o latas limpias son transportadas para su proceso de llenado. Después de ser llenadas las botellas son tapadas, o en el caso de las latas, doblemente cocidas.
4. Algunas bebidas, tal como los jugos son pasteurizadas.
5. Los productos calentados o pasteurizados son codificados y pasados a través de un detector del nivel de llenado el cual rechazará cualquier producto no llenado a los niveles adecuados.
6. Finalmente, los paquetes de botellas son cargadas en cucharas o **pallets**. Después de ser cargados, los productos quedan listos para su comercialización.

## Capítulo 2 “Conceptos generales”



---

---

## Capítulo 2 “Conceptos generales”

En las últimas décadas se ha seguido la tendencia de automatizar de manera progresiva procesos productivos de todo tipo. Esta tendencia ha sido y sigue siendo posible gracias al desarrollo y abaratamiento de la tecnología necesaria. Los objetivos que persiguen los sistemas automáticos de las máquinas y de los procesos de producción son:

- Mejorar la calidad y mantener un nivel de calidad constante.
- Producir las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Mejorar la productividad y reducir costos.
- Hacer más flexible el sistema productivo (facilitar los cambios en la producción).

En un sistema de manufactura flexible, es de vital importancia que los dispositivos que actúan como elementos integradores del mismo, ofrezcan un nivel de seguridad que permita garantizar el desarrollo completo del proceso en ejecución. Por esta razón se ha implementado los sistemas automatizados en procesos industriales, tales como las alimenticias, refresqueras, manufactureras, comerciales, extractivas, entre otras.

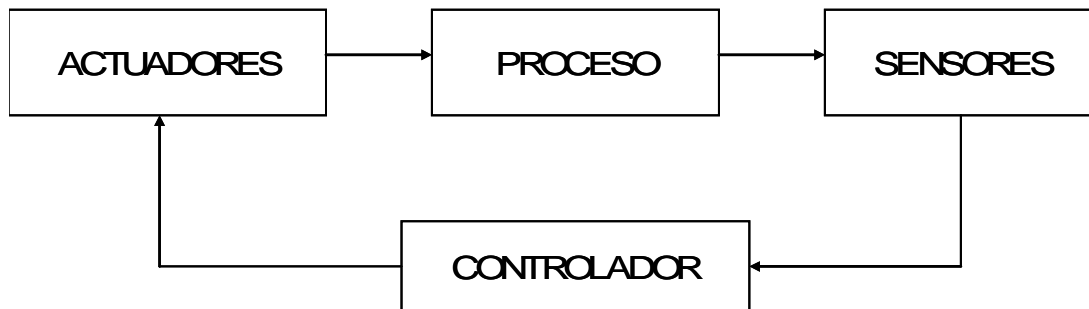
### **2.1 Definición de sistema automatizado.**

Se define un sistema (máquina o proceso) automatizado como aquel capaz de reaccionar de forma automática (sin la intervención del operario) ante los cambios que se producen en el mismo, dando lugar a las acciones adecuadas para cumplir la función para la que ha sido diseñado.

---

## 2.2 Elementos de un sistema automatizado

Los elementos que componen a un sistema automatizado son: controladores, actuadores y sensores.



*Figura 3 Elementos de un sistema automatizado*

### 2.2.1 Controladores

El sistema de control lo constituye normalmente un equipo electrónico programable, (en la mayoría de casos un autómatas programable industrial) que se programa para que active y desactive los actuadores en los momentos adecuados en función de las señales de los sensores.

### 2.2.2 Controlador lógico programable (PLC)

Los autómatas programables aparecieron en los Estados Unidos de América en los años 1969 - 70, y más particularmente en el sector de la industria del automóvil; fueron empleados en Europa alrededor de dos años más tarde. Su fecha de creación coincide, pues con el comienzo de la era del microprocesador y con la generación de la lógica cableada modular.

El autómatas es la primera máquina con lenguaje, es decir, un computador lógico cuyo juego de instrucciones se orienta hacia los sistemas de evolución secuencial.

De sus iniciales en inglés: **Programmable Logic Controller**, es decir Controlador Lógico Programable. Básicamente es un dispositivo provisto de cierta cantidad de entradas y salidas, entre las cuales se halla un procesador que a través de una lista de instrucciones dada por el usuario decide que relación existirá entre ellas.

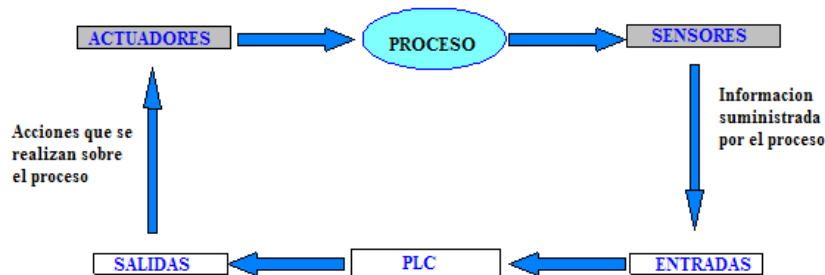


Figura 4 Esquema de un proceso controlado por un PLC

Los componentes que integran un PLC son:

- ✓ Unidad de central de proceso o de control.
- ✓ Memorias internas
- ✓ Memoria de programa
- ✓ Interfaces de entrada y salida
- ✓ Fuente de alimentación

La **unidad de control** consulta los estados de las entradas y recoge de la memoria de programa la secuencia de instrucciones a ejecutar, elaborando a partir de ella las

señales de salida u ordenes que serán enviadas al proceso. La memoria del autómata contiene todos los datos e instrucciones que necesita para ejecutar la tarea de control.

La memoria interna es la encargada de almacenar datos intermedios de cálculos y variables internas que no aparecen directamente sobre las salidas.

La memoria del programa contiene la secuencia de operaciones que deben realizarse sobre las señales de entrada para obtener las señales de salida, así como los parámetros de configuración del autómata.

Las interfaces de entrada y salida establecen la comunicación del autómata con la planta. La interfaz se encarga de adaptar las señales que se manejan en el proceso a las utilizadas internamente por la máquina.

La fuente de alimentación proporciona a partir de una tensión exterior, las tensiones necesarias para el buen funcionamiento de los distintos circuitos electrónicos del sistema.

### **2.2.2.1 Programación de autómata programable**

La programación de un autómata consiste en el establecimiento de una sucesión ordenada de instrucciones que están disponibles en el sistema de programación y que resuelven control sobre un proceso determinado.

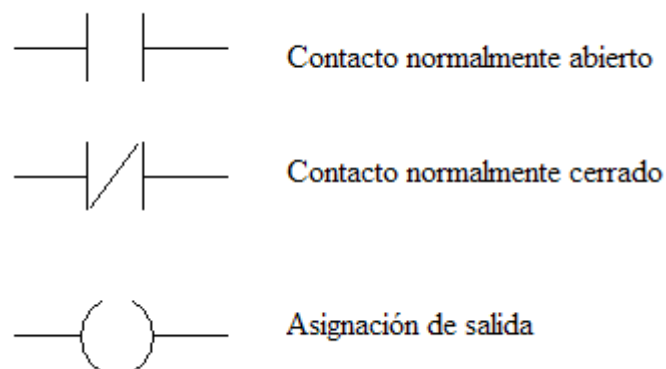


En la actualidad los lenguajes mas empleados pueden incluirse en los siguientes grupos:

- ✓ Lenguaje en lista de instrucciones.
- ✓ Lenguaje en bloques lógicos
- ✓ Lenguaje en esquema de contactos o escalera.

### Lenguaje en esquema de contactos o escalera

Es un lenguaje grafico, derivado del lenguaje de relés, que mediante símbolos representa contactos, solenoides, etc. Su principal ventaja es que los símbolos básicos (figura 5), están normalizados según normas NEMA y son empleados por todos los fabricantes. Los símbolos básicos empleados son:



*Figura 5 Símbolos básicos de lenguaje escalera*

Los elementos básicos que configuran la función se representa entre dos líneas verticales que simbolizan las líneas de alimentación. Para las funciones lógicas más complejas (módulos de programación) como temporizadores, contadores, registros de

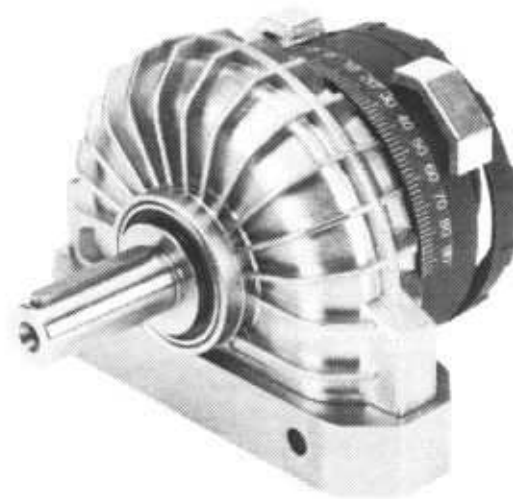
---

desplazamiento, etc., se emplea el formato de bloques. Estos no están normalizados, aunque guardan una gran similitud entre sí para distintos fabricantes y resultan mucho más expresivos que si se utiliza para el mismo fin el lenguaje en lista de instrucciones.

### 2.2.3 Actuadores

Los actuadores son elementos capaces de producir un efecto sobre el proceso (cilindros neumáticos e hidráulicos, motores eléctricos, electroválvulas, etc.).

Como el sistema de control únicamente maneja señales eléctricas los actuadores disponen de un elemento de interface (o preactuador) que reacciona a esas señales eléctricas actuando sobre los elementos finales.



*Figura 6 Actuador eléctrico (Motor)*

---

## 2.2.4 Sensores

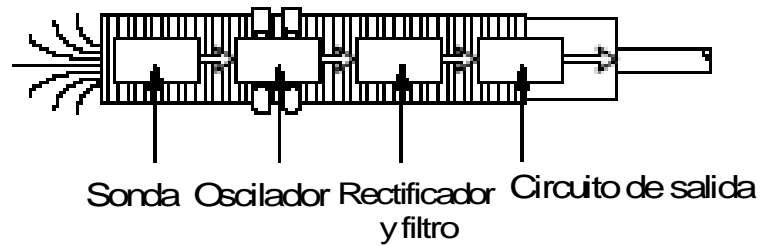
Los sensores son elementos que captan propiedades físicas del proceso (como presencia de objetos, velocidad, temperatura, etc.) y producen una señal eléctrica en función de estas propiedades. Lo normal es que se conecten directamente al sistema de control (autómata), aunque pueden conectarse directamente a un elemento actuador en sistemas muy sencillos. Los sensores se clasifican en capacitivos, inductivos y fotoeléctricos.



*Figura 7 Sensores industriales*

### 2.2.4.1 Sensores capacitivos

Los sensores capacitivos han sido diseñados para trabajar generando un campo electrostático y detectando cambios en dicho campo a causa de un objeto que se aproxima a la superficie de detección. Los elementos de trabajo del sensor son: una sonda capacitiva de detección, un oscilador, un rectificador de señal, un circuito de filtraje y el correspondiente circuito de salida.



*Figura 8 Componentes del sensor capacitivo*

En ausencia de objetos, el oscilador se encuentra inactivo. Cuando se aproxima un objeto, éste aumenta la capacitancia de la sonda de detección. Al superar la capacitancia un umbral predeterminado se activa el oscilador, el cual dispara el circuito de salida para que cambie entre “on” (encendido) y “off” (apagado).

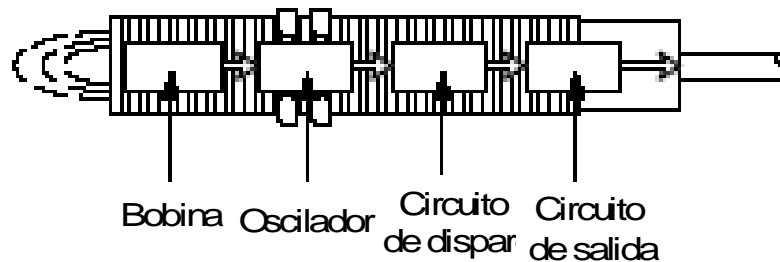
La capacitancia de la sonda de detección viene condicionada por el tamaño del objeto a detectar, por la constante dieléctrica y por la distancia de éste al sensor. A mayor tamaño y mayor constante dieléctrica de un objeto, mayor incremento de capacitancia. A menor distancia entre objeto y sensor, mayor incremento de capacitancia de la sonda por parte del objeto.

Este tipo de sensor se utiliza si el objeto es de plástico, papel, o si es líquido (basado en aceite o agua), granulado o en polvo, para detección de nivel, de posición, humedad.

#### **2.2.4.2 Sensores inductivos**

Los sensores inductivos han sido diseñados para trabajar generando un campo magnético, detectando las pérdidas de corriente de dicho campo generadas al

introducirse en él los objetos de detección férricos y no férricos. El sensor consiste en una bobina con núcleo de ferrita, un oscilador, un sensor del nivel de disparo de la señal y un circuito de salida. Al introducir un objeto metálico en el campo, se inducen corrientes de histéresis en el objeto. Debido a ello hay una pérdida de energía y una menor amplitud de oscilación. El circuito sensor reconoce entonces un cambio específico de amplitud y genera una señal que conmuta la salida de estado sólido a la posición “ON” (Encendido) y “OFF” (Apagado).



*Figura 9 Componentes del sensor inductivo*

### 2.2.4.3 Sensores fotoeléctricos

Un sensor fotoeléctrico es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera un haz de luz, y un componente receptor que capte la luz generada por el emisor. Estos elementos pueden estar instalados en el mismo dispositivo o estar separados, o necesitar de algún elemento reflejante.

**Barrera emisor-receptor.** Este sensor tiene el emisor y receptor de manera independiente. El objeto a detectar bloquea el haz de luz existente entre el emisor y el

receptor. El circuito sensor reconoce entonces un cambio que genera una señal que conmuta la salida de estado sólido a la posición “ON” (Encendido) y “OFF” (Apagado).



*Figura 10 Sensor fotoeléctrico de barrera emisor-receptor*

**Barrera reflectiva.** El emisor y receptor se encuentran instalados en un mismo dispositivo, por lo tanto necesita un elemento reflejante para poder tener comunicación entre estos. Al ser interrumpido el haz de luz el circuito sensor reconoce entonces un cambio que genera una señal que conmuta la salida de estado sólido a la posición “ON” (Encendido) y “OFF” (Apagado).



*Figura 11 Sensor fotoeléctrico de barrera reflectiva*

**Sensor difuso.** Al igual que los sensores de barrera reflectiva, el emisor y receptor se encuentra en un mismo dispositivo, sin embargo el elemento reflejante será el mismo a detectar, utilizando su propiedad reflectiva.



*Figura 12 Sensor fotoeléctrico difuso*

Los sensores fotoeléctricos están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores y diferencias de superficie, incluso bajo condiciones ambientales extremas.

### **2.2.5 GRAFCET**

El Grafico de Control Etapa – Transición (GRAFCET) surge en 1977 como resultado del estudio y análisis para mejorar el control de los sistemas automáticos, realizados por la Asociación Francesa para la Cibernética, Economía y la Técnica (AFCET) en conjunto con la Asociación para el Desarrollo de la Producción Automática (ADEPA).

Con el **GRAFCET**, se puede desarrollar un control automático de manera secuencial, por etapas o pasos, de manera que no podrá operarse una etapa si no se ha operado la etapa anterior, con esto se obtiene mayor fiabilidad del proceso automático.

El sistema de representación GRAFCET, está universalmente aceptado como método para resolver la **automatización** de procesos con autómatas programables. Éste representa los procesos secuenciales describiendo gráficamente la evolución del proceso y los diferentes comportamientos de éste.

#### **2.2.5.1 Principios básicos del GRAFCET**

El empleo del GRAFCET para resolver tareas de automatización facilita el diálogo entre personas con niveles de formación técnica diferente, tanto en el momento del

análisis del proceso a automatizar, como posteriormente en el mantenimiento y reparación de averías.

El Grafcet se compone de un conjunto de:

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

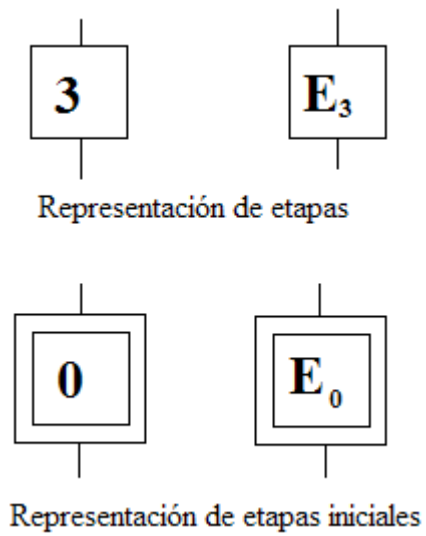
### **Etapas**

Para representar la evolución de un proceso con GRAFCET, se considera que el proceso a automatizar y el controlador forman un solo sistema; el nexo de unión entre las actuaciones que hay que hacer sobre el proceso (activar un motor, cerrar una válvula, etc.) y el programa de usuario, cargado en el controlador, que da origen a aquellas es la etapa. Etapa es el estado del sistema en el que no hay variación de las salidas al variar las entradas.

Las etapas se representan con un cuadrado y un número o una E con un subíndice; en ambos casos, el número indica el orden que ocupa la etapa dentro del GRAFCET.

Para distinguir el comienzo del GRAFCET, la primera etapa se representa con un doble cuadrado.





*Figura 13 Representación de etapas en GRAFCET*

Una etapa puede estar sólo en dos estados

- ✓ Activa
- ✓ No activa (inactiva o activable)

### Tipos de etapas

- ✓ Etapa normal
- ✓ Etapa de inicialización : Aquellas que quedan activadas al comienzo del algoritmo de control
- ✓ Etapa Fuente: Etapa que no posee transición de entrada
- ✓ Etapa sumidero : Etapa que no posee transición de salida

Las acciones que llevan asociadas las etapas se representa con un rectángulo donde se indica el tipo de acción a realizar (figura 14), una etapa puede llevar asociadas varias acciones.

### Operaciones a realizar sobre el sistema cuando la etapa se encuentra activa

- Se indica con etiquetas conectadas a la etapa (descripción en forma literal o simbólica)

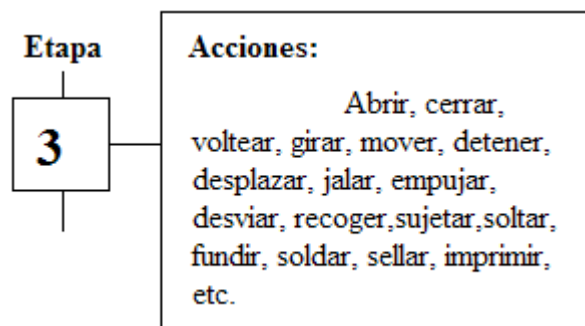


Figura 14 Acciones de las etapas

### Tipos de acciones

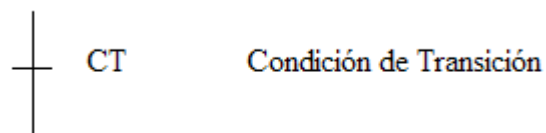
- *Externas* (cambio de estado de actuadores) o *Internas* (sobre la lógica : por ej. Iniciar temporizador)
- *Condicionales* (se ejecutan si se cumple una función lógica adicional) o incondicionales
- *Virtuales* (con etiqueta vacía) o reales

---

---

### Condición de transición

Un **proceso secuencial** se caracteriza porque una acción determinada se realiza en función del resultado de la acción anterior. En GRAFCET, el proceso se descompone en una serie de etapas que son activadas unas tras otra. Por tanto, tendrá que existir una condición que se ha de cumplir para pasar de una a otra etapa; se llama transición, figura 15.



*Figura 15 Símbolo de Transición*

### Cambio de una etapa a otra

Tiene asociada una condición de transición (función lógica booleana): receptividad (señales).

Se llama receptividad a la condición que se requiere para poder franquear una transición válida. Una receptividad puede ser cierta o falsa y se puede describir en forma literal (fin retroceso, temperatura alcanzada, etc.) o en forma simbólica (SA1, BQ3, etc.), en este segundo caso será necesaria una tabla donde se indique el significado de los símbolos utilizados.

Una receptividad puede estar compuesta por un solo dato o por una ecuación booleana que incluya varios datos. Mientras el resultado de la ecuación booleana sea 0 (falso) la transición no podrá ser franqueada y sí podrá serlo cuando el resultado sea 1 (cierto).

El paso de una etapa a la otra se produce sí y solo sí:

- La transición está validada
- La receptividad es verdadera

### **Reglas de evolución del GRAFCET**

Reglas básicas que se deben tener en cuenta para aplicar GRAFCET

1. El proceso se descompone en etapas, que serán activadas de forma secuencial.
2. Una o varias acciones se asocian a cada etapa. Estas acciones sólo están activas cuando la etapa está activa.
3. Una etapa se hace activa cuando la precedente lo está y la condición de transición entre ambas etapas ha sido activada.
4. La activación de una condición de transición implica activar la siguiente etapa y desactivar la etapa precedente.
5. La etapa final inicial 0 tiene que ser activada antes de que se inicie el Grafcet, un ciclo está formado por todas las etapas posteriores a la etapa inicial.

---

---

## 2.3 Definición de manipuladores

La parte más visible de la automatización actual puede ser la **robótica** industrial. Algunas ventajas son repetitividad, control de calidad más estrecho, mayor eficiencia, integración con sistemas empresariales, incremento de productividad y reducción de trabajo. Algunas desventajas son requerimientos de un gran capital, decremento severo en la flexibilidad, y un incremento en la dependencia del mantenimiento y reparación.

Desde la antigüedad, el hombre ha sentido interés por las máquinas que imitan la figura y movimientos de seres animados. Existe una larga tradición de autómatas desde el mundo griego hasta nuestro siglo. El término robot nace asociado a la idea de trabajo y producción. Los robots industriales surgen de la convergencia de tecnologías de control automático y del control de máquinas-herramientas, de los manipuladores teleoperados, y de la aplicación de computadoras en tiempo real.

Un robot industrial es “un dispositivo mecánico que puede programarse para realizar una amplia variedad de aplicaciones.” [3]

En el estudio de la **robótica** es importante ubicar los objetos en el espacio tridimensional. Estos objetos son los vínculos del manipulador, las piezas y herramientas con las que trabaja y los demás objetos en el entorno del manipulador. Estos se describen mediante solo dos atributos: posición y orientación.

En la robótica subyace la idea de sustituir equipos capaces de automatizar operaciones concretas por máquinas de uso general que puedan realizar distintas

---

tareas. La realización por programa de las funciones de control ofrece mayor flexibilidad, y la posibilidad de implantar funciones complejas necesarias para controlar el manipulador.

En general un manipulador esta compuesto por:

- *Sistema mecánico*: compuesto por diversas articulaciones. Normalmente se distingue entre el brazo y el órgano terminal o efector final que puede ser intercambiable, empleando pinzas o dispositivos específicos para distintas tareas.
- *Actuadores*: generan las fuerzas o pares necesarios para animar la estructura mecánica.
- *Sensores y sistemas de control*: los sistemas de control de robots pueden considerarse funcionalmente descompuestos según una estructura jerárquica. El nivel inferior se realizan las tareas de servo control y supervisión de los articuladores. El segundo nivel de control se ocupa de la generación de trayectorias, entendiéndose por tal la evolución del órgano terminal cuando se desplaza de una posición a otra. Los niveles superiores se ocupan de la comunicación con el usuario, interpretación de los programas, percepción sensorial y planificación.

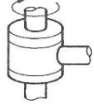
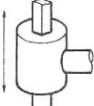
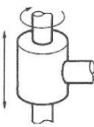
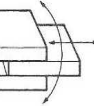

### **2.3.1 Estructura de robots manipuladores.**

Los robots manipuladores son brazos articulados. Es decir son cadenas cinemáticas abiertas formadas por un conjunto de eslabones o elementos de la cadena interrelacionados mediante articulaciones o pares cinemáticos. Las articulaciones permiten el movimiento relativo entre los sucesivos eslabones.

**2.3.1.1 Tipos de articulaciones.**

Existen diferentes tipos de articulaciones. Las más utilizadas se ilustran en la siguiente tabla.

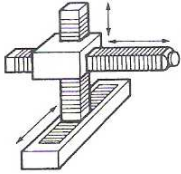
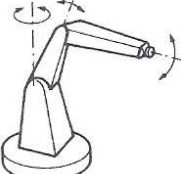

*Tabla 1 Tipos de articulaciones de los manipuladores.*

Articulación	Esquema	Grados de libertad	Esquema
Rotación	Una rotación alrededor del eje de la articulación	1	
Prismática	Consiste en una traslación a lo largo del eje de la articulación	1	
Cilíndrica	Tiene una rotación y una traslación	2	
Planar	Caracterizada por el movimiento de desplazamiento en el plano	2	
Esférica (Rotula)	Combina tres giros en tres direcciones perpendiculares en el espacio	3	

**2.3.1.2 Estructuras básicas.**

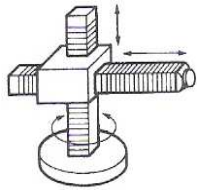
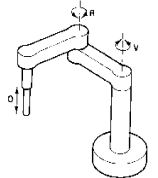
Se ha convertido en una costumbre clasificar los manipuladores de la clase simple cinemática, con partición de muñeca, de acuerdo con el diseño de sus primeras tres articulaciones (la estructura de posicionamiento). Las más comunes se muestran en la siguiente tabla:

*Tabla 2 Tipos de estructuras para manipuladores.*

<b>Estructura básica</b>	<b>Volumen de trabajo</b>	<b>Tipo de articulación</b>	<b>Esquema</b>
Cartesiano	$L^3$	PPP	
Angular o articulado	$(32/3)\pi L^3$	RRR	
Polar o esférico	$(28/3)\pi L^3$	RRP <sup>2</sup>	

<sup>2</sup> P se refiere a una articulación prismática y R a una articulación rotacional.



Cilíndrico	$3\pi L^3$	RPP o PRP	
SCARA <sup>3</sup>	$4\pi L^3$	RPR o PRR	

## 2.4 Resolvers

Se trata de sensores de posición analógicos con resolución teóricamente infinita. El funcionamiento de los resolvers se basa en la utilización de una bobina solidaria al eje excitada por una portadora, generalmente con 400Hz, y por dos bobinas fijas situadas a su alrededor.

Un resolver es un sensor formado de un par de bobinas que se excitan con una señal externa. Las bobinas están colocadas en posiciones ubicadas 90° entre sí, de modo que, según su orientación, captan con distinta intensidad la señal de corriente alterna (CA).

---

<sup>3</sup> SCARA (por sus siglas en inglés *Selective Compliance Assembly Robot Arm* o brazo de robot con montaje selectivamente obediente).

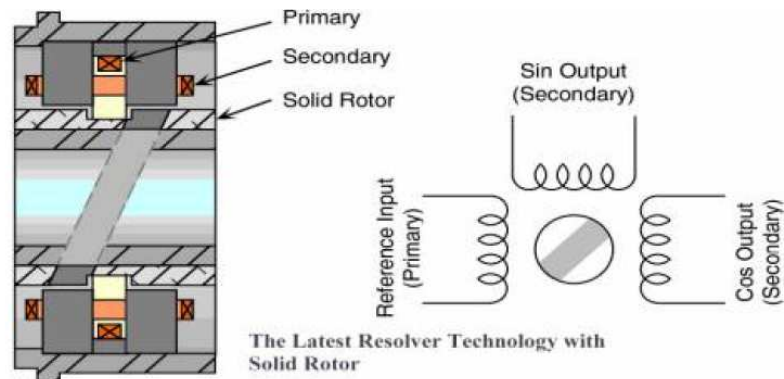


Figura 16 Configuración de bobinas de un resolver

Esta configuración da como resultado salidas seno y coseno que tienen una relación con el ángulo en que está el eje de rotación del resolver con respecto a la señal de CA. El procesamiento del seno/coseno da como resultado la posición angular del sensor. Este tipo de sensor ofrece gran precisión y se sigue utilizando cuando se necesita determinar la posición absoluta de un eje.

Para poder tratar el sistema de control la información generada por los resolvers es necesario convertir las señales analógicas en digitales. Para ello se utilizan los llamados convertidores resolver/ digital (r/d).

Entre sus ventajas destacan su buena robustez mecánica durante el funcionamiento y su inmunidad a contaminación, humedad, altas temperaturas y vibraciones. Debido a su reducido momento de inercia, imponen poca carga mecánica del funcionamiento del eje.

*Tabla 3 Comparación entre distintos sensores de posición angular*

Comparación entre distintos sensores de posición angular				
	Robustez mecánica	Rango dinámico	Resolución	Estabilidad térmica
Encoder	Mala	Media	Buena	Buena
Resolver	Buena	Buena	Buena	Buena
Potenciómetro	Regular	Mala	Mala	Mala

Entre sus ventajas destacan su buena robustez mecánica durante el funcionamiento y su inmunidad a contaminación, humedad, altas temperaturas y vibraciones. Debido a su reducido momento de inercia, imponen poca carga mecánica del funcionamiento del eje.

Dado el carácter continuo de la señal, la resolución de los resolvers es teóricamente infinita. Bien es verdad que depende en la mayoría de las ocasiones de una electrónica asociada, lo que limita la precisión de forma práctica.

## Capítulo 3 “Estudio técnico”



## Capítulo 3 “Estudio técnico”

### 3.1 Localización y ubicación de la planta de bebidas gaseosas

Ubicación:

Al norte: 325 metros linda con Camino vecinal.

Al sur: 244.27 metros linda con Héctor Osorio Estrella.

Al oriente: 336.59 metros linda con Vía F.F.C.C. México- Pachuca.

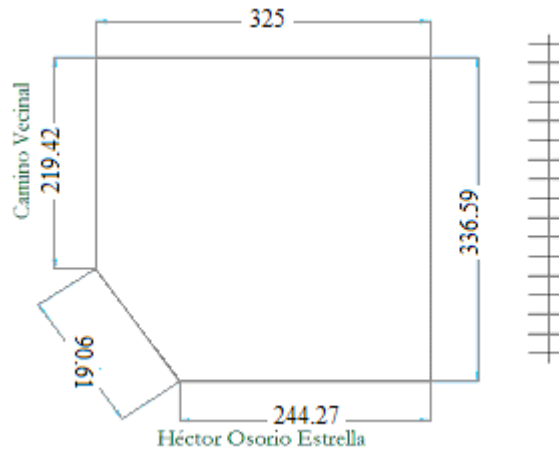


Figura 17 Ubicación de la planta de bebidas gaseosas

Dirección

Av. De las diligencias N. 7

Barrio de Tepojaco Ciudad Tizayuca Hgo.

Superficie total en terreno: 90 036.36 m<sup>2</sup>

### 3.2 Proceso a automatizar

Como ya se ha mencionado en los capítulos anteriores, el proceso de envasado consta de 6 etapas principales, las cuales se pueden observar en la figuras 12 a y 12 b.

Este proyecto se enfoca en dos etapas: llenado y **paletizado**.

El enfoque hacia el llenado es por que se considera una etapa de mayor complejidad, en la cual se requiere de mayor tiempo, precisión y velocidad. En el caso del paletizado, la carga de trabajo debe ser equitativa con respecto al proceso de llenado, ya que depende del número de productos terminados.

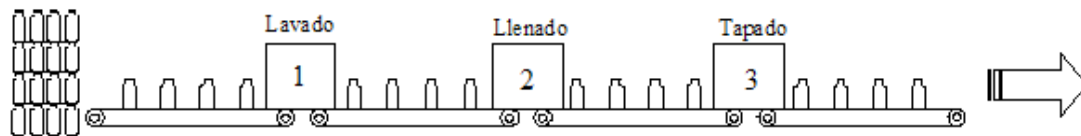


Figura 12 a Proceso de embotellado

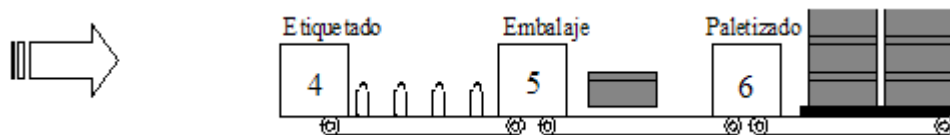


Figura 18 b Proceso de embotellado (continuación)

#### Llenado

Para dar inicio a este proceso, las botellas tienen que pasar por un control de limpieza y calidad de botellas. Una vez que la máquina ha tomado las botellas, comenzará a

llenar, este llenado depende de la arquitectura de la maquinaria, ya que existen dos configuraciones: lineales o circulares (corona llenadora). La diferencia entre una y otra es que la circular toma individualmente las botellas y su sistema de llenado es constante e independiente.

### **Paletizado**

Este proceso es el encargado de acomodar el producto final, de modo que su traslado a almacén sea más ágil y sin contratiempos.

Anteriormente ésta etapa no se consideraba básica para el proceso de envasado. Tomó importancia cuando las empresas aumentaron su producción, y notaron que se tenían tiempos muertos en trasladar el producto embalado al almacén, ya que esto se hacía de forma manual y se perdía mucho tiempo, lo que provocaba que se acumulará el producto al final de la línea de producción.

Existen una gran variedad de marcas y modelos en el mercado de máquinas llenadoras y robots paletizadores. Después de hacer una investigación, y por razones de accesibilidad a la información, se consideró que la máquina llenadora Volumetic VODM\_PET de KRONES y el robot paletizador IRB660 de ABB, son la mejor opción para optimizar estas etapas. A continuación se describen sus principales características.

### 3.6 Llenadora modelo Volumetric VODM\_PET

#### Llenado de botellas de PET



*Figura 19 Máquina llenadora de botellas PET Volumetric VODM\_PET*

Con el modelo VODM\_PET de la compañía KRONES, la botella se transfiere a la llenadora a la misma altura, se mantiene fija, porque la corona toma las botellas por el cuello mediante un **griper**, y es en este momento que inicia el proceso de llenado.



*Figura 20 Transporte de botellas en la corona llenadora*



La máquina de corona llenadora cuenta con 40 sistemas de llenado independientes, lo que aporta ventajas en lo referente a un tiempo de reacción básicamente más rápido, una mayor reproducibilidad y, por tanto, una mayor precisión de llenado.

Cada uno de estos sistemas esta integrado por diferentes elementos como se observa en la figura 21.

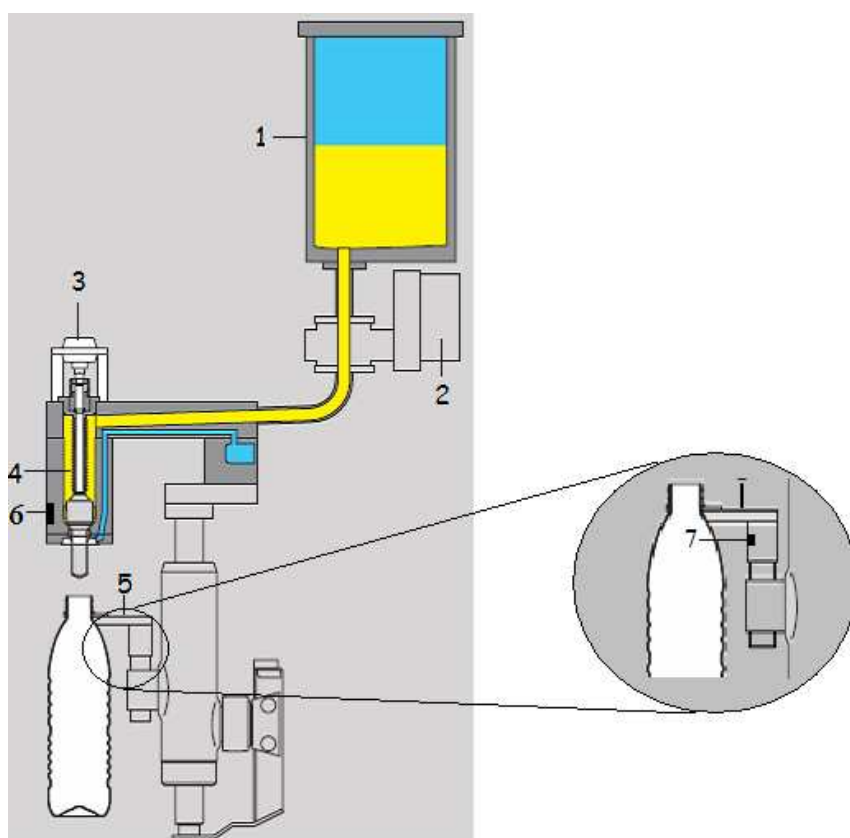


Figura 21 Diagrama de sistema de llenado para botellas de PET

- 1.- Depósito anular. Es el tanque donde esta contenido el jarabe.
- 2.- Medidor de caudal inductivo. Es el sensor encargado de detectar el flujo que pasa a través de la tubería en un segundo
- 3.- Válvula 3/2 dosificadora. Elemento que permite el paso de flujo

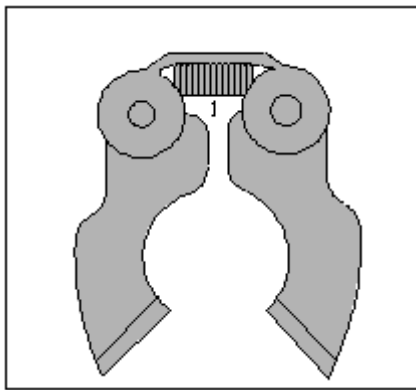
4.- Tubo corto. Conducto por donde llega el producto a la botella

5.- **Griper**. Elemento sucesor de botellas

6.- Sensor fotoeléctrico infrarrojo de barrera reflectiva. Sensor de final de recorrido de la corona

7.- Sensor capacitivo de proximidad del griper. Elemento detector de presencia de botella.

La figura de abajo muestra el solenoide de activación del **griper**



*Figura 22 Griper de sujeción de botella*

1. Solenoide de activación

### **3.6.1 Principales características del modelo volumetric VODM\_PET**

Actualmente, el llenado de bebidas con y sin gas está marcado por la exigencia del máximo rendimiento de llenado y una perfecta disponibilidad, la realización de un elevado grado de higiene, una posible ampliación modular posterior, y un mantenimiento sencillo. Este modelo cumple con todas estas características.

Cabe mencionar que ésta máquina tiene la capacidad de llenar hasta 1000 botellas por minuto dependiendo de la presentación de la botella.

### 3.7 Selección del PLC



*Figura 23 PLC SLC 500/05*

Para la selección del PLC es necesario tener el número de entradas y salidas analógicas y digitales, así como el tipo de comunicación que manejan. En la siguiente tabla se muestra los elementos, sus etiquetas y su correspondiente dirección, que posteriormente se utilizara para la programación en el software **RS logix 500**.

*Tabla 4 Tabla de entradas al PLC*

Descripción	TAG	Dirección
Botón de arranque	BAM	I:1.0/0
Sensor de nivel	SDN	I:1.0/1

Paro manual	BPM	I:1.0/2
Paro de emergencia	BPE	I:1.0/3
Sensor de seguridad infrarrojo	SSI	I:1.0/5
Sensor de seguridad de gabinete	SSG	I:1.0/6
Sensor de inspección de nivel	SIN	I:1.0/7
Sensor de presencia de botella	SPB	I:1.0/8
Medidor de caudal 1	MCI_1	I:1.0/9
Medidor de caudal 2	MCI_2	I:1.0/10
Medidor de caudal 3	MCI_3	I:1.0/11
Medidor de caudal 4	MCI_4	I:1.0/12
Medidor de caudal 5	MCI_5	I:1.0/13
Medidor de caudal 6	MCI_6	I:1.0/14
Medidor de caudal 7	MCI_7	I:1.0/15
Medidor de caudal 8	MCI_8	I:1.0/16
Medidor de caudal 9	MCI_9	I:1.0/17
Medidor de caudal 10	MCI_10	I:1.0/18
Medidor de caudal 11	MCI_11	I:1.0/19
Medidor de caudal 12	MCI_12	I:1.0/20
Medidor de caudal 13	MCI_13	I:1.0/21
Medidor de caudal 14	MCI_14	I:1.0/22

Medidor de caudal 15	MCI_15	I:1.0/23
Medidor de caudal 16	MCI_16	I:1.0/24
Medidor de caudal 17	MCI_17	I:1.0/25
Medidor de caudal 18	MCI_18	I:1.0/26
Medidor de caudal 19	MCI_19	I:1.0/27
Medidor de caudal 20	MCI_20	I:1.0/28
Medidor de caudal 21	MCI_21	I:1.0/29
Medidor de caudal 22	MCI_22	I:1.0/30
Medidor de caudal 23	MCI_23	I:1.0/31
Medidor de caudal 24	MCI_24	I:2.0/0
Medidor de caudal 25	MCI_25	I:2.0/1
Medidor de caudal 26	MCI_26	I:2.0/2
Medidor de caudal 27	MCI_27	I:2.0/3
Medidor de caudal 28	MCI_28	I:2.0/4
Medidor de caudal 29	MCI_29	I:2.0/5
Medidor de caudal 30	MCI_30	I:2.0/6
Medidor de caudal 31	MCI_31	I:2.0/7
Medidor de caudal 32	MCI_32	I:2.0/8
Medidor de caudal 33	MCI_33	I:2.0/9
Medidor de caudal 34	MCI_34	I:2.0/10

Medidor de caudal 35	MCI_35	I:2.0/11
Medidor de caudal 36	MCI_36	I:2.0/12
Medidor de caudal 37	MCI_37	I:2.0/13
Medidor de caudal 38	MCI_38	I:2.0/14
Medidor de caudal 39	MCI_39	I:2.0/15
Medidor de caudal 40	MCI_40	I:2.0/16
Sensor de presencia de griper 1	BPG_1	I:2.0/17
Sensor de presencia de griper 2	BPG_2	I:2.0/18
Sensor de presencia de griper 3	BPG_3	I:2.0/19
Sensor de presencia de griper 4	BPG_4	I:2.0/20
Sensor de presencia de griper 5	BPG_5	I:2.0/21
Sensor de presencia de griper 6	BPG_6	I:2.0/22
Sensor de presencia de griper 7	BPG_7	I:2.0/23
Sensor de presencia de griper 8	BPG_8	I:2.0/24
Sensor de presencia de griper 9	BPG_9	I:2.0/25
Sensor de presencia de griper 10	BPG_10	I:2.0/26
Sensor de presencia de griper 11	BPG_11	I:2.0/27
Sensor de presencia de griper 12	BPG_12	I:2.0/28
Sensor de presencia de griper 13	BPG_13	I:2.0/29
Sensor de presencia de griper 14	BPG_14	I:2.0/30

Sensor de presencia de griper 15	BPG_15	I:2.0/31
Sensor de presencia de griper 16	BPG_16	I:3.0/0
Sensor de presencia de griper 17	BPG_17	I:3.0/1
Sensor de presencia de griper 18	BPG_18	I:3.0/2
Sensor de presencia de griper 19	BPG_19	I:3.0/3
Sensor de presencia de griper 20	BPG_20	I:3.0/4
Sensor de presencia de griper 21	BPG_21	I:3.0/5
Sensor de presencia de griper 22	BPG_22	I:3.0/6
Sensor de presencia de griper 23	BPG_23	I:3.0/7
Sensor de presencia de griper 24	BPG_24	I:3.0/8
Sensor de presencia de griper 25	BPG_25	I:3.0/9
Sensor de presencia de griper 26	BPG_26	I:3.0/10
Sensor de presencia de griper 27	BPG_27	I:3.0/11
Sensor de presencia de griper 28	BPG_28	I:3.0/12
Sensor de presencia de griper 29	BPG_29	I:3.0/13
Sensor de presencia de griper 30	BPG_30	I:3.0/14
Sensor de presencia de griper 31	BPG_31	I:3.0/15
Sensor de presencia de griper 32	BPG_32	I:3.0/16
Sensor de presencia de griper 33	BPG_33	I:3.0/17
Sensor de presencia de griper 34	BPG_34	I:3.0/18

Sensor de presencia de griper 35	BPG_35	I:3.0/19
Sensor de presencia de griper 36	BPG_36	I:3.0/20
Sensor de presencia de griper 37	BPG_37	I:3.0/21
Sensor de presencia de griper 38	BPG_38	I:3.0/22
Sensor de presencia de griper 39	BPG_39	I:3.0/23
Sensor de presencia de griper 40	BPG_40	I:3.0/24
Sensor de liberación de botella 1	SLB_1	I:3.0/26
Sensor de liberación de botella 2	SLB_2	I:3.0/27
Sensor de liberación de botella 3	SLB_3	I:3.0/28
Sensor de liberación de botella 4	SLB_4	I:3.0/29
Sensor de liberación de botella 5	SLB_5	I:3.0/30
Sensor de liberación de botella 6	SLB_6	I:3.0/31
Sensor de liberación de botella 7	SLB_7	I:4.0/0
Sensor de liberación de botella 8	SLB_8	I:4.0/1
Sensor de liberación de botella 9	SLB_9	I:4.0/2
Sensor de liberación de botella 10	SLB_10	I:4.0/3
Sensor de liberación de botella 11	SLB_11	I:4.0/4
Sensor de liberación de botella 12	SLB_12	I:4.0/5
Sensor de liberación de botella 13	SLB_13	I:4.0/6
Sensor de liberación de botella 14	SLB_14	I:4.0/7



Sensor de liberación de botella 15	SLB_15	I:4.0/8
Sensor de liberación de botella 16	SLB_16	I:4.0/9
Sensor de liberación de botella 17	SLB_17	I:4.0/10
Sensor de liberación de botella 18	SLB_18	I:4.0/11
Sensor de liberación de botella 19	SLB_19	I:4.0/12
Sensor de liberación de botella 20	SLB_20	I:4.0/13
Sensor de liberación de botella 21	SLB_21	I:4.0/14
Sensor de liberación de botella 22	SLB_22	I:4.0/15
Sensor de liberación de botella 23	SLB_23	I:4.0/16
Sensor de liberación de botella 24	SLB_24	I:4.0/17
Sensor de liberación de botella 25	SLB_25	I:4.0/18
Sensor de liberación de botella 26	SLB_26	I:4.0/19
Sensor de liberación de botella 27	SLB_27	I:4.0/20
Sensor de liberación de botella 28	SLB_28	I:4.0/21
Sensor de liberación de botella 29	SLB_29	I:4.0/22
Sensor de liberación de botella 30	SLB_30	I:4.0/23
Sensor de liberación de botella 31	SLB_31	I:4.0/24
Sensor de liberación de botella 32	SLB_32	I:4.0/25
Sensor de liberación de botella 33	SLB_33	I:4.0/26
Sensor de liberación de botella 34	SLB_34	I:4.0/27

Sensor de liberación de botella 35	SLB_35	I:4.0/28
Sensor de liberación de botella 36	SLB_36	I:4.0/29
Sensor de liberación de botella 37	SLB_37	I:4.0/30
Sensor de liberación de botella 38	SLB_38	I:4.0/31
Sensor de liberación de botella 39	SLB_39	I:1.0/4
Sensor de liberación de botella 40	SLB_40	I:2.0/17

*Tabla 5 Salidas del PLC*

<b>Descripción</b>	<b>TAG</b>	<b>Dirección</b>
Motor de corona llenadora	MCLL	O:12.0/0
Alarma de paro de emergencia y seguridad	ASG	O:5.0/0
Indicador de arranque	IAV	O:5.0/1
Indicador de paro	IPR	O:5.0/2
Cilindro de rechazo de botella	CRB	O:5.0/3
Válvula dosificadora 1	VD_1	O:5.0/4
Válvula dosificadora 2	VD_2	O:5.0/5
Válvula dosificadora 3	VD_3	O:5.0/6
Válvula dosificadora 4	VD_4	O:5.0/7
Válvula dosificadora 5	VD_5	O:5.0/8
Válvula dosificadora 6	VD_6	O:5.0/9

Válvula dosificadora 7	VD_7	O:5.0/10
Válvula dosificadora 8	VD_8	O:5.0/11
Válvula dosificadora 9	VD_9	O:5.0/12
Válvula dosificadora 10	VD_10	O:5.0/13
Válvula dosificadora 11	VD_11	O:5.0/14
Válvula dosificadora 12	VD_12	O:5.0/15
Válvula dosificadora 13	VD_13	O:6.0/0
Válvula dosificadora 14	VD_14	O:6.0/1
Válvula dosificadora 15	VD_15	O:6.0/2
Válvula dosificadora 16	VD_16	O:6.0/3
Válvula dosificadora 17	VD_17	O:6.0/4
Válvula dosificadora 18	VD_18	O:6.0/5
Válvula dosificadora 19	VD_19	O:6.0/6
Válvula dosificadora 20	VD_20	O:6.0/7
Válvula dosificadora 21	VD_21	O:6.0/8
Válvula dosificadora 22	VD_22	O:6.0/9
Válvula dosificadora 23	VD_23	O:6.0/10
Válvula dosificadora 24	VD_24	O:6.0/11
Válvula dosificadora 25	VD_25	O:6.0/12
Válvula dosificadora 26	VD_26	O:6.0/13

Válvula dosificadora 27	VD_27	O:6.0/14
Válvula dosificadora 28	VD_28	O:6.0/15
Válvula dosificadora 29	VD_29	O:7.0/0
Válvula dosificadora 30	VD_30	O:7.0/1
Válvula dosificadora 31	VD_31	O:7.0/2
Válvula dosificadora 32	VD_32	O:7.0/3
Válvula dosificadora 33	VD_33	O:7.0/4
Válvula dosificadora 34	VD_34	O:7.0/5
Válvula dosificadora 35	VD_35	O:7.0/6
Válvula dosificadora 36	VD_36	O:7.0/7
Válvula dosificadora 37	VD_37	O:7.0/8
Válvula dosificadora 38	VD_38	O:7.0/9
Válvula dosificadora 39	VD_39	O:7.0/10
Válvula dosificadora 40	VD_40	O:7.0/11
Griper 1	GRP_1	O:7.0/12
Griper 2	GRP_2	O:7.0/13
Griper 3	GRP_3	O:7.0/14
Griper 4	GRP_4	O:7.0/15
Griper 5	GRP_5	O:8.0/0
Griper 6	GRP_6	O:8.0/1

Griper 7	GRP_7	O:8.0/2
Griper 8	GRP_8	O:8.0/3
Griper 9	GRP_9	O:8.0/4
Griper 10	GRP_10	O:8.0/5
Griper 11	GRP_11	O:8.0/6
Griper 12	GRP_12	O:8.0/7
Griper 13	GRP_13	O:8.0/8
Griper 14	GRP_14	O:8.0/9
Griper 15	GRP_15	O:8.0/10
Griper 16	GRP_16	O:8.0/11
Griper 17	GRP_17	O:8.0/12
Griper 18	GRP_18	O:8.0/13
Griper 19	GRP_19	O:8.0/14
Griper 20	GRP_20	O:8.0/15
Griper 21	GRP_21	O:9.0/0
Griper 22	GRP_22	O:9.0/1
Griper 23	GRP_23	O:9.0/2
Griper 24	GRP_24	O:9.0/3
Griper 25	GRP_25	O:9.0/4
Griper 26	GRP_26	O:9.0/5

Griper 27	GRP_27	O:9.0/6
Griper 28	GRP_28	O:9.0/7
Griper 29	GRP_29	O:9.0/8
Griper 30	GRP_30	O:9.0/9
Griper 31	GRP_31	O:9.0/10
Griper 32	GRP_32	O:9.0/11
Griper 33	GRP_33	O:9.0/12
Griper 34	GRP_34	O:9.0/13
Griper 35	GRP_35	O:9.0/14
Griper 36	GRP_36	O:9.0/15
Griper 37	GRP_37	O:10.0/0
Griper 38	GRP_38	O:10.0/1
Griper 39	GRP_39	O:10.0/2
Griper 40	GRP_40	O:10.0/3

Todas las señales de entrada y salida que se tienen son digitales, con excepción la del motor de corona llenadora que es analógica.

Una vez que se conoce el número de entradas y salidas utilizadas en el proceso, se lleva a cabo la selección del PLC, como se muestra en la siguiente tabla.

*Tabla 6 Selección del PLC*

Dispositivo	Puntos necesarios	Numero de catalogo	Puntos de E/S <sup>4</sup>
Entradas digitales de 24 VCD	128	1746-IB32	32
Salidas digitales de 24 VCD	84	1746-OB16E	16
Salidas analógicas de 4 a 20 mA	1	1746-NO4I	4
Fuente de alimentación eléctrica	ND <sup>5</sup>	1746-P1	ND
Procesador SLC 500	ND	1747-L553(P)	ND
Chasis SLC 500	ND	1746-A4	4
		1746-A13	13

Cabe mencionar en la selección del PLC, también se toma en cuenta el tipo de chasis debido a que el PLC es modular y se puede ampliar, por lo tanto a cada chasis que se

<sup>4</sup> E/S: entradas y salidas.

<sup>5</sup> ND: no definido.

le anexe al PLC, también se tiene que agregarle un fuente de alimentación eléctrica para el funcionamiento su funcionamiento.

### 3. 8 Software de programación

El software de programación permite desarrollar el programa que se desea cargar en el PLC para efectuar un control y/o una adquisición de datos.

Para el PLC Allen- Bradley de la familia PLC-5 se empleó el Software **RS Logix 500** para Windows NT 4.0 para programación en lenguaje de escalera. Este software opera en el entorno Microsoft Windows 95 y Windows NT.

El software RSLogix 500 incluye las siguientes características:

- Cuenta con un editor en escalera que permite concentrarse en la lógica de aplicación.
- Cuenta con un poderoso verificador de proyectos que se usa para construir una lista de errores, que permite navegar para hacer las correcciones que considera el usuario (programador).
- Dispone de edición tomar y arrastrar, el cual permite mover rápidamente elementos desde un archivo de datos a otro, mover ramas desde una subrutina o proyecto a otro, o instrucciones de rama a rama en un proyecto.
- Se puede buscar y reubicar rápidamente cambios ocurridos de una dirección o símbolo particular.



---

### 3.4 Robot paletizador modelo IRB660

La estructura que tiene el IRB660 es angular o articulada, la cual le permite al robot tener un mejor acceso a espacios cerrados, además de que son más fáciles de construir. Esta configuración es muy empleada en robots manipuladores industriales, especialmente en tareas de manipulación que tenga una cierta complejidad.

Este robot minimizan la intrusión de la estructura del manipulador en el espacio de trabajo, haciéndolo capaz de llegar a espacios confinados. Requiere de una estructura total mucho menor que los robots cartesianos, lo que lo hace menos costoso.

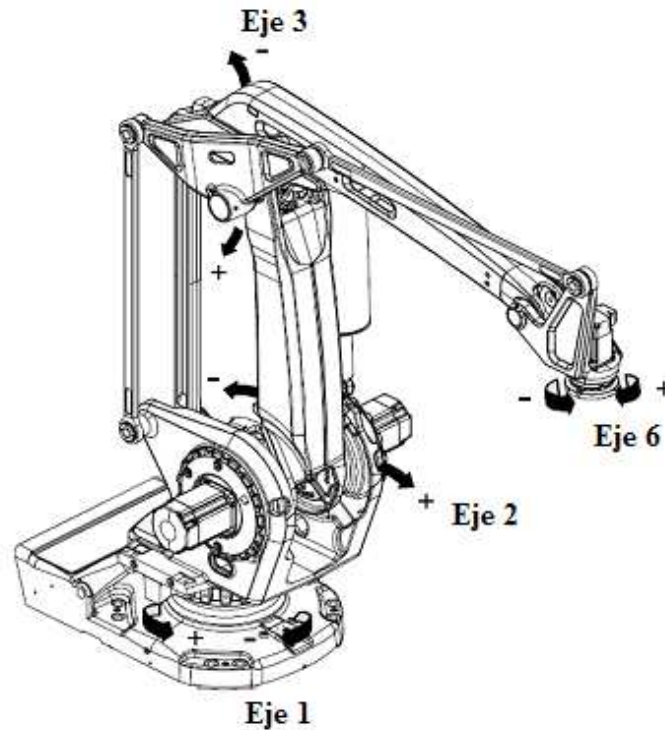
El IRB660 es un robot paletizador con posibilidad de atender hasta cuatro líneas de producción al mismo tiempo. En la figura 24 se muestra el modelo físico de éste robot.



*Figura 24 Robot IRB660*

## Ejes del manipulador

Los ejes son los siguientes:



*Figura 25 Ejes del Robot*

Éste modelo no cuenta con eje 4 y 5 ya que para esta aplicación no son necesarias debido a que el paquete siempre debe ir horizontal al nivel de piso terminado. Por éste motivo se utiliza un mecanismo de cuatro barras.

## Peso del manipulador

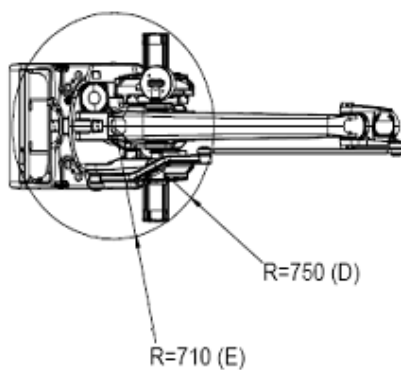
Dependiendo de la carga máxima que pueda soportar el robot, éste permite la repetitividad de 15 a 20 ciclos por minuto con un peso de 180 Kg.; pero también es importante resaltar que cada una de las repeticiones varía dependiendo de la distancia

y el peso de la carga. Este modelo se clasifica en dos versiones, como muestra la tabla 7.

*Tabla 7 Peso del robot*

<b>Tipo de robot</b>	<b>Capacidad de carga (kg)</b>	<b>Alcance (m)</b>	<b>Peso del robot (kg)</b>
IRB660	180 kg	3.15 m	1750 kg
IRB660	250 kg	3.15 m	1750 kg

**Dimensiones del IRB660**



*Figura 26 Vista superior del manipulador (dimensiones en mm.) Permitido 200 mm detrás de la base para cable.*

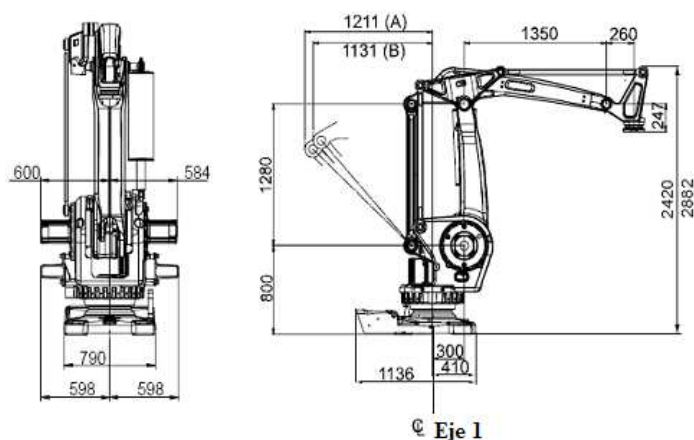


Figura 27 Vista frontal y lateral del manipulador (dimensiones en mm.) Permitido 200 mm detrás de la base para cable.

Tabla 8 Posiciones del robot de acuerdo a la figura 26 y 27

Posición	Descripción
A	Paro mecánico
B	Rango máximo de trabajo (eje 2)
C	Rango máximo de trabajo (eje 3)
D	Radio de la horquilla de la elevación de paquete
E	Radio para los tres ejes del motor

### Movimientos del robot

En tabla 9 se muestran los límites de cada uno de los movimientos independientes que puede realizar el robot. Para poder determinar la ubicación del robot, este modelo utiliza un resolver.

Tabla 9 Movimientos del robot de acuerdo a los grados de libertad

Eje	Tipo de movimiento	Rango de movimiento	Opción
1	Movimiento rotatorio	+180° a -180°	+220° a -220°
2	Movimiento del brazo	+85° a -42°	
3	Movimiento del brazo	+120° a -20°	
6	Movimiento giratorio	+300° a -300° valor predeterminado +150 Rev. <sup>a</sup> a -150 Rev. Max. <sup>b</sup>	

- a. Rev. = revoluciones
- b. El rango de trabajo predeterminado para el eje 6 puede ser extendido cambiando el valor del parámetro en el software.

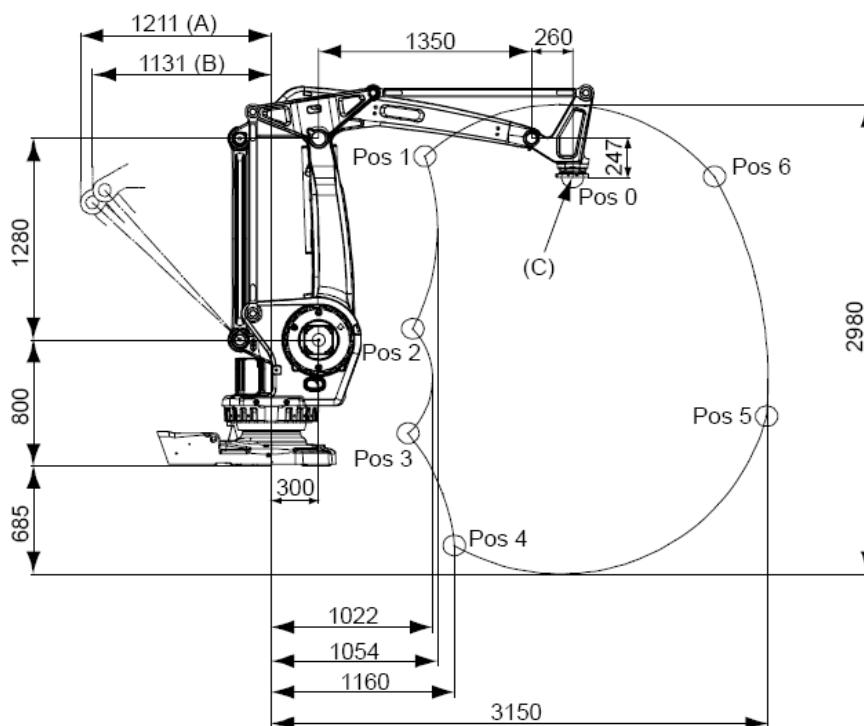


Figura 28 Límites del brazo robótico especificadas en el rango del centro de la pestaña de la herramienta (dimensiones en mm).

De acuerdo a la figura anterior, se tienen las posiciones de paro y del centro de la muñeca, mostradas en la tablas 10 y 11.

*Tabla 10 Posiciones de paro del robot*

<b>Posición</b>	<b>Descripción</b>
<b>A</b>	Paro mecánico
<b>B</b>	Paro de trabajo máximo
<b>C</b>	Centro de la pestaña de la herramienta

*Tabla 11 Posiciones del centro de la muñeca*

<b>Posición</b>	<b>Posición X (mm)</b>	<b>Posición Z (mm)</b>	<b>Angulo del eje 2 (grados)</b>	<b>Angulo del eje 3 (grados)</b>
<b>0</b>	1910	1833	0	0
<b>1</b>	972	1966	-42	-20
<b>2</b>	895	870	-42	28
<b>3</b>	866	207	50	120
<b>4</b>	1160	-505	85	120
<b>5</b>	3139	315	85	15
<b>6</b>	2809	1837	50	-20

**Velocidades**

*Tabla 12 Velocidades máximas de los ejes*

<b>Eje número</b>	<b>IRB660 – 180 kg / 3.15</b>	<b>IRB660 – 250 / 3.15</b>
<b>1</b>	130°/s	95°/s
<b>2</b>	130°/s	95°/s
<b>3</b>	130°/s	95°/s
<b>6</b>	300°/s	240°/s

*Tabla 13 Conexiones habituales*

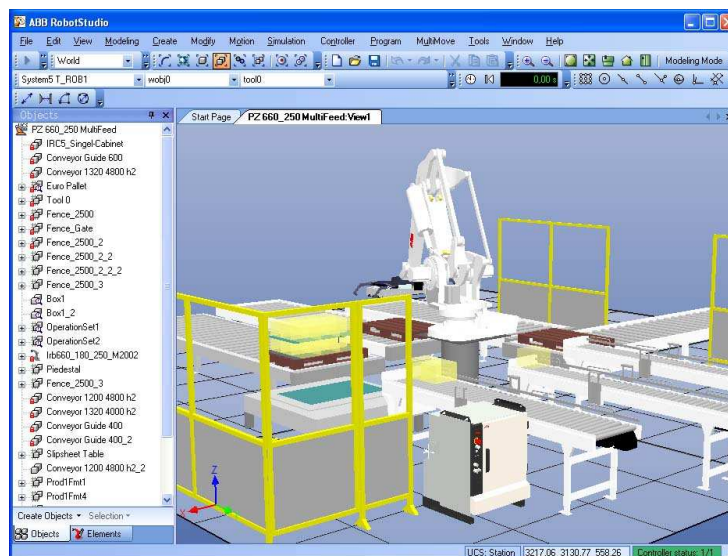
<b>Tipo</b>	<b>Aplicación</b>	<b>Especificaciones</b>	<b>Tipo de conexión</b>	<b>Número de conector hart</b>	<b>Comentario</b>
<b>Fuente de alimentación</b>	Energía consumible	6x0.5mm <sup>2</sup> (5A / 250 V AC)	3 módulos hart, 10B, EE	Hembra, EE, 8 pin 9 140 083 101	
<b>Señales (CS)</b>	Comunicación paralela	8x2 AWG24 (50 V / 1 A)	3 módulos hart, 10B, HD+EE	Hembra, HD, 25 pin 9 140 253 101	Pares trenzados
<b>Señales (CS)</b>		5x24 AWG24 (50 V / 1A)	3 módulos hart, 10B, HD	Hembra, HD, 25 pin 9 140 253 101	Pantalla separado

<b>Bus de comunicación (BUS)</b>	Profibus	2xAWG26 Z=150 ohm (1 MHz)	3 módulos hart, 10B, DD	Hembra DD, 12 pin 9 140 123 101	
	Interbus	4xAWG26 Z=100 ohm (1 MHz)			
	CANBus	2xAWG26 Z=120 ohm (1 MHz)			
	Fuente de BUS y BUS utilitario	2xAWG24			
<b>Aire (AIR)</b>	Aire utilizado	2x12.7 (1/2 ") $P_{nominal} = 16 \text{ Bar}$	Parker push- lock, 1/2" M22x1.5, placa de acero de 24 grados		

### Programación del robot

La programación del robot IRB660 se realiza en una plataforma virtual, con el software RobotStudio, de ambiente amigable, el cual contiene los elementos y comandos necesarios para la **simulación** y visualización del proceso de **paletizado**.





*Figura 29 Programación en RobotStudio*

Una vez que se han dado las dimensiones del área de trabajo y se ha ubicado el robot en el espacio, se puede simular una secuencia de operación, hasta encontrar la ruta más apropiada para llegar a los puntos deseados. Cuando ésta secuencia es la final, es transformada a lenguaje Rapid<sup>6</sup> y cargada al controlador IRC5 del robot.

Adicional a este software, se incluye el **FlexPendant** para la opción de programar en línea, y de forma manual grabar la secuencia de puntos.

---

<sup>6</sup> El lenguaje Rapid es propiedad de ABB robotic basado en C++.



*Figura 30 IRC5 y FlexPendant*

El robot IRB 660 puede acomodar un promedio de 60 paquetes<sup>7</sup> de botellas por minuto. Esto es considerando el peso promedio de 19 Kg. por paquete y de dimensiones de 420 mm de largo x 280 mm de ancho x 300 mm de altura.

Los trabajadores pueden acomodar en promedio 20 paquetes por minuto<sup>8</sup> con las características antes mencionadas. Comparando los datos anteriores se obtiene que la velocidad del robot es 3 veces más rápida que el ser humano.

---

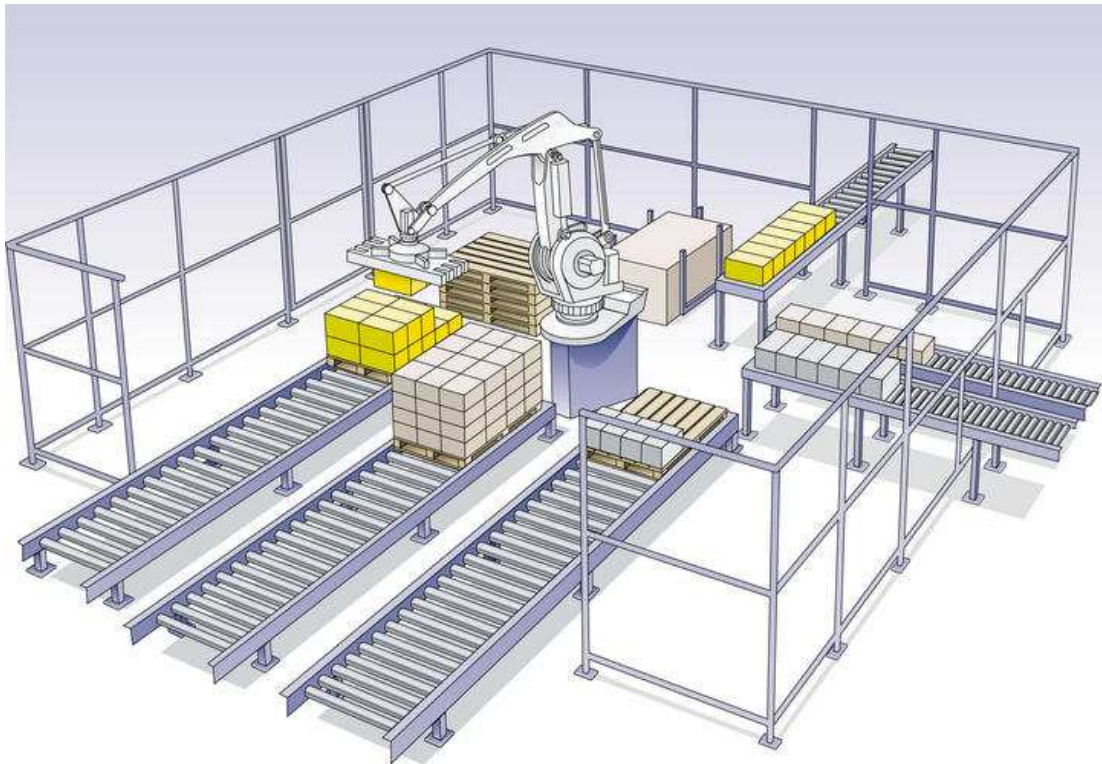
<sup>7</sup> Dato adquirido directamente del proveedor de la empresa ABB

<sup>8</sup> Información recopilada de la visita a la empresa Pascual Boing.

---

---

## Capítulo 4 “Desarrollo de la automatización”



---

---

## Capítulo 4 “Desarrollo de la automatización”

### 4.1 Filosofía de control

Para el arranque de la máquina se inicia con un bit de arranque de la máquina (BAM) el cual es activado por el operador mediante una pantalla **touch screen**. Cuando el bit (BAM) es accionado, este hace que arranque el motor de corona llenadora (MCLL\_1) y encienda una lámpara que indique que la máquina está en operación (IAV); cuando MCLL\_1 arranca, provoca que el carrusel de llenado comience a girar.

El ciclo de llenado solo puede iniciarse, si y solo si, se cumplen las siguientes condiciones; la presencia de botella y líquido en el depósito principal. En el depósito principal se tiene un sensor de nivel (SDN) el cual estará enviando una señal al controlador para asegurar que haya líquido.

Una vez que se cumplen las condiciones anteriores, la válvula dosificadora uno (VD\_1) abre y deja pasar el fluido hacia la botella.

Durante el giro del carrusel la botella comienza a llenarse, el control de llenado de la botella es monitoreado mediante un medidor de caudal inductivo (MCI\_1). Cuando el flujo ha pasado y cumple con el **set point** (SP) del controlador, que es de 3000 mililitros para cada botella, el bit MCI\_1, que gobierna la válvula dosificadora uno (VD\_1) manda a cerrarla. Ésta también cerrara en caso de emergencia.

Es importante mencionar que cada griper tiene un sensor de presencia, el cual detecta la existencia de la botella y manda un bit (BPG\_1) al controlador. Este bit es esencial

para la apertura de la válvula dosificadora (VD\_1), ya que aún cuando estén presentes las condiciones iniciales y llegase haber un retraso, la válvula dosificadora (VD\_1) no abrirá si el sensor del griper no detecta botella.

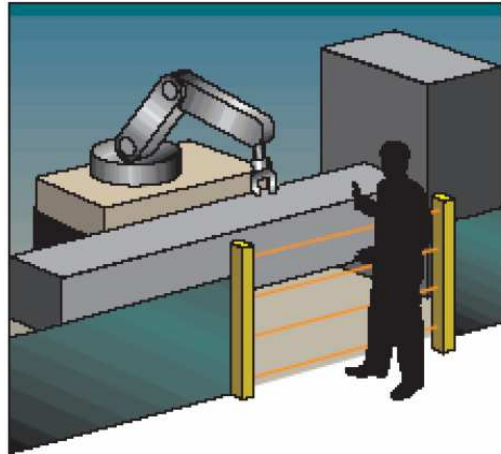
Al final del recorrido de la corona llenadora se cuenta con un elemento reflector (espejo) que es necesario para activar el sensor fotoeléctrico (SLB\_1) que mandará una señal al controlador para desactivar el **griper** y así liberar la botella que pasará a la siguiente etapa.

Antes de pasar a la etapa de **embalaje** se tienen dos sensores capacitivos: uno para inspección del nivel (SIN) y otro para presencia de botella (SPB), estos sensores servirán para el conteo de botellas por lote. Cuando exista botella en ésta etapa (el sensor SPB esté activo) y el sensor (SIN) no detecte el nivel adecuado enviará una señal para activar al cilindro de rechazo de botella. En caso de que se activen los dos sensores, mandará un bit al contador de botellas. Cuando el contador finaliza el conteo envía una señal de uno lógico al controlador lógico programado (PLC) y éste mandará a paro automático la máquina.

Cada lote se maneja durante tres días, con 3 turnos de 8 hrs, con un total de 1,296,000 botellas o 6,000 **pallets**. Para el caso de este proyecto, cada paquete es de 6 botellas cubiertas con plástico, el peso total por paquete es de 19 Kg., por lo tanto el robot alcanza aproximadamente 60 ciclos por minuto.

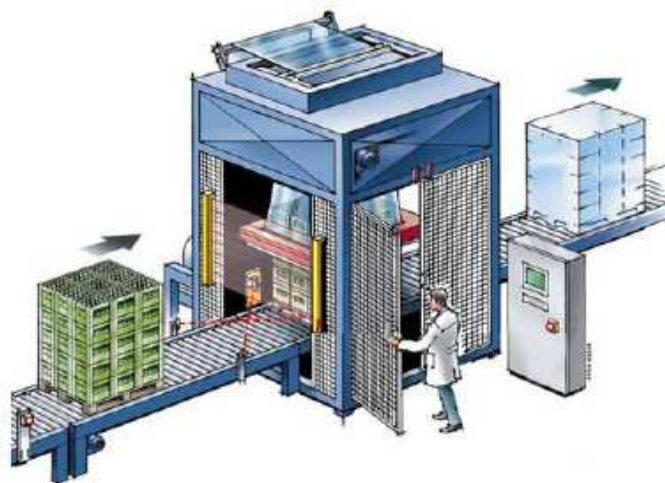
El operador en cualquier momento puede mandar a paro la máquina, esto lo hace mediante un bit de paro manual (BPM\_1) que activará mediante el **touch screen**. Se tiene una lámpara (IPR) que indica cuando la máquina está en paro, esta lámpara es color rojo.

Además este proceso cuenta con un sistema de seguridad que es activado cuando se presenta una o más de las siguientes condiciones; alrededor de la máquina se tiene un sensor infrarrojo, que cuando es interrumpido el haz de luz entre estos manda una señal al PLC.



*Figura 31 Sensores alrededor de la máquina*

Otra condición de paro es, si el operador abre el gabinete de control que normalmente se encuentra cerca de la máquina también envía una señal de paro.



*Figura 32 Gabinete de control de la máquina*

Y la última condición de paro de la máquina, es el botón físico de paro de emergencia (BPE) que se tiene en cerca de la máquina.

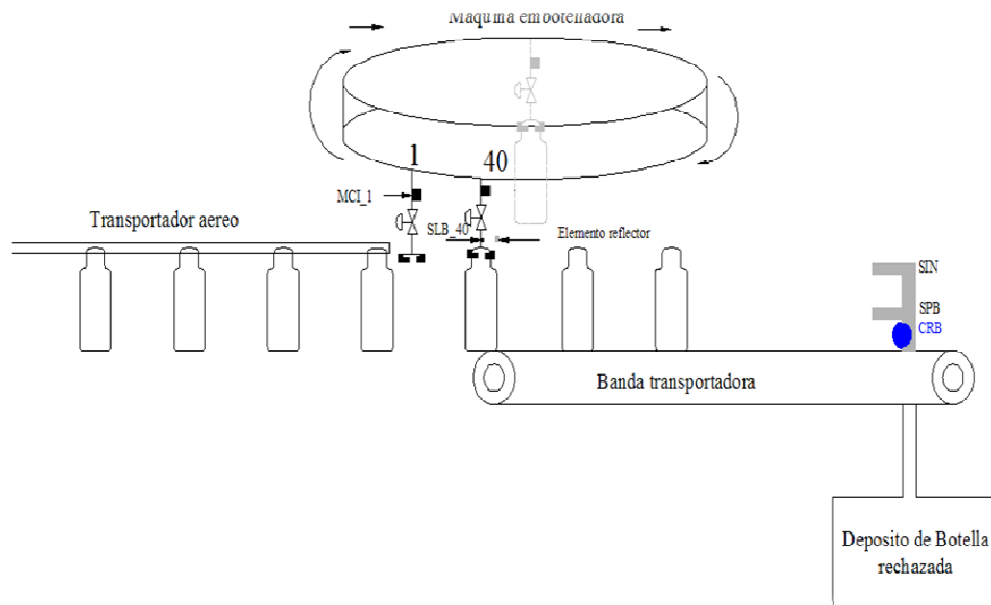


Figura 33 Proceso de llenado

## 4.2 Solución en lenguaje Grafcet

Basándonos en la descripción de la filosofía de control se plantea la secuencia lógica que nos guiará para desarrollar la programación en lenguaje de escalera en el PLC.

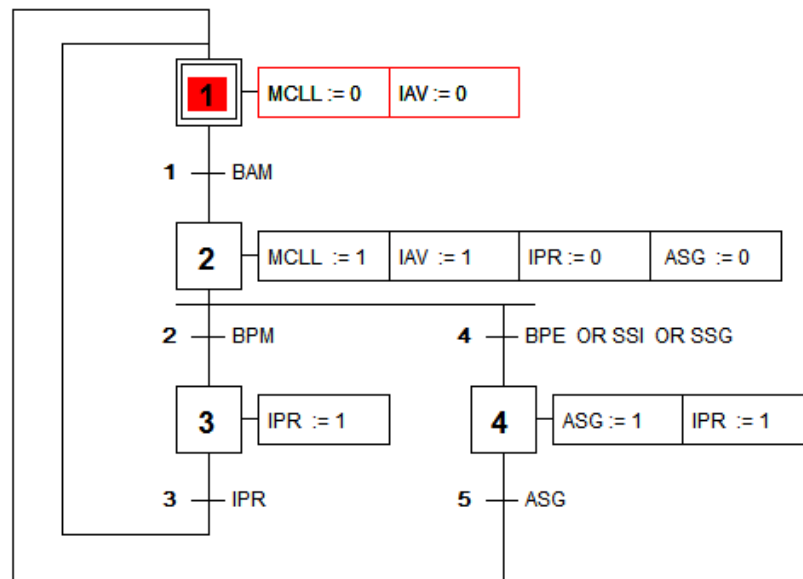


Figura 34 Arranque y paro de la corona llenadora

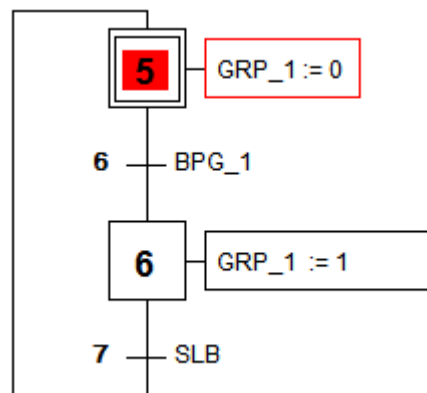


Figura 35 Accionamiento del griper sujetador de botellas



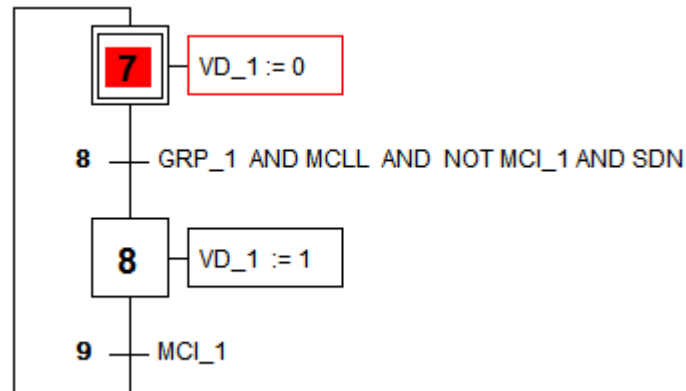


Figura 36 Apertura y cierre de la válvula llenadora

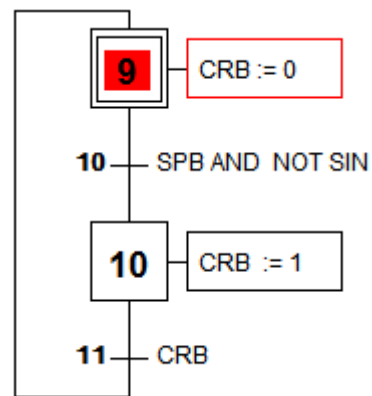



Figura 37 Accionamiento de Cilindro de rechazo de botella

Este diagrama graficet facilita el entendimiento del lenguaje lógico en el que se basa el programa del PLC

#### 4.2.1 Condiciones iniciales al arranque

- 🔧 Arranque de la máquina (BAM) activado por el operador con la pantalla **touch screen**.
- 🔧 Presencia de botella.

 Líquido en el depósito principal.

#### **4.2.2 Condiciones del sistema de seguridad**

1. Sensor infrarrojo detecta que el operador a rebasado el haz de luz, se manda una señal al PLC y se para la máquina
2. El operador abre el gabinete de control mientras está en operación, se manda una señal al PLC y se para la máquina.
3. Si el botón físico de paro de emergencia es presionado (BPE) se manda una señal al PLC y se para la máquina.

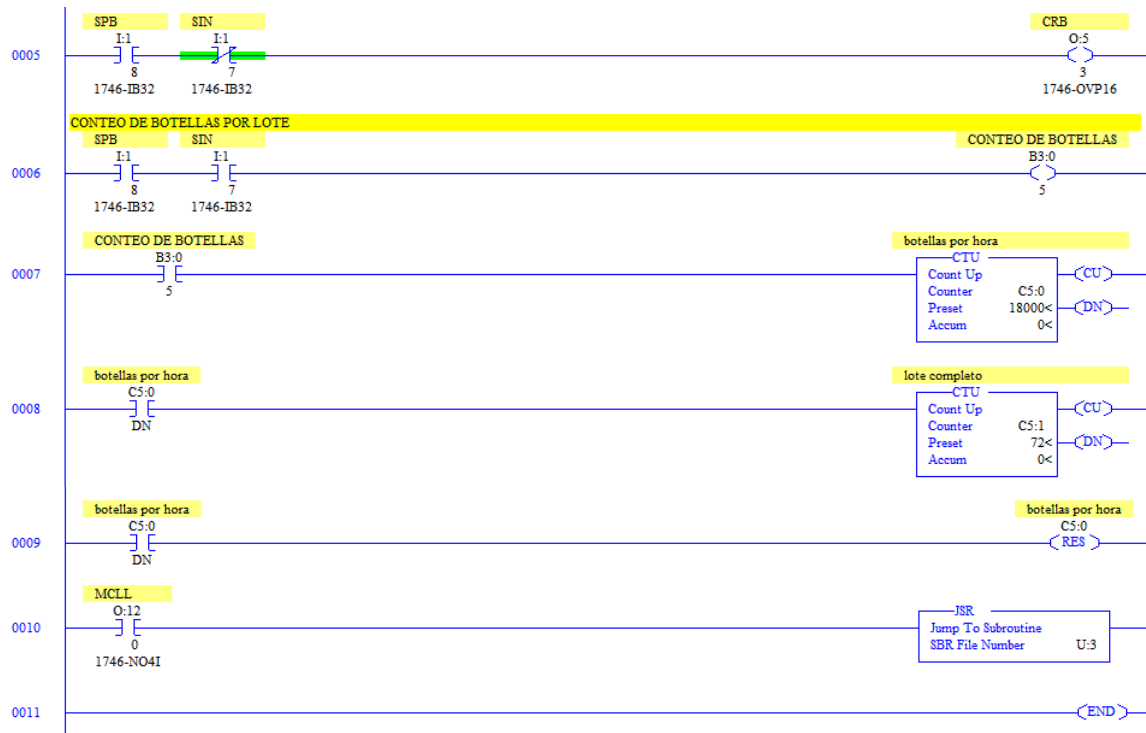
### **4.3 Programa en PLC SLC/05**

Para el programa en el PLC se tienen dos subrutinas y un programa principal para el control de la máquina llenadora.

El programa principal contiene los comandos necesarios para el arranque y el paro de la máquina. El paro en sus diferentes situaciones: manual o por lote completo, y seguridad.

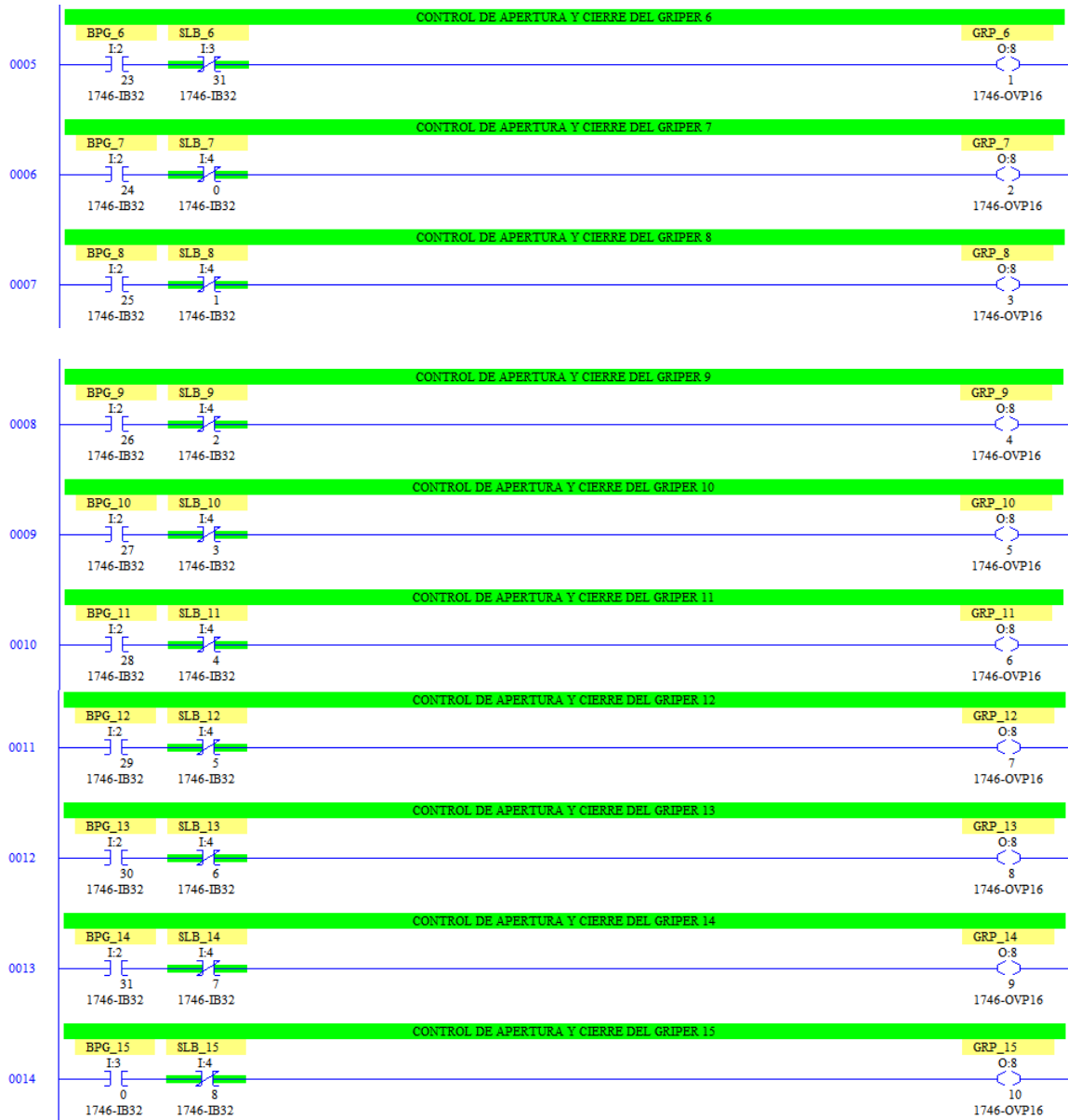
Las subrutinas son las encargadas de controlar las válvulas dosificadoras de llenado y los gripers que toman las botellas de **PET** por el cuello.

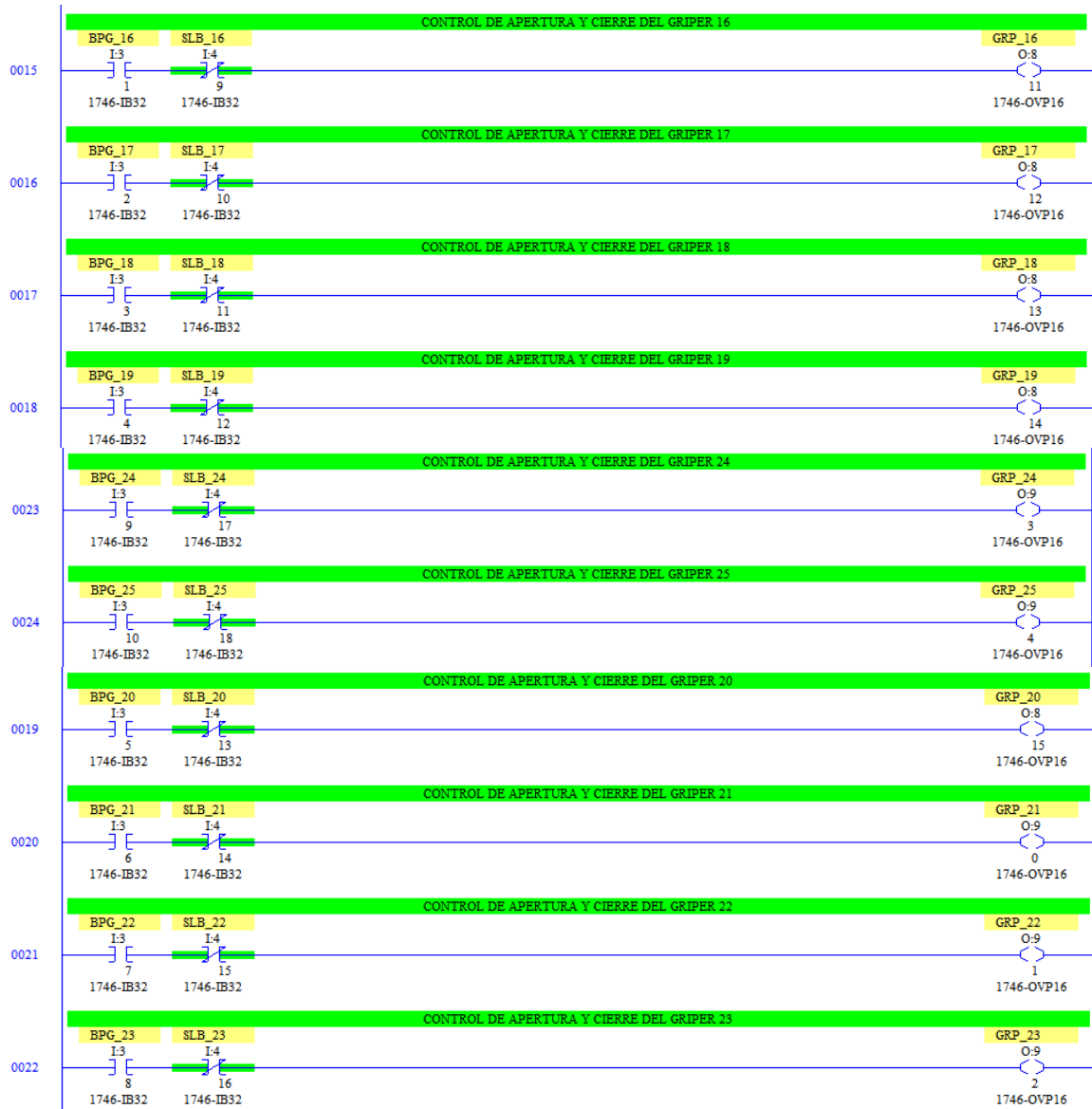


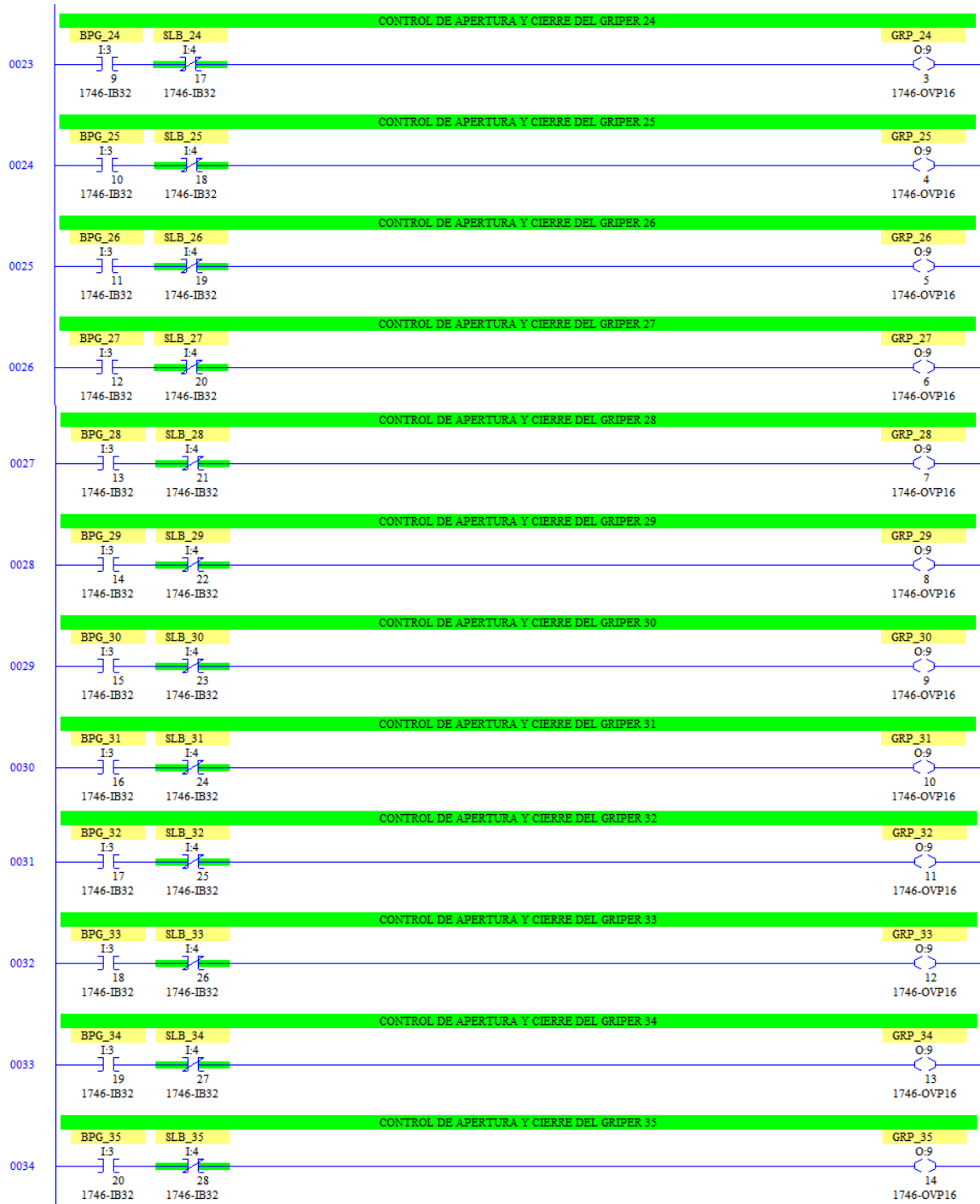


### 4.3.2 Griper subrutina





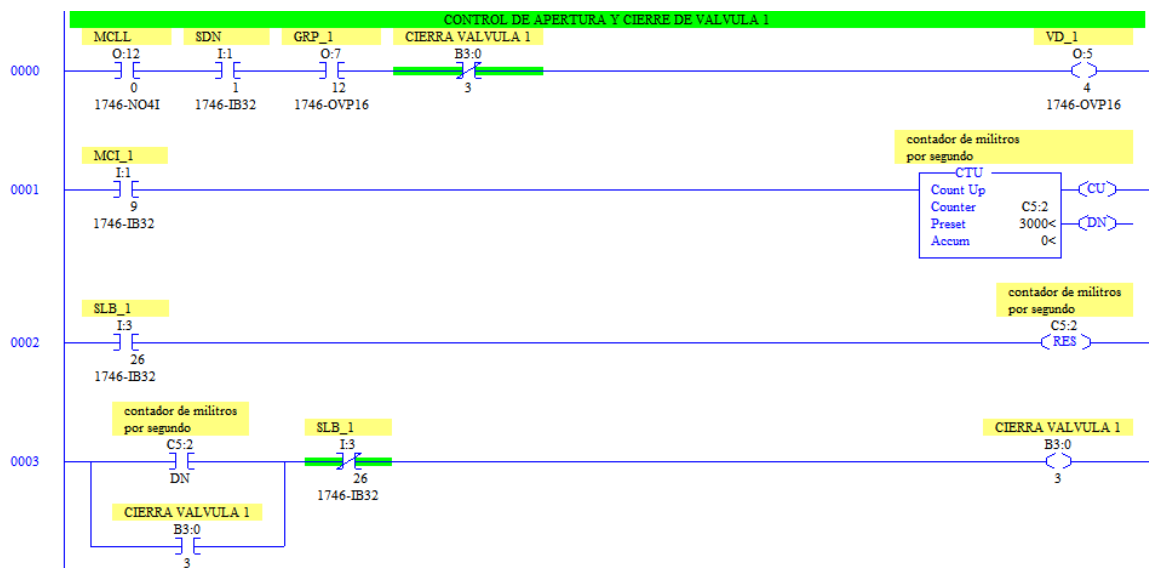




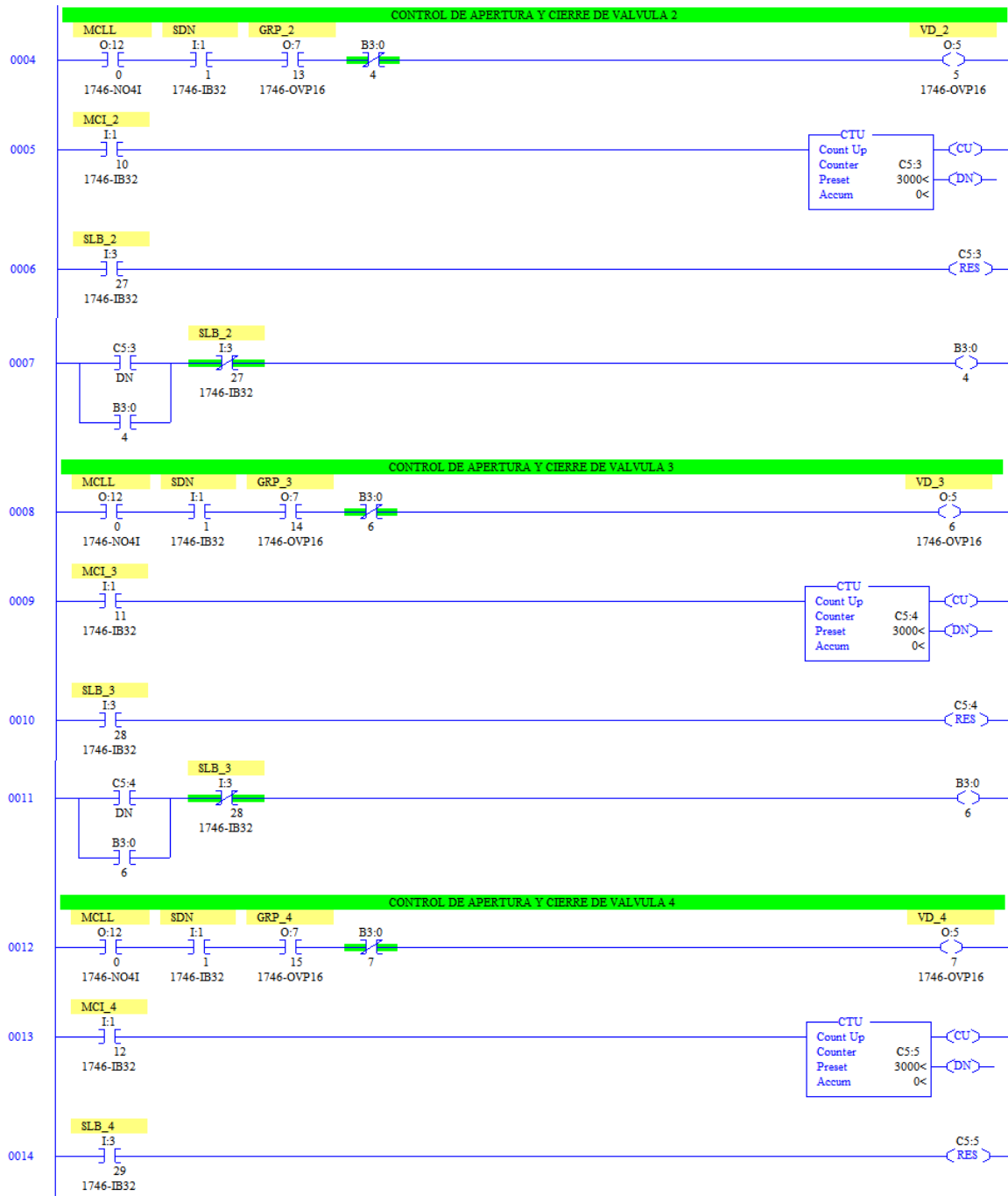


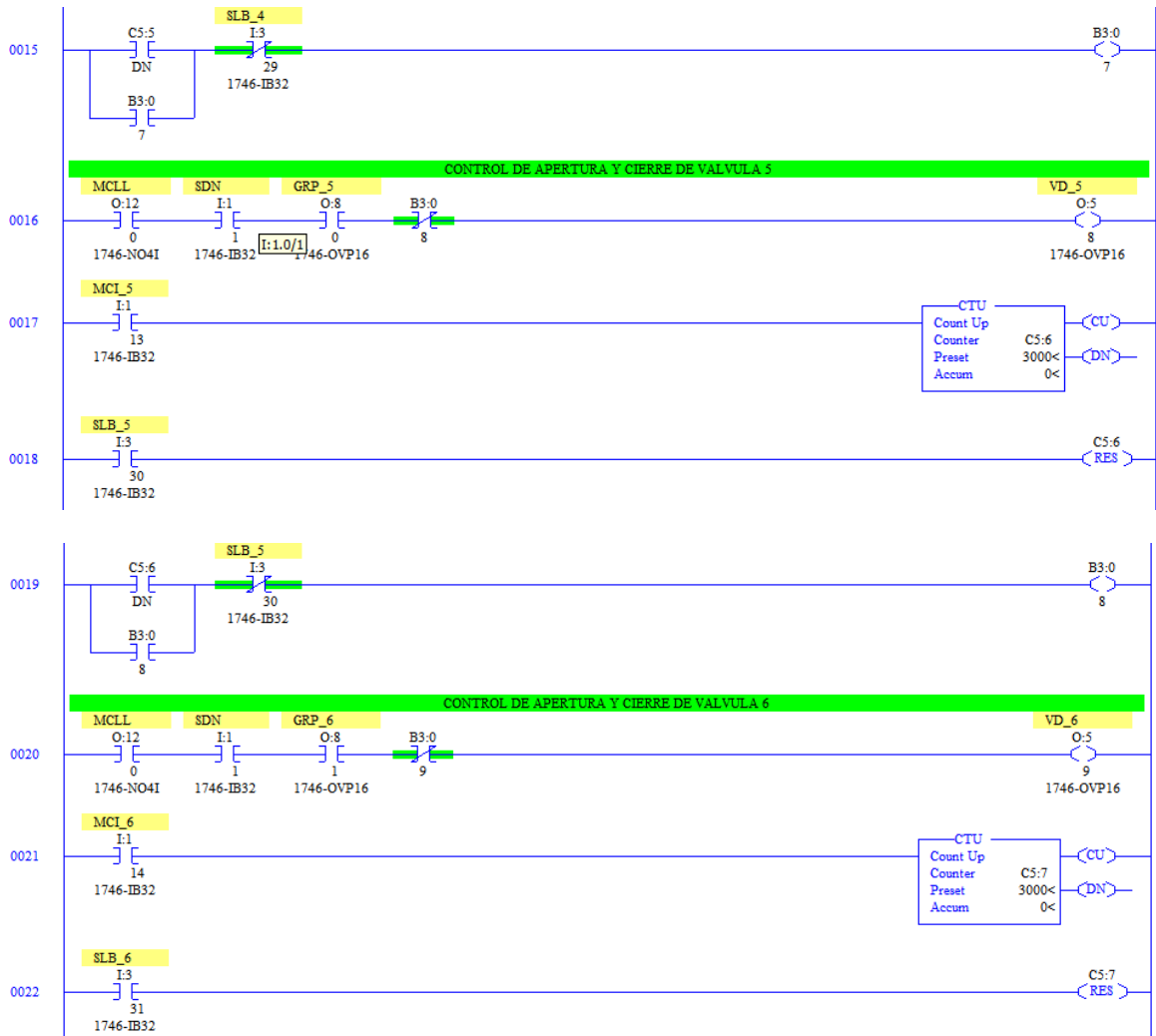
El griper se programó para no cerrar en caso de no existir botella, lo cual genera un ahorro de energía y tiempo.

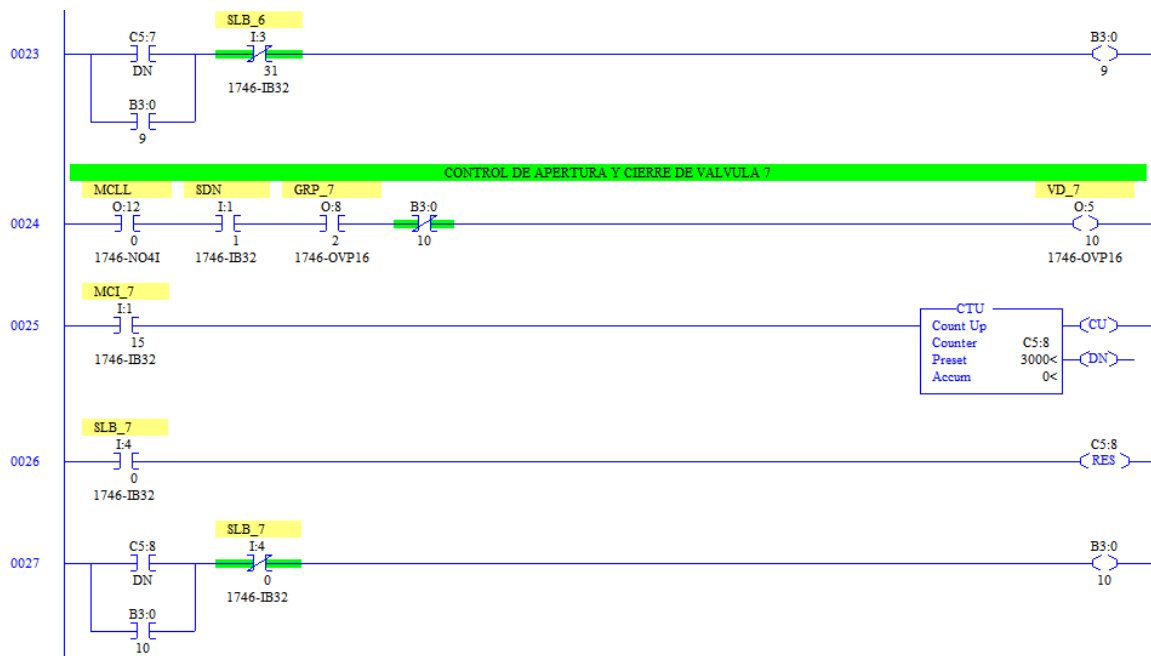
### 4.3.3 Válvulas dosificadoras

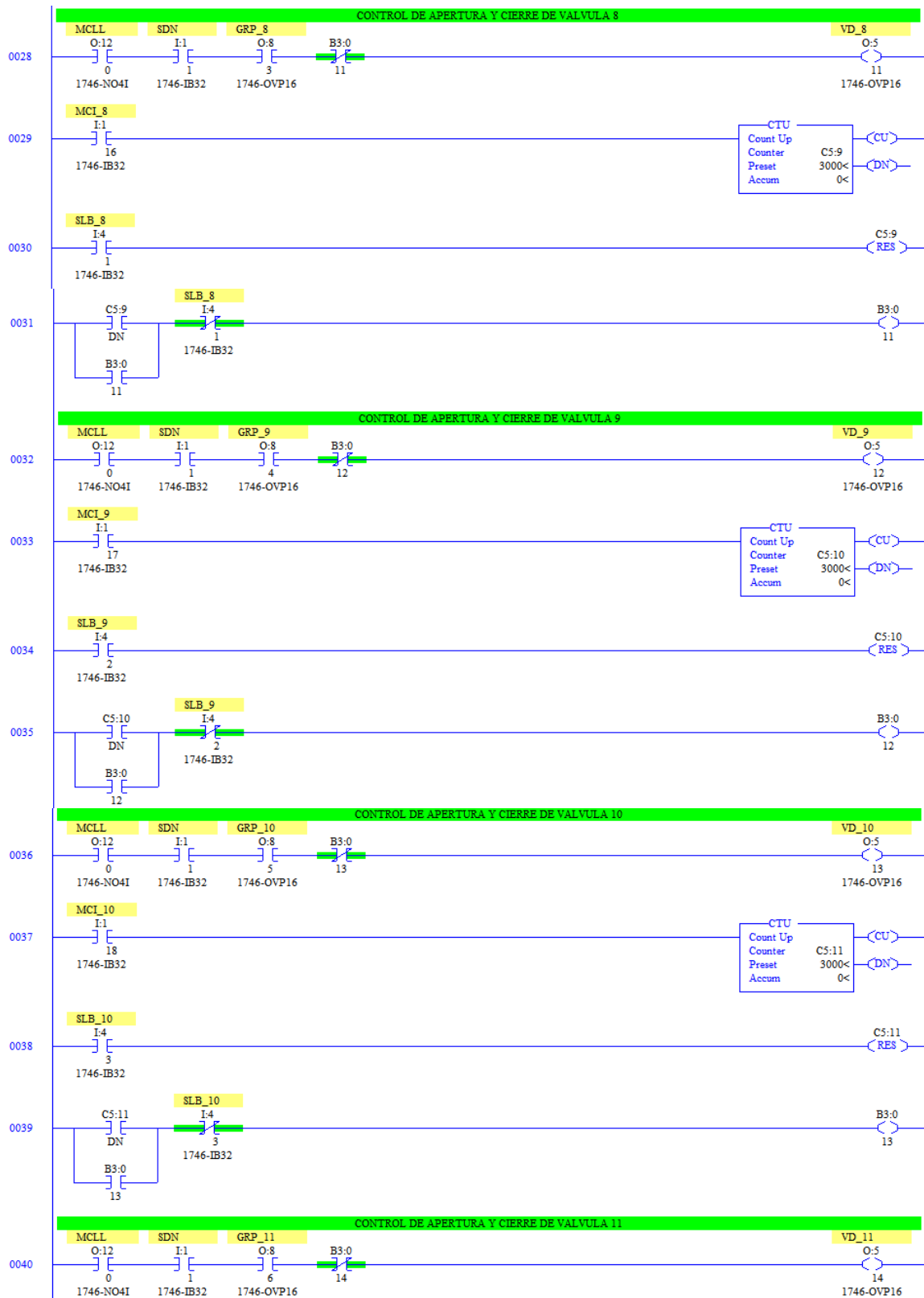


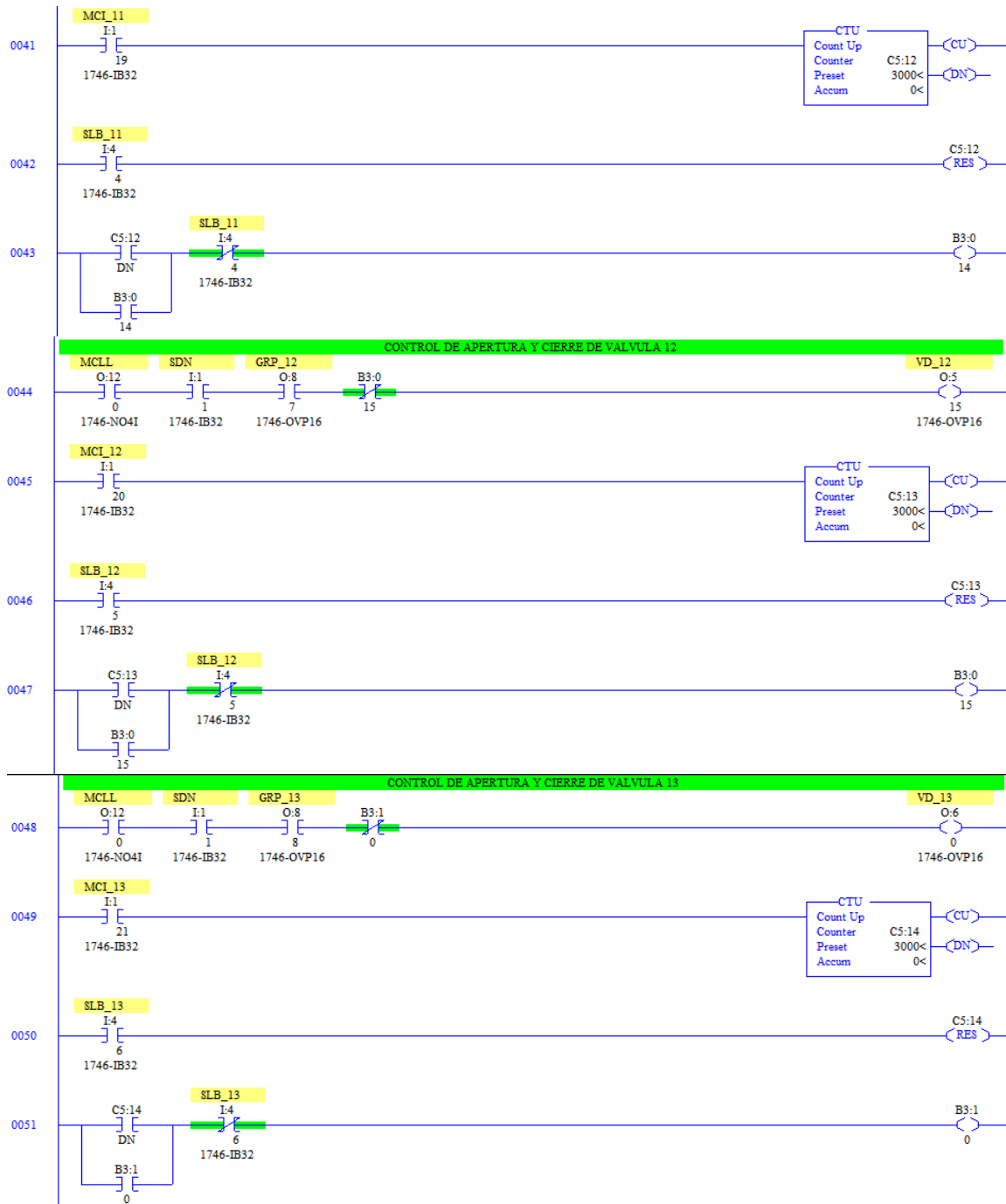


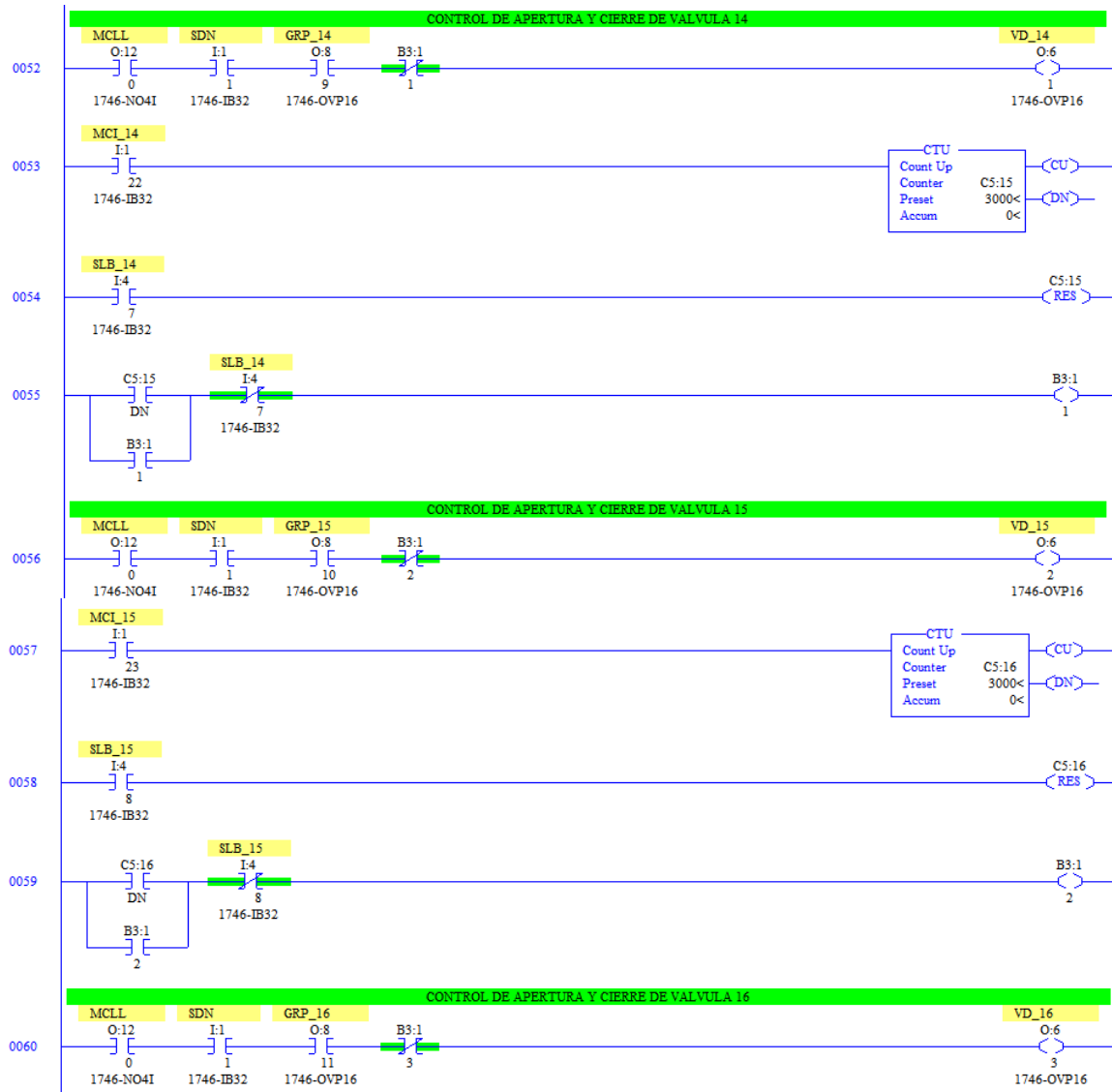


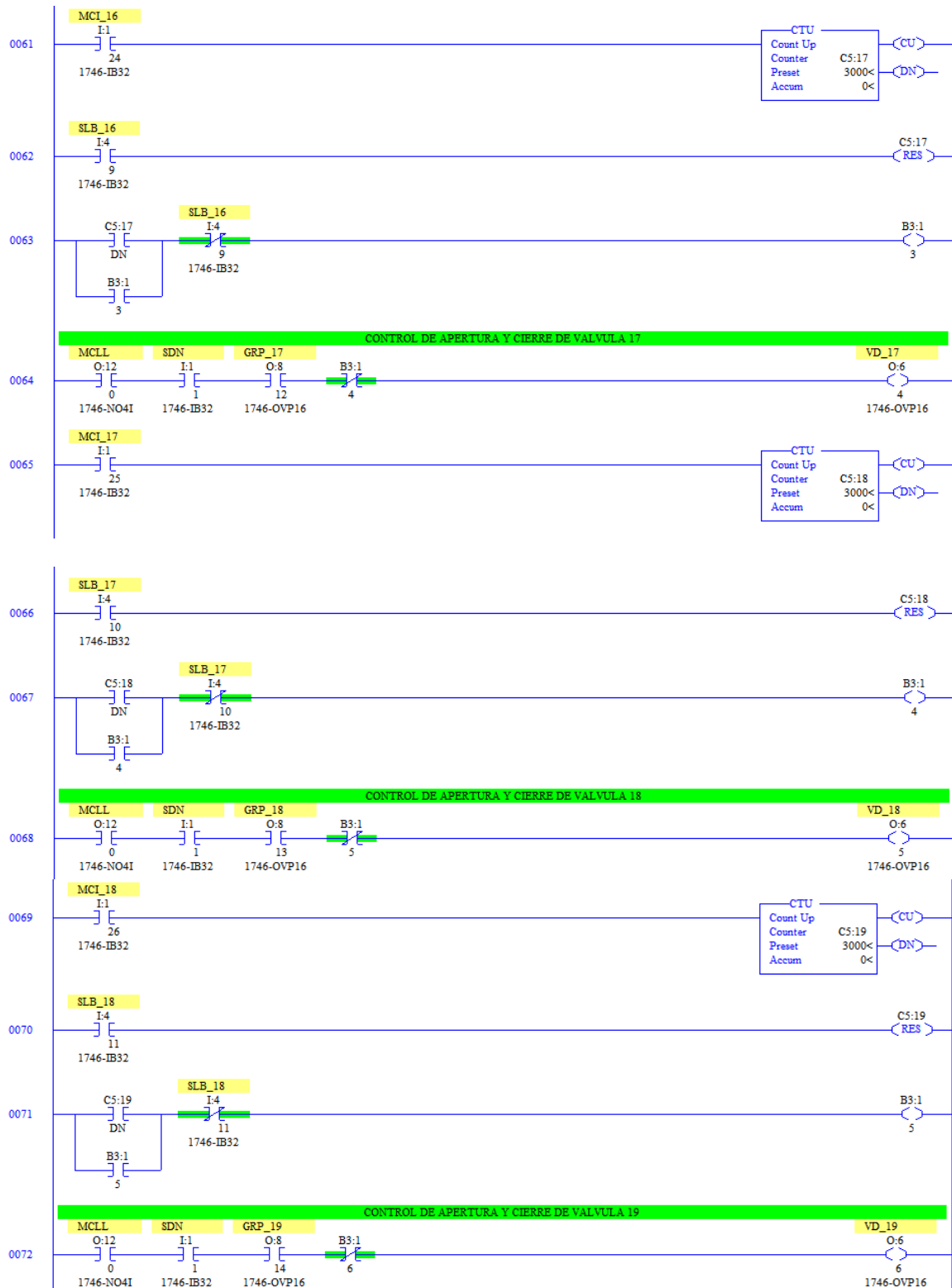


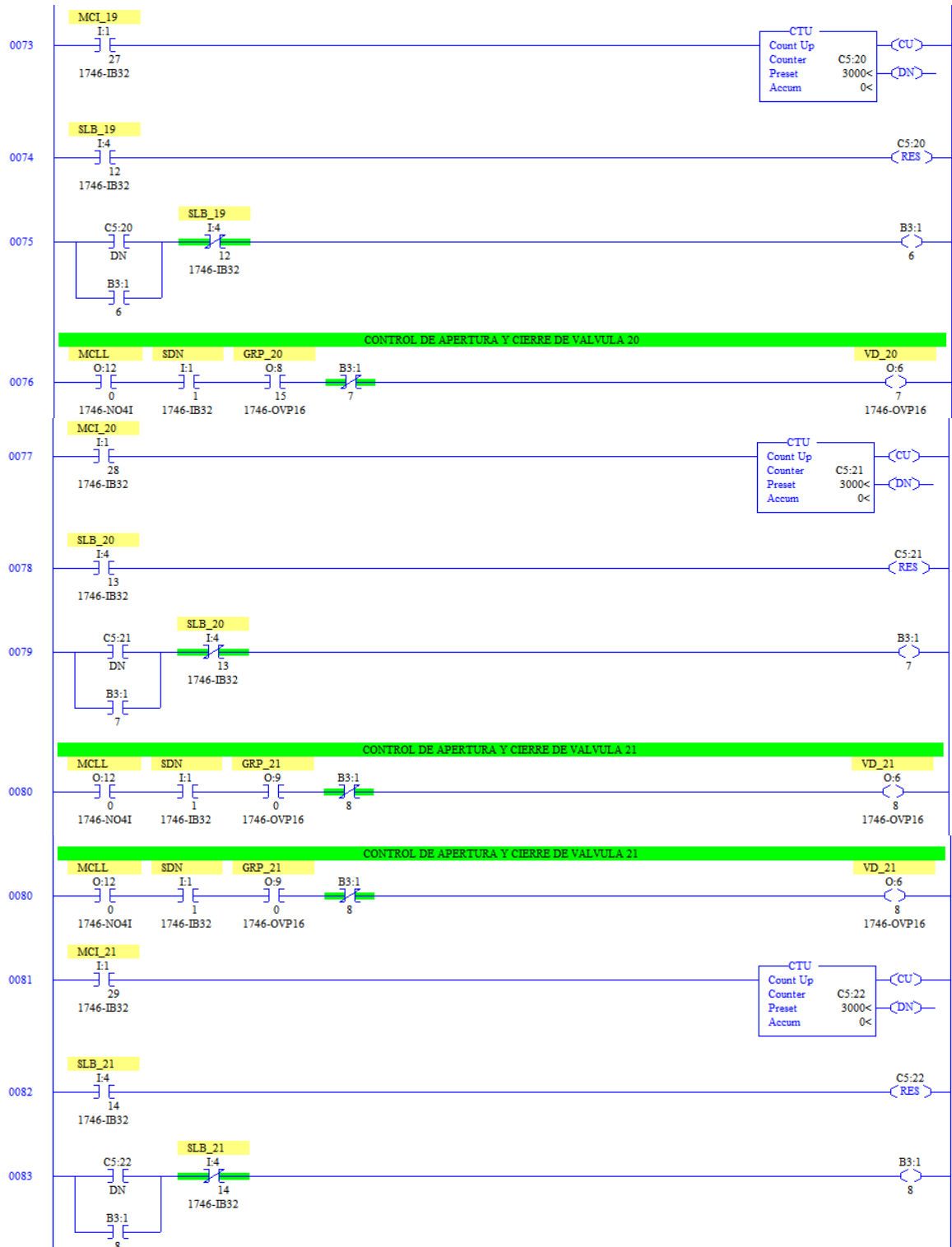




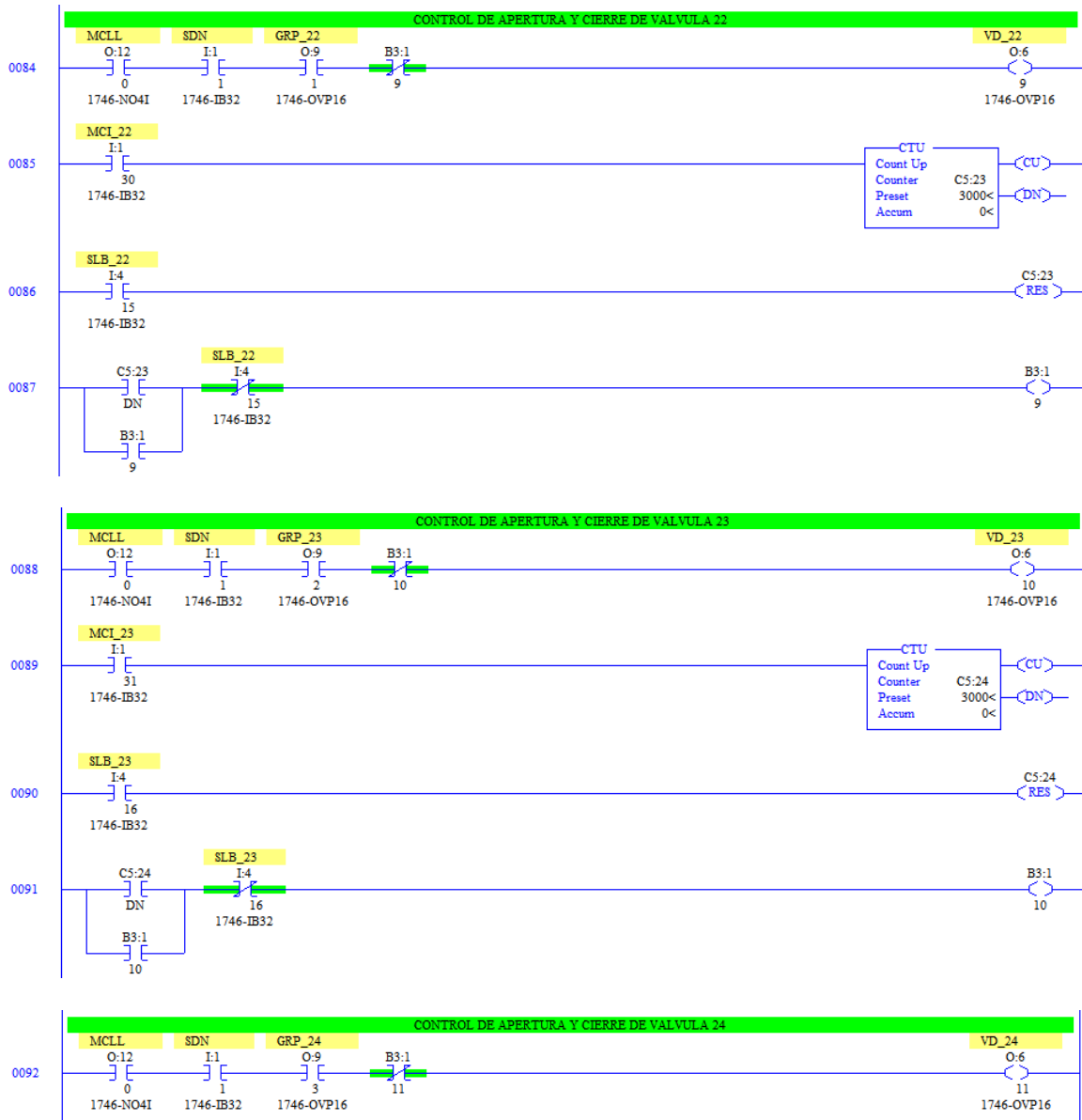


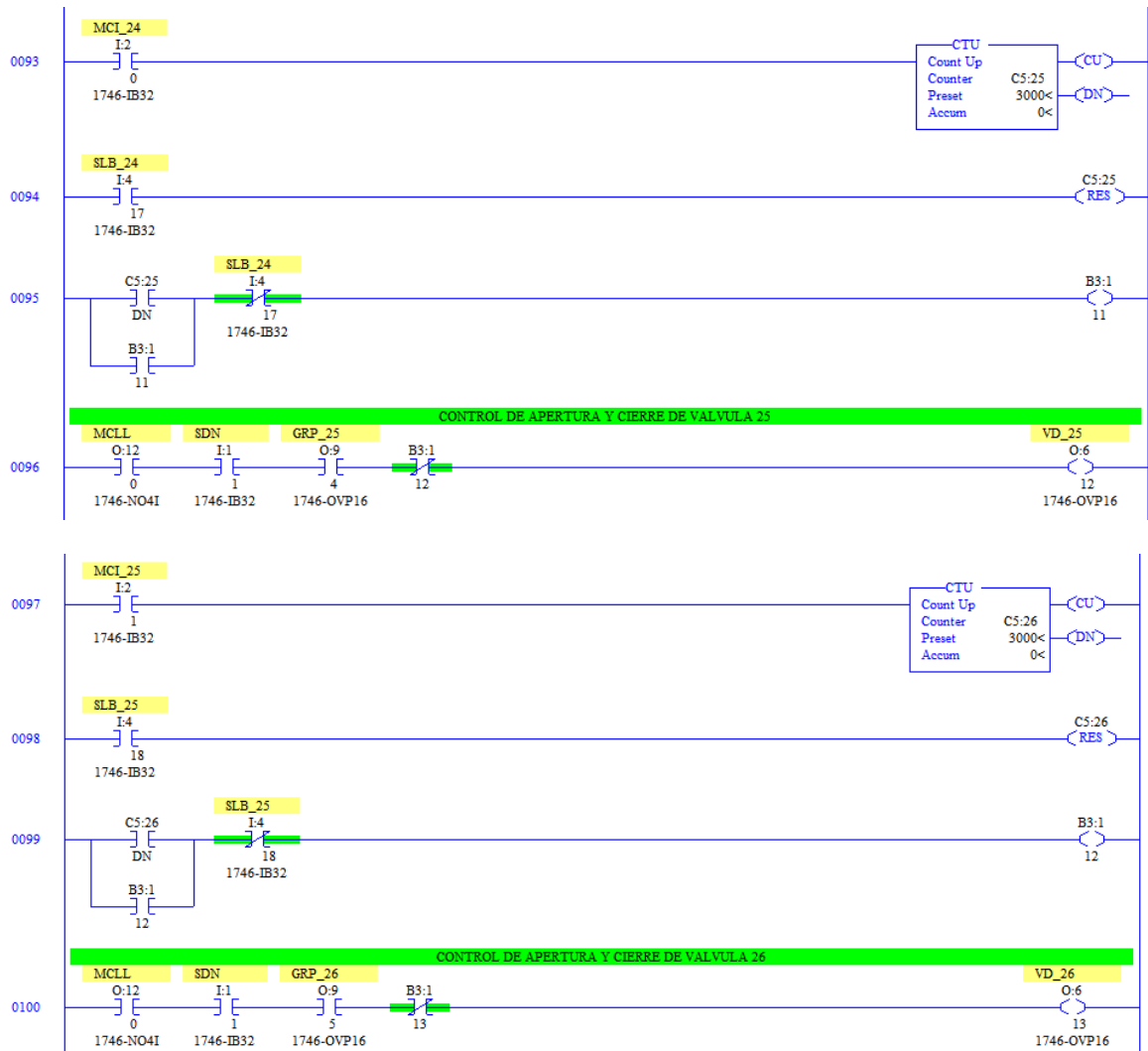


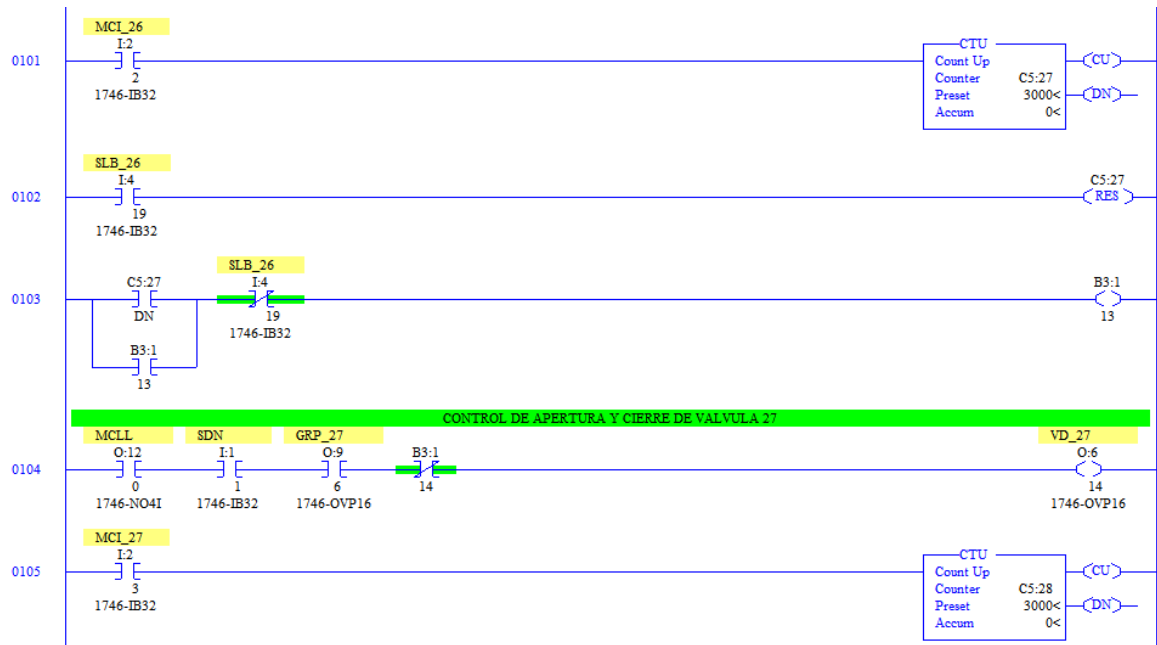


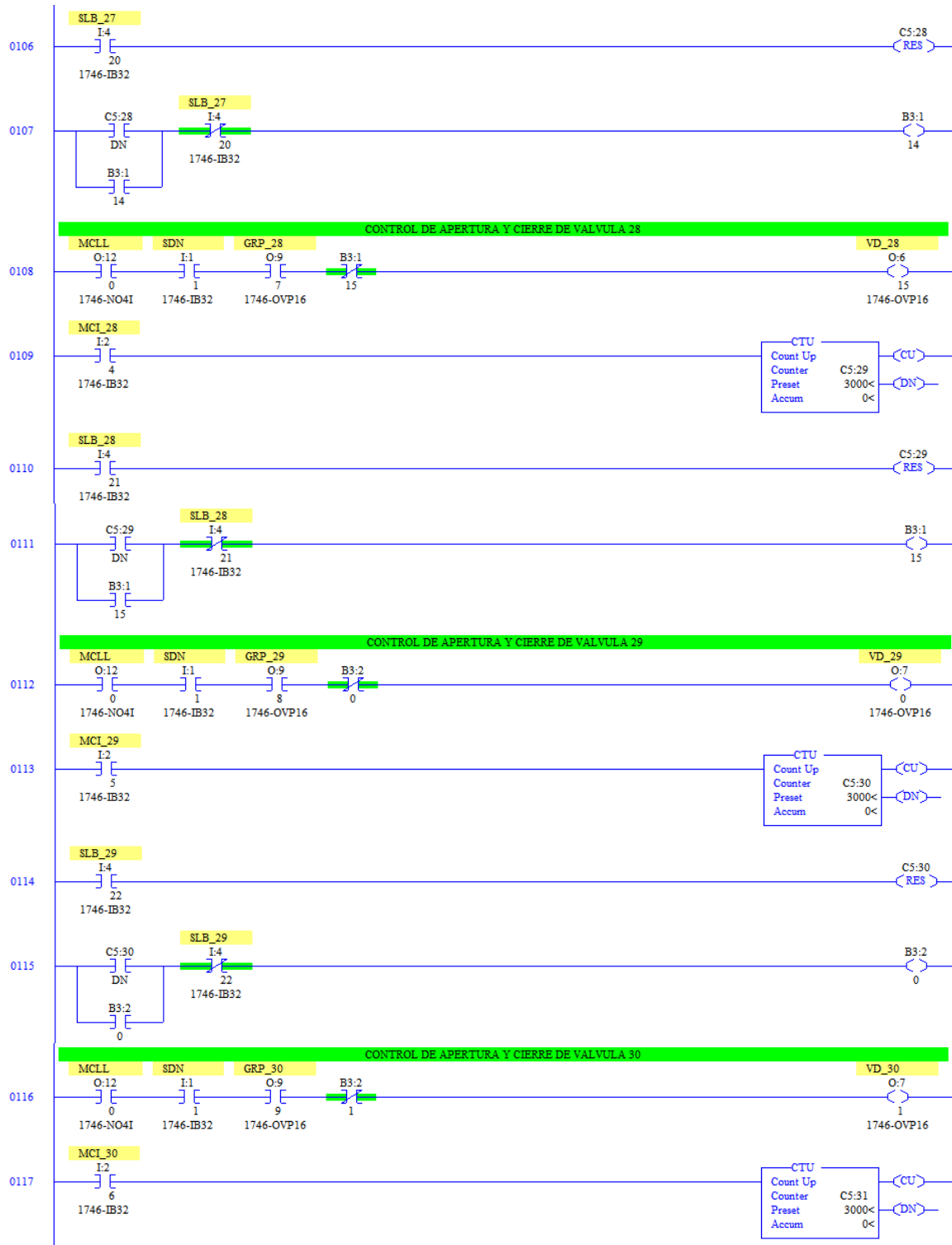


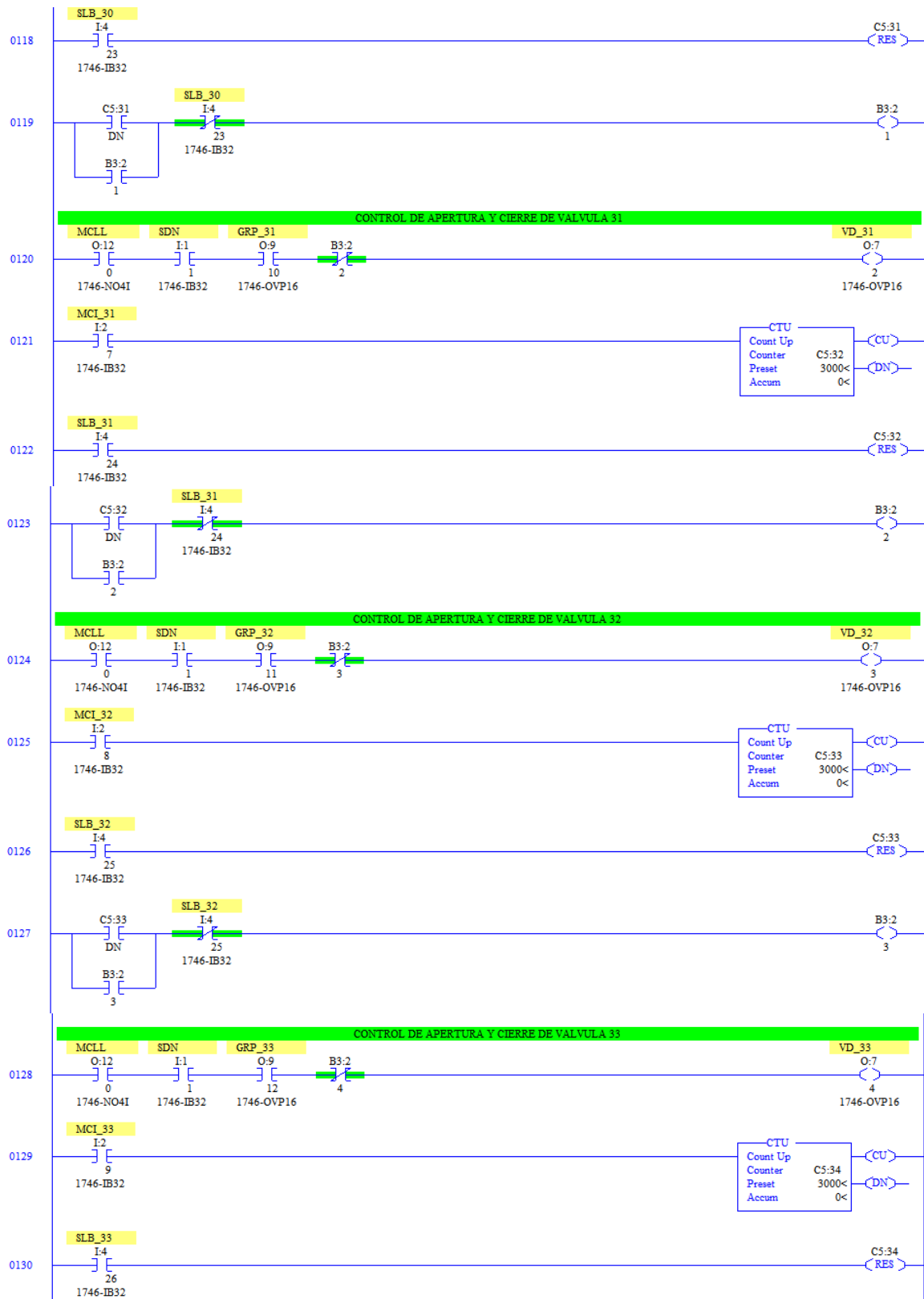


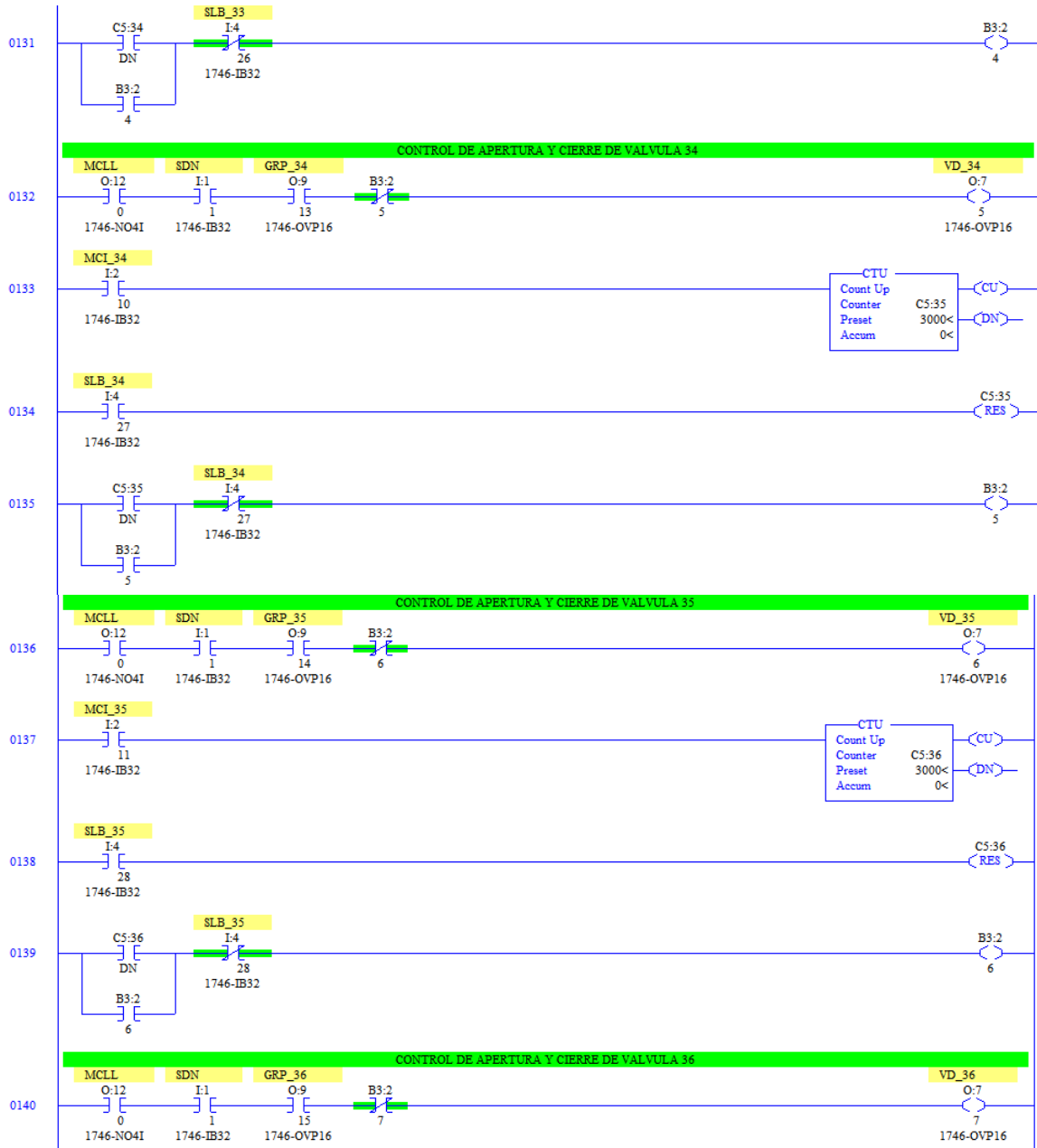


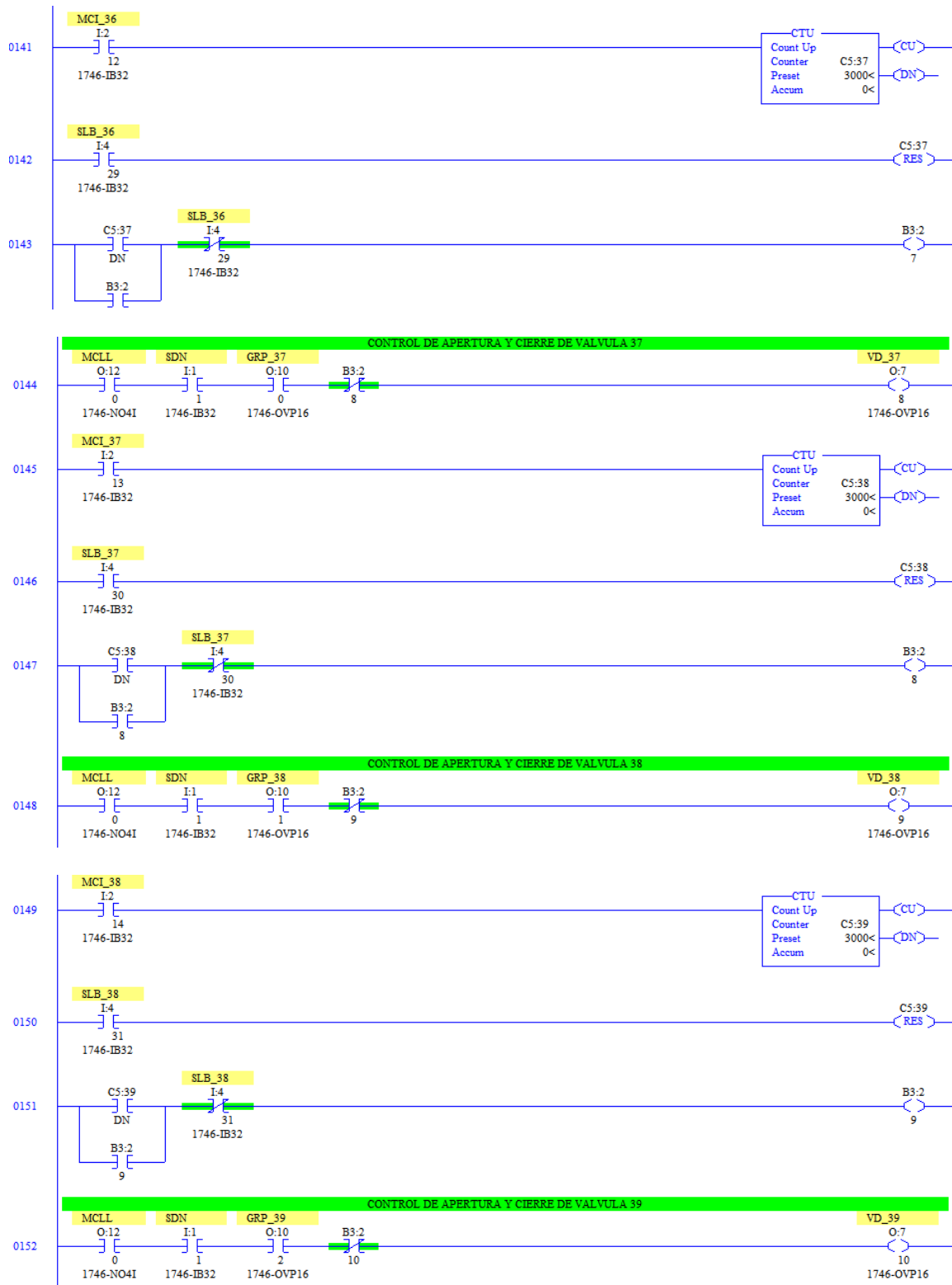


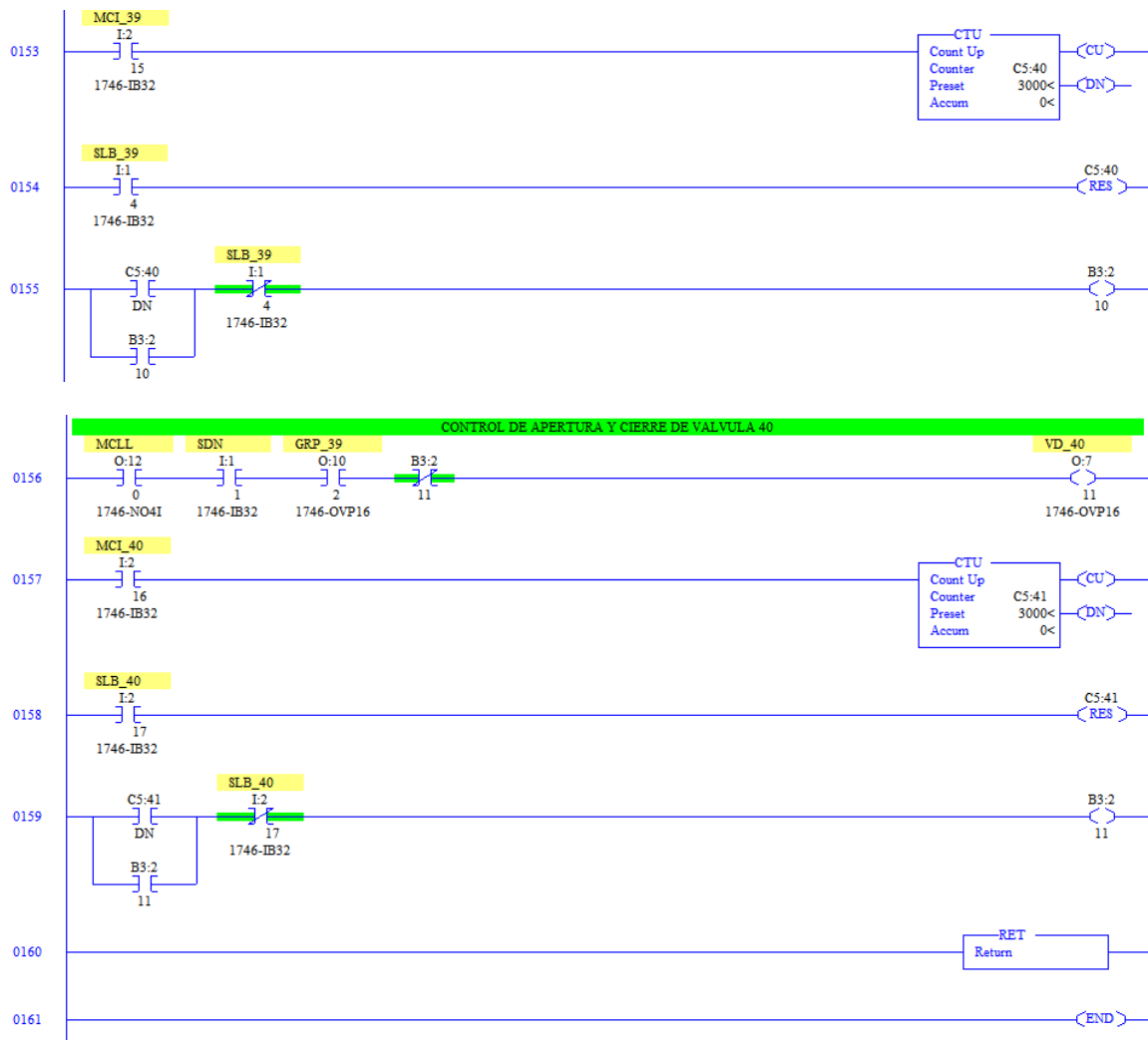












Para verificar que el programa funciona con las especificaciones requeridas, se simuló, utilizando el software **RS Emulate 500** y **RS Linx500**.

La producción de botellas por día antes de automatizar el proceso es de 211 943 botellas. Esta producción se verá aumentada en un 103 % de acuerdo a las siguientes cifras.



*Tabla 14 Comparativo de producción*

Antes: Proceso Semiautomático	Después: Proceso Automático <sup>9</sup>
<p>Días trabajados 355</p> <p>Producción</p> <p>Lun. A Sab. De 6.00AM a 10.00PM</p> <p>Hr. Semana Tot. 168</p> <p>Hr. Semana producción 136</p> <p>Hrs. Mantto. Semana 32</p> <p>200 Botellas 3000 ml / min</p> <p>82 764 000 Bot / año</p>	<p>Días trabajados 254</p> <p>Producción</p> <p>Lunes a Viernes con tres turnos de 8 Hrs.</p> <p>Hr. Semana Tot. 128</p> <p>Hr. Semana producción 120</p> <p>Hrs. Mantto. Semana 8</p> <p>300 Botellas 3000 ml / min</p> <p>108 864 000 Bot / año</p>

<sup>9</sup> Datos esperados de acuerdo a las características y programación de la maquinaria.

## Capítulo 5 “Estudio Económico”



---



---

## Capítulo 5 “Estudio económico”

### 5.1 Integración y costo de capital para el proyecto

El proyecto considera el capital como la aportación de la empresa para la compra del activo fijo y el pago de honorarios profesionales de Ingenieros.

Monto por la compra de activo fijo es de \$1,550907.62

Monto correspondiente al mes de enero por honorarios \$18480

Monto total de inversión para el primer mes \$1,802023.76

El costo de capital se determina considerando la inversión inicial que realizará la empresa, siendo esta el 100% del dinero aportado. Se pacta un interés del 30% de rendimiento considerando 10 puntos porcentuales por riesgo de inversión, más la Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio (TIIE) y un ponderado de la **inflación**, resultando en promedio una tasa del 30%.

*Tabla 15 Costo de Capital*

#### Costo de capital del 1 de enero al 31 de diciembre 2008

Concepto	Monto	%	Interés pactado	Interés real	Costo ponderado
Aportación socios	\$1,802,024	100	30.00%	0.18	18.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$1,802,023.76</b>	<b>100.000000</b>			<b>18.00</b>

---

De ahí se calcula el interés real que se generará con el monto aportado, descontando del 100%, el 30% que paga la empresa por concepto de ISR<sup>10</sup> y el 10% por concepto de PTU<sup>11</sup>, resultando un costo ponderado de capital del 18.00%.

## 5.2 Determinación del flujo de efectivo

El **flujo de efectivo** refleja los montos resultantes de restar los egresos de los ingresos, mensualmente. Los conceptos que se consideran dentro de los ingresos son las aportaciones de los socios y el depósito para los salarios, y poder conformar el efectivo disponible. En la sección de egresos se considera el pago por la compra del activo fijo neto, pago del IVA<sup>12</sup> por la compra y el pago de los salarios, para el total de salidas. De esta manera el resultado de la fórmula

$$\text{Ingresos} - \text{Egresos} = \text{Efectivo disponible}$$

El efectivo disponible de un periodo se considera como saldo inicial para el siguiente periodo de evaluación, en nuestro caso el flujo de efectivo considerado se presenta de manera mensual.

El pago de salarios del proyecto, se divide en dos partes, durante seis meses, de los cuales los primeros tres meses serán para la instalación del equipo, trabajando

---

<sup>10</sup> Impuesto Sobre la Renta

<sup>11</sup> Participación a los Trabajadores de las Utilidades

<sup>12</sup> Impuesto al Valor Agregado

ingenieros y técnicos, ocho horas de lunes a viernes. Los meses subsecuentes solo contempla la puesta en marcha, trabajando cuatro horas.

*Tabla 16 Flujo de efectivo*

**Asociación de Ingenieros  
Presupuesto de Efectivo C4  
del 1 de enero al 31 de diciembre 2008**

**INGRESOS**

<b>Concepto</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>
Saldo Inicial	0	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Aport. Socios	\$1,783,543.76	\$18,480.00	\$18,480.00	\$9,240.00	\$9,240.00	\$9,240.00
Aport para salarios	\$18,480.00					
<b>Efectivo disponible</b>	<b>\$1,802,023.76</b>	<b>\$18,480.00</b>	<b>\$18,480.00</b>	<b>\$9,240.00</b>	<b>\$9,240.00</b>	<b>\$9,240.00</b>

**EGRESOS**

<b>Concepto</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>
Compra de Act. Fijo	\$1,550,907.62					
Pago de Iva	\$232,636.14					
Pago de honorarios	18,480.00	\$18,480.00	\$18,480.00	\$9,240.00	\$9,240.00	\$9,240.00
<b>Total Salidas</b>	<b>\$1,802,023.76</b>	<b>\$18,480.00</b>	<b>\$18,480.00</b>	<b>\$9,240.00</b>	<b>\$9,240.00</b>	<b>\$9,240.00</b>

### 5.3 Compras de Activo Fijo

Las compras de activo reflejan el monto para la inversión inicial del proyecto, se considera fijo, ya que conformaran parte de los bienes de la empresa. La cédula de activo fijo refleja la maquinaria y equipo a comprar, así como el importe por cada renglón y el número de unidades que se requieren de cada uno, integrando así un subtotal al cual se le aplica el 15% por concepto de IVA, y obtener así el monto total.

*Tabla 17 Adquisiciones de activo fijo*

**Asociación de Ingenieros**  
**Adquisiciones de Activo Fijo C1 del 1 de enero al 31 de diciembre 2008**

Concepto	Importe	Unidades	Subtotal	IVA 15%	TOTAL
Máquina embotelladora VOLUMETRIC VODM_F1	264,000.00	1	264,000.00	39,600.00	303,600.00
Robot RRB 660 + IRC 5	1,100,000.00	1	1,100,000.00	165,000.00	1,265,000.00
Entradas digitales de 24 VCD 1746-IB32	4,983.00	3	14,949.00	2,242.35	17,191.35
Salidas digitales de 24 VCD 1746-OB16E	4,103.00	2	8,206.00	1,230.90	9,436.90
Salidas analógicas de 4 a 20 mA 1746-NO4I	7,880.00	1	7,880.00	1,182.00	9,062.00
Fuente de alimentación eléctrica 1746-P1	3,806.00	3	11,418.00	1,712.70	13,130.70
Procesador SLC 500 1747-L553(P)	43,934.00	1	43,934.00	6,590.10	50,524.10
Chasis SLC 500 1746-A4	2,695.00	1	2,695.00	404.25	3,099.25
Chasis SLC 500 1746-A13	8,030.00	1	8,030.00	1,204.50	9,234.50
Cable par trenzado FTP	16.80	1	16.80	2.52	19.32
Cable control classic 110	1,431.00	1	1,431.00	214.65	1,645.65
Canaletas	115.94	3	347.82	52.17	399.99
<b>TOTAL</b>	<b>1,440,994.74</b>	<b>19</b>	<b>1,462,907.62</b>	<b>219,436.14</b>	<b>1,682,343.76</b>
Gastos de instalación					
Instalación de máquina embotelladora	88,000.00	1	88,000.00	13,200.00	101,200.00
<b>TOTAL</b>	<b>88,000.00</b>	<b>1</b>	<b>88,000.00</b>	<b>13,200.00</b>	<b>101,200.00</b>
<b>GRAN TOTAL</b>	<b>1,528,994.74</b>	<b>20</b>	<b>1,550,907.62</b>	<b>232,636.14</b>	<b>1,783,543.76</b>

EURO	15.00	
DÓLAR	11.00	
PRECIO (\$)	24,000	VODM_F1
	100,000	RRB 660 + IRC 5
	453.00	VCD 1746-IB32
	373.00	VCD 1746-OB16E
	346.00	1746-P1
	3,994.00	500 1747-L553(P)
	245.00	500 1746-A4
	730.00	500 1746-A13
	1.12	CABLE TRENZADO
	95.40	CABLE CONTROL
	10.54	CANALETA

## 5.4 Incremento a Depreciaciones y Amortizaciones

El presupuesto de incremento a Depreciaciones y Amortizaciones es calculado por cada maquinaria y equipo del proyecto, además de la **amortización** por gastos

pagados. Para obtener la **depreciación** se utiliza el método de línea recta aplicando los porcentajes de la LISR<sup>13</sup>.

*Tabla 18 Presupuesto de incremento de depreciaciones y amortizaciones*

**Asociación de Ingenieros**  
**Presupuesto de Incremento a Depreciaciones y Amortizaciones C2 del 1 de enero al 31 de diciembre de 2008**

Concepto	Valor de adquisición	Anual	Mensual	Fecha de adquisición	Incremento mensual	Incremento Anual
Embotelladora	303,600.00	20%	0.0166667	20-Dic-07	5,060.00	45,540.00
Robot	1,265,000.00	20%	0.0166667	20-Dic-07	21,083.33	189,750.00
Entradas digitales	17,191.35	20%	0.0166667	20-Dic-07	286.52	2,578.70
Salidas digitales	9,436.90	20%	0.0166667	20-Dic-07	157.28	1,415.54
Salidas analógicas	9,062.00	20%	0.0166667	20-Dic-07	151.03	1,359.30
Fuente de alimentación	13,130.70	20%	0.0166667	20-Dic-07	218.85	1,969.61
Procesador SLC	50,524.10	20%	0.0166667	20-Dic-07	842.07	7,578.62
Chasis SLC	3,099.25	20%	0.0166667	20-Dic-07	51.65	464.89
Chasis SLC	9,234.50	20%	0.0166667	20-Dic-07	153.91	1,385.18
Cable trenzado	19.32	20%	0.0166667	20-Dic-07	0.32	2.90
Cable control	1,645.65	20%	0.0166667	20-Dic-07	27.43	246.85
Canaleta	399.99	20%	0.0166667	20-Dic-07	6.67	60.00
G. de Instalación	88,000.00	5%	0.0041667	20-Dic-07	366.67	3,300.00
Incremento mensual por amortización total					<b>366.67</b>	<b>3,300.00</b>

## 5.5 Consideraciones de Producción

Para poder obtener un estimado de producción se toman en cuenta diversos puntos que influyen al proceso productivo. Como primer punto se descuentan del año natural de 365 días los días festivos considerados por la LFT<sup>14</sup> como días de descanso obligatorio, al igual que los 52 domingos y los 52 sábados, debido a que este día se asigna para mantenimiento, ya que la empresa solo trabaja de lunes a viernes.

<sup>13</sup> Ley del Impuesto sobre la Renta.

<sup>14</sup> Ley Federal del Trabajo

Se considera también el tiempo de producción por lote y los minutos de trabajo efectivo por día, para poder estimar las piezas producidas al día, así como el número de lotes que se fabricaran al año, y convertirlo en piezas anuales producidas.

*Tabla 19 Consideraciones de producción*

<b>Concepto</b>	<b>Días</b>	<b>Observaciones</b>
Días festivos	7	Enero(1) Febrero(5) Marzo(21) Mayo(1) Septiembre (16) Noviembre (20) Diciembre (1 <sup>15</sup> y 25)
Sábados	52	Correspondientes a las 52 semanas del año
Domingos	52	
Días año natural	365	
Días laborados	254	Anual
Días laborados	21.1667	Mensual
Tiempo de producción	3	Por lote
Tiempo de producción	1440	Minutos trabajados al día
Unidades producidas	300	Por minuto
Piezas producidas	432000	Diarias
Lotes anuales	84	Lotes anuales
Piezas por lote	1296000	cada tercer día
Lotes	84	Anuales
Piezas	108864000	Anuales

## 5.6 Valuación del Proyecto

La vida útil de la maquinaria fue proporcionada por el proveedor en función de la valoración que el mismo realizó. Para determinar la vida del proyecto se consideró la vida útil de la maquinaria en promedio. Es decir que si la vida útil de la maquinaria

<sup>15</sup> Según la Ley Federal del Trabajo es día de descanso obligatorio el 1° de Diciembre de cada seis años por cambio del Poder Ejecutivo Federal.



corresponde a 10 años para la embotelladora y 10 años del robot, en promedio tendremos 10 años que se consideraran como la vida útil del proyecto.

*Tabla 20 Vida útil del proyecto*

% incremento*	N	Producción	Incremento anual	Incremento total	Año
0.00%	0	\$1,000,000.000	\$0.000	\$1,000,000.000	2008
3.00%	1	\$1,000,000.000	\$30,000.000	\$1,030,000.000	2009
3.50%	2	\$1,030,000.000	\$36,050.000	\$1,066,050.000	2010
3.80%	3	\$1,066,050.000	\$40,509.900	\$1,106,559.900	2011
4.00%	4	\$1,106,559.900	\$44,262.396	\$1,150,822.296	2012
4.50%	5	\$1,150,822.296	\$51,787.003	\$1,202,609.299	2013
4.80%	6	\$1,202,609.299	\$57,725.246	\$1,260,334.546	2014
5.20%	7	\$1,260,334.546	\$65,537.396	\$1,325,871.942	2015
6.00%	8	\$1,325,871.942	\$79,552.317	\$1,405,424.259	2016
6.50%	9	\$1,405,424.259	\$91,352.577	\$1,496,776.835	2017
7.50%	10	\$1,496,776.835	\$112,258.263	\$1,609,035.098	2018

Se determinó un porcentaje de incremento por cada año a evaluar considerando el porcentaje de **inflación** estimado por año, el cual nos permite anticiparnos al efecto inflacionario, al adicionar a la producción anual el incremento en dinero correspondiente al porcentaje de incremento, que van del año 2008 al año 2018.

Siguiendo con el proceso de evaluación se obtuvieron los beneficios anuales en base a **flujo de efectivo**, considerando como utilidad en incremento total obtenido al reflejar la inversión en la producción anual y a cada uno de estos se les suma el monto de la **depreciación** anual total de la maquinaria y equipo adquiridos, esto se calcula para cada uno de los años que se consideran como vida útil del proyecto, y tomando como año 1 el 2008, a diferencia de su posición en el cuadro de incrementos donde el 2008 representa el año cero, por que en este caso al primer año no se le refleja incremento por tratarse del año de inicio del proyecto.

*Tabla 21 Beneficios anuales en base al flujo de efectivo*

Año	Utilidad	Depreciación	Beneficio
1	\$1,000,000.000	\$252,041.820	\$1,252,041.820
2	\$1,030,000.000	\$252,041.820	\$1,282,041.820
3	\$1,066,050.000	\$252,041.820	\$1,318,091.820
4	\$1,106,559.900	\$252,041.820	\$1,358,601.720
5	\$1,150,822.296	\$252,041.820	\$1,402,864.116
6	\$1,202,609.299	\$252,041.820	\$1,454,651.119
7	\$1,260,334.546	\$252,041.820	\$1,512,376.366
8	\$1,325,871.942	\$252,041.820	\$1,577,913.762
9	\$1,405,424.259	\$252,041.820	\$1,657,466.079
10	\$1,496,776.835	\$252,041.820	\$1,748,818.655
	\$12,044,449.077		\$14,564,867.277

Posteriormente se procede a obtener la tasa promedio de rentabilidad, la cual es calculada por cada año, y es el resultado de dividir el Beneficio anual por la inversión inicial<sup>16</sup>.

*Tabla 22 Tasa promedio de rentabilidad*

Año	Beneficio Anual	Inversión inicial	Tasa de rendimiento
1	\$1,252,041.820	\$1,802,023.763	69.480
2	\$1,282,041.820	\$1,802,023.763	71.145
3	\$1,318,091.820	\$1,802,023.763	73.145
4	\$1,358,601.720	\$1,802,023.763	75.393
5	\$1,402,864.116	\$1,802,023.763	77.849
6	\$1,454,651.119	\$1,802,023.763	80.723
7	\$1,512,376.366	\$1,802,023.763	83.927
8	\$1,577,913.762	\$1,802,023.763	87.563
9	\$1,657,466.079	\$1,802,023.763	91.978
10	\$1,748,818.655	\$1,802,023.763	97.047
	\$14,564,867.277		808.251

De estas tasas calculamos un promedio y así obtenemos una tasa del 80.82% en promedio de rentabilidad por el proyecto.

<sup>16</sup> La inversión inicial es el monto de la compra de activo fijo y el primer pago de salarios.

Para obtener el periodo de recuperación de la inversión, dividimos por cada año; la inversión inicial entre el beneficio anual que obtuvimos en beneficios anuales en base a **flujo de efectivo**, de esta manera el tiempo de recuperación de la inversión es de 1 año 2 meses en promedio. Del cual podemos concluir que el proyecto representa una opción viable y factible, ya que financieramente el periodo de recuperación de la inversión debe ser menor a la vida útil del proyecto considerada.

*Tabla 23 Periodo de recuperación de la inversión.*

Año	Inversión inicial	Beneficio anual	Años para recuperar
1	\$1,802,023.763	\$1,252,041.820	1.439268029
2	\$1,802,023.763	\$1,282,041.820	1.405588909
3	\$1,802,023.763	\$1,318,091.820	1.367145851
4	\$1,802,023.763	\$1,358,601.720	1.326381188
5	\$1,802,023.763	\$1,402,864.116	1.284531939
6	\$1,802,023.763	\$1,454,651.119	1.238801345
7	\$1,802,023.763	\$1,512,376.366	1.191518066
8	\$1,802,023.763	\$1,577,913.762	1.142029309
9	\$1,802,023.763	\$1,657,466.079	1.087216074
10	\$1,802,023.763	\$1,748,818.655	1.030423456
			12.51290417
		Años promedio	1.251290417

Posteriormente obtenemos el interés simple sobre el rendimiento, la siguiente tabla considera los siguientes conceptos, en la primer columna el año a evaluar, en la segunda columna el beneficio anual, en la tercera columna el monto de la recuperación de inversión que es obtenida al dividir el monto de la inversión inicial por 10 que son los años de la vida útil del proyecto. En la cuarta columna los beneficios netos obtenidos de restarle al beneficio anual de la segunda columna el monto de la recuperación de la inversión, y en la quinta columna la tasa de interés, que es el resultado obtenido al dividir los beneficios anuales entre los beneficios netos, de esta manera la tasa de interés simple sobre el rendimiento es del 1.14% en promedio.

Tabla 24 Interés simple sobre el rendimiento

Año	Beneficio anual	Recuperación inversión	Beneficio neto	Tasa de interés
1	\$1,252,041.820	\$180,202.376	\$1,071,839.444	1.168124412
2	\$1,282,041.820	\$180,202.376	\$1,101,839.444	1.163546856
3	\$1,318,091.820	\$180,202.376	\$1,137,889.444	1.158365452
4	\$1,358,601.720	\$180,202.376	\$1,178,399.344	1.152921314
5	\$1,402,864.116	\$180,202.376	\$1,222,661.740	1.147385307
6	\$1,454,651.119	\$180,202.376	\$1,274,448.743	1.141396331
7	\$1,512,376.366	\$180,202.376	\$1,332,173.989	1.1352694
8	\$1,577,913.762	\$180,202.376	\$1,397,711.386	1.128926743
9	\$1,657,466.079	\$180,202.376	\$1,477,263.702	1.121983892
10	\$1,748,818.655	\$180,202.376	\$1,568,616.279	1.114879833

Continuamos la evaluación del proyecto calculando el **valor presente neto**, éste considera un beneficio histórico que es el que obtuvimos en el cuadro de vida útil con incrementos anuales.

Estos beneficios se multiplican por un factor de ajuste a fin de obtener el beneficio a valor presente. El factor de ajuste se obtenido de la siguiente manera:

$$\text{Factor} = (1 + i)^n$$

Donde:

i = Tasa de interés; que en este caso es la que obtuvimos como costo ponderado de capital (18%)

n = periodo

De esta manera obtenemos un total de \$5, 106,514.664 (resultante de la suma de los beneficios a valor presente), el cual para poder obtener el monto a valor presente tendremos que sustraer a dicho total, la cantidad obtenida como inversión inicial. Por lo tanto tendremos la cantidad de \$3, 304,490.901, que representa nuestro **valor presente neto**.

*Tabla 25 Valor presente neto*

Año	Beneficio histórico	Factor de ajuste	Beneficio a VP
1	\$1,000,000.000	0.847457627	\$847,457.627
2	\$1,030,000.000	0.71818443	\$739,729.963
3	\$1,066,050.000	0.608630873	\$648,830.942
4	\$1,106,559.900	0.515788875	\$570,751.286
5	\$1,150,822.296	0.437109216	\$503,035.032
6	\$1,202,609.299	0.370431539	\$445,484.414
7	\$1,260,334.546	0.313925033	\$395,650.564
8	\$1,325,871.942	0.266038164	\$352,732.537
9	\$1,405,424.259	0.225456071	\$316,861.431
10	\$1,496,776.835	0.191064467	\$285,980.868
TOTAL			\$5,106,514.664
	INVERSION INICIAL		\$1,802,023.763
	VALOR PRESENTE NETO		-\$3,304,490.901

Continuamos con la obtención del IR<sup>17</sup> a valor presente.

*Tabla 26 Índice de rendimiento a valor presente*

AÑO	Inversión inicial		Índice
	Beneficio a VP	Valor presente	
1	\$847,457.627	\$1,802,023.763	47.02810499
2	\$739,729.963	\$1,802,023.763	41.04995605
3	\$648,830.942	\$1,802,023.763	36.00568179
4	\$570,751.286	\$1,802,023.763	31.67279466
5	\$503,035.032	\$1,802,023.763	27.91500546
6	\$445,484.414	\$1,802,023.763	24.72133958
7	\$395,650.564	\$1,802,023.763	21.95590159

<sup>17</sup> Índice de Rendimiento

---



---

8	\$352,732.537	\$1,802,023.763	19.57424447
9	\$316,861.431	\$1,802,023.763	17.58364334
10	285,980.868	\$1,802,023.763	15.86998318

Al valor presente le calculamos el índice de rendimiento, el cual se obtiene al dividir los beneficios a valor presente por el valor presente, que es este caso es el monto de la inversión inicial; y esa cantidad a la vez se multiplica por 100, para que nos de en porcentaje, esto por cada uno de los diez años de evaluación del proyecto. Así obtenemos como suma total de los diez años 283.3766551, que en promedio representa un 28.33 como índice de rendimiento.

Cuando el índice de rendimiento es mayor a uno, como es nuestro caso, significa que además de recuperarse la tasa mínima de rendimiento y la inversión, existe un excedente de utilidades para la empresa.

Cabe mencionar que el IR expresado en porcentaje es el equivalente al costo beneficio. Lo que se refiere a que el índice obtenido nos genera el 28.33% de beneficio sobre el costo de inversión inicial del proyecto.

Finalmente obtenemos la TIR<sup>18</sup>, que representa la tasa de descuento a la que el VAN<sup>19</sup> arroja un resultado de cero. Esta tasa tiene que ser mayor a la tasa de rendimiento pactada como beneficio para la empresa que en nuestro caso fue del 30%. Por tal motivo la TIR también se puede interpretar como la tasa máxima de rendimiento o descuento que produce una alternativa de inversión.

---

<sup>18</sup> Tasa Interna de Rendimiento o Retorno

<sup>19</sup> Valor Actual Neto

Como nuestros flujos de efectivo son desiguales utilizaremos la siguiente fórmula para obtener la TIR:

$$\text{TIR} \therefore \text{VPN} = \text{VAN} = \sum_1^n \frac{\text{FNE}}{(1+i)^n} - \left[ \text{INN} - \frac{\text{VS}}{(1+i)^n} \right] = 0$$

Es decir, que si se utiliza la TIR como tasa de descuento en el cálculo del VPN el resultado dará un valor de cero, y la fórmula que se utiliza es sustituyendo  $i$  por TIR:

$$\text{VPN} = \text{VAN} = \sum_1^n \frac{\text{FNE}}{(1+\text{TIR})^n} - \left[ \text{INN} - \frac{\text{VS}}{(1+\text{TIR})^n} \right] = 0$$

Para poder dar solución a la TIR, utilizamos el método de interpolación, donde tendremos que colocar tasas probables de rendimiento, para ello tendremos que sustituir dichos valores en la siguiente fórmula:

$$\text{TIR} = ia + \left\{ (ia - ib) \left[ \frac{\text{VPN} - \text{VPN}_-}{\text{VPN}_+ - \text{VPN}_-} \right] \right\}$$

Donde:

TIR = Tasa interna de rendimiento

$i_a$  = tasa de interés alta

$i_b$  = tasa de interés baja

VPN- = valor presente neto negativo

VPN+ = valor presente neto positivo

Para sustituir los valores es esta fórmula se consideran las cantidades de VPN en términos absolutos. Esta fórmula arrojará la TIR, misma que se sustituye en la fórmula de VPN. De tal modo que el resultado tiene que dar cero.

Para fines prácticos y de rapidez también puede se obtener la TIR con ayuda de una calculadora financiera o mediante una hoja de cálculo electrónica, como Excel.

*Tabla 27 Tasa interna retorno*

0	-\$1,802,023.763
1	\$1,252,041.820
2	\$1,282,041.820
3	\$1,318,091.820
4	\$1,358,601.720
5	\$1,402,864.116
6	\$1,454,651.119
7	\$1,512,376.366
8	\$1,577,913.762
9	\$1,657,466.079
10	\$1,748,818.655
	71.912282%

Por lo tanto la TIR es del 71.91%, lo cual representa la máxima tasa de rendimiento.



---



---

### Análisis de Beneficio / Costo

Tiene como objetivo fundamental proporcionar una medida de la rentabilidad de un proyecto, mediante la comparación de los costos previstos con los beneficios esperados en la realización del mismo.

Esta técnica se debe utilizar al comparar proyectos para la toma de decisiones. El análisis Beneficio - Costo, permite definir la factibilidad de las alternativas planteadas o de un proyecto a ser desarrollado.

Nos ayuda en lo siguiente:

- Para valorar la necesidad y oportunidad de la realización de un proyecto.
- Para seleccionar la alternativa más beneficiosa de un proyecto.
- Para estimar adecuadamente los recursos económicos necesarios, en el plazo de realización de un proyecto.

*Tabla 28 Beneficio–Costo*

<b>Año</b>	<b>Costo \$</b>	<b>Beneficio \$</b>	<b>Beneficio/Costo</b>
1	180,202.38	1,252,041.82	6.947%
2	180,202.38	1,282,041.82	7.114%
3	180,202.38	1,318,091.82	7.314%
4	180,202.38	1,358,601.72	7.539%
5	180,202.38	1,402,864.12	7.784%

---



---

6	180,202.38	1,454,651.12	8.072%
7	180,202.38	1,512,376.37	8.392%
8	180,202.38	1,577,913.76	8.756%
9	180,202.38	1,657,466.08	9.197%
10	180,202.38	1,748,818.66	9.704%

Como se muestra en la tabla 28 se deduce que los costos son menores que los beneficios. Esto demuestra que el proyecto es factible, debido a la comparación de los costos previstos comparados con los beneficios esperados en la realización del proyecto.

Este proyecto es rentable ya que de acuerdo al análisis económico se obtuvo los siguientes resultados:

En 1.25 años se recupera la inversión inicial, lo cual ocasiona que se tengan 8.75 años para obtener utilidades. Ya que se considera un periodo de vida útil de la maquinaria de 10 años.

El análisis económico se llevó a cabo considerando que en un año se venderá 1,000,000 de unidades producidas con un valor marginal de \$1.00.

Tomando en cuenta la producción por año y la depreciación de la maquinaria, se obtiene que se tendrá una TIR de 71.91% anual que es superior a la tasa estimada de rendimiento pactada con la empresa por invertir en el proyecto (30%).

---

---

## Conclusiones

La tendencia mundial de globalización de la economía exige que las empresas realicen continuamente inversiones para mantenerse en constante innovación, lo que conlleva a elaborar proyectos de inversión, debido a que las empresas que no realizan inversiones están destinadas a convertirse en entes económicos obsoletos.

Es importante tener presente que los proyectos de inversión comprenden aspectos que incluyen desde la renovación de maquinaria, adición de líneas de producción, mejora de procedimientos productivos, sustitución de equipo, ampliación de la planta productiva, entre otros, por ello es que nos enfocamos a automatizar el proceso productivo mediante la instalación de una llenadora y de un robot paletizador, el cual reduce tiempos de producción en un 300 % en cuestión de paletizado y aumento de la producción en un 103 % para la llenadora, esto beneficia económicamente a la empresa generando más utilidades.

Otra ventaja del proyecto se debe a que la máquina llenadora propuesta, cuenta con cuarenta sistemas independientes de llenado, que agiliza el proceso productivo, ya que pueden trabajar simultáneamente. El modelo de la llenadora es versátil y no solo se limita a una sola presentación, lo que da a la empresa la posibilidad de tener una gran variedad de productos.

Para la programación del PLC, se planteó la modificación del control del cierre del griper, ya que anteriormente se manejaba la apertura y cierre de éste sin importar la presencia de la botella, lo que generaba un consumo innecesario de energía eléctrica. En cuestión de **embalaje**, un robot paletizador simplifica las tareas en una producción continua, con una jornada larga de trabajo. Además de que su integración se puede dar en un espacio reducido, sin necesidad de modificar la línea de producción. La

---

---

ventaja en el uso del robot IRB660, es que puede atender hasta cuatro líneas de producción de manera ininterrumpida.

Finalmente en el estudio económico del proyecto se generó información financiera que facilita el conocimiento cuantitativo de sus operaciones, entre ellas los ingresos, costos, gastos y utilidades que proporcionarán la operación del proyecto de inversión, siendo estos elementos fundamentales para realizar la evaluación financiera que se necesita para la adecuada valuación de la inversión.

En la evaluación financiera se incluyeron pruebas como el **valor presente neto** (VPN) y el cálculo de la tasa interna de rendimiento (TIR) como criterios básicos para valorar la rentabilidad del proyecto. También se incluyeron indicadores tales como el periodo de recuperación de la inversión, valor presente neto, índice de rendimiento y beneficio-costo, obtención de capital, costo de capital, vida útil del proyecto, depreciaciones, principalmente.

El resultado de la integración del robot y la **automatización** de la máquina embotelladora, es que cuando está trabajando la máquina conjuntamente con el robot, no existe un embotellamiento en las bandas transportadoras, esto significa que no existe acumulación del producto cuando hace la transición de la etapa de llenado hacia la de paletizado.

## Referencias bibliográficas.

### Bibliográfica.

- [1] FU K. S., GONZALEZ R. C., LEE C. G. S., “Robótica. Control, visión e inteligencia.” Editorial Mc Graw Hill. México 1991.
- [2] CRAIG, John J. “Robótica”. Tercera edición. Editorial Prentice Hall. México 2006. Páginas 408.
- [3] OLLEDO B., Aníbal. “Robótica. Manipuladores y robots móviles”. Editorial Alfa omega Marcombo. México 2007. Páginas 447.

### Hemerográfica

### Tesis

- [4] GONZÁLEZ FLORES, Víctor Felipe et-al. “Automatización de un sistema lineal de llenado de líquidos por medio de un controlador lógico programable. Tesis para obtener el título de Ing. en Control y Automatización.” México, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional, 2002, 102 h.
- [5] MARQUEZ GARCIA, Karina et-al. “Diseño de una planta de bebidas gaseosas.”, México, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Instituto Politécnico Nacional, 2007, 70 h.

**Sitios de Internet**

- [6]<http://www.lafepack.com/paletizado.shtml>
- [7]<http://www.abb.com/product/seitp327/4D2C9B50767D1FF3C1256FBC004F2EFE.aspx>
- [8]<http://www.anprac.org.mx/historia.html>

## Glosario

### *Amortización:*

Disminución del valor inicial del pago de un servicio por su uso o por el simple paso del tiempo.

### *Articulación:*

Las articulaciones son las conexiones existentes entre los componentes rígidos del eslabón. Permiten el movimiento relativo entre los sucesivos eslabones.

### *Automatización:*

Estudio de los métodos y procedimientos cuya finalidad es la sustitución del operador humano por un operador artificial en la generación de una tarea física o mental previamente programada.

### *Consumo per cápita:*

El PIB per cápita es el promedio de Producto Bruto por cada persona. Se calcula dividiendo el PIB total por la cantidad de habitantes de la economía.

### *Depaletizado:*

Es la aplicación inversa al paletizado; descargar la mercancía de un **pallet**.

***Depreciación:***

Disminución del valor inicial de compra de un bien por su uso o por el simple paso del tiempo.

***Embalaje:***

Recipiente con todos los demás elementos o materiales necesarios para permitir al recipiente cumplir con su función de retención, acondicionar, presentar, manipular, almacenar, conservar y transportar una mercancía.

***FlexPendat:***

Es una pantalla (parecido al touchscreen) que mediante un contacto táctil sobre su superficie permite la entrada de datos y órdenes al controlador IRC5.

***Flujo de efectivo:***

Estado financiero en el cual se refleja el la cantidad de efectivo disponible obtenido de sustraer a los ingresos el monto de los egresos, este estado puede realizarse de manera mensual, semanal, o inclusive diariamente para control interno, sin embargo para fines de presentación de resumen ejecutivo puede presentarse mensual, bimestral, semestral o anualmente.

***Grado de libertad (DOF o GDL):***

El número de **grados de libertad (GDL)** de un sistema es el número de parámetros independientes que se necesitan para definir unívocamente su posición en el espacio



en cualquier instante. En el plano se requiere de tres parámetros (GDL): dos coordenadas lineales (x, y) y una coordenada angular (q). En el espacio se requiere de seis GDL: tres distancias (x,y,z) y tres ángulos (q, f ,r ). Se define cuerpo rígido como aquel que no experimenta ninguna deformación. Cada uno de los movimientos independientes (giros y desplazamientos) que puede realizar cada **articulación** con respecto a la anterior. Son los parámetros que se precisan para determinar la posición y la orientación del elemento terminal del manipulador.

***Griper:***

Se utilizan para tomar un objeto, normalmente la pieza de trabajo, y sujetarlo durante el ciclo de trabajo del robot. Es un dispositivo que se une a la muñeca del brazo del robot con la finalidad de activarlo para la realización de una tarea específica

***Inflación:***

Efecto económico que conlleva al alza generalizada de precios por tiempo indefinido, generando la pérdida del poder adquisitivo, es decir que la oferta es mayor que la demanda.

***Osmosis inversa:***

La ósmosis es un fenómeno físico-químico de difusión pasiva que implica un movimiento neto de agua a través de una membrana selectivamente permeable que limita dos comportamientos, y es provocado por la diferencia de concentración (gradiente) de una solución acuosa entre ambos compartimientos. El principio de la ósmosis inversa utiliza una membrana semipermeable para separar y quitar los sólidos disueltos, los orgánicos, los pirogénicos, la materia coloidal submicro organismos, virus y bacterias del agua. El proceso se llama osmosis “*inversa*”

cuando se requiere la presión para forzar el agua pura a través de una membrana, saliendo; las impurezas detrás. La osmosis reversa es capaz de quitar 95%-99% de los sólidos disueltos totales (TDS) y el 99% de todas las bacterias y los virus son separados del agua.

***Pallet:***

Bandeja que soporta los embalajes y los constituye en una unidad de carga. Es una plataforma de almacenamiento, de manutención y de transporte. Es concebida para ser manipulada por las carretillas elevadoras o transpallets.

***Paletizado:***

Cargar mercaderías sobre un pallet.

***PET:***

Como la mayoría de los plásticos, el PET se hace partir de petróleo crudo. En el proceso de fabricación, los materiales base refinados sufren una reacción química llamada “poli condensación”. Esta reacción, en la cual el etilenglicol se une ya sea a ácido tereftálico o a dimetil tereftalato, tiene como resultado el poliéster que se usa para hacer fibras y filmes. Con un procesado adicional se obtiene el PET cristalino que se usa en aplicaciones de envases.

***Proceso secuencial:***

El estado actual en que está el proceso depende del estado en que se encontraba en el instante anterior.

***Robótica:***

La robótica es la ciencia encaminada a diseñar y construir aparatos y sistemas capaces de realizar tareas propias de un ser humano. El diseño, fabricación y utilización de máquinas automáticas programables con el fin de realizar tareas repetitivas.

***RS Emulate 500:***

Software de simulación para probar el programa de aplicación y pantallas de interface hombre maquina (HMI por sus siglas en ingles) en su escritorio sin contar con el hardware, es decir, se realizan las pruebas funcionales del programa todo vía software, lo cual reduce tiempos de desarrollo y reduce costos de mantenimiento para equipos en planta.

***RS Linx 500:***

Es un servidor de comunicación completo que proporciona la conectividad de dispositivo de Allen Bradley con una amplia variedad de Aplicaciones de software de Rockwell como RSLOGIX 5/500/5000, RSView 32, RSView Enterprise. Además, proporcionan varios interfaces abiertos para dispositivos de terceros.

***RS Logix 500:***

Software que ofrece un interface grafica fácil de usar, el programa con una estructura basada en un juego de instrucción comprensivo, que sirve muchos tipos de usos. Esto incluye la programación en escalera, texto estructurado y bloques de función.

***Set point:***

Variable de entrada en el controlador que fija el valor deseado de la variable controlada. Puede fijarse manual o automáticamente, o bien programarse.

***Simulación:***

Imitación del comportamiento de un sistema o de un objeto, o de alguno de los aspectos de ese comportamiento determinado

***Touch screen:***

Una Pantalla táctil (touchscreen en inglés) es una pantalla que mediante un contacto táctil sobre su superficie permite la entrada de datos y órdenes al ordenador. Este contacto también se puede realizar con lápiz u otras herramientas similares. Actualmente hay pantallas táctiles que pueden instalarse sobre una pantalla normal.

***Valor presente neto:***

Método de evaluación financiera que consiste en traer los beneficios anuales al día de hoy, con la finalidad de conocer el valor real del dinero.

---

## **Anexos**

---

**Estadísticas Asociación Nacional de Productores de Refrescos y Aguas  
Carbonatadas (ANPRAC)**

Con 160 plantas ubicadas en todos los Estados de la República, la industria de refrescos de México generó durante 2005 un Producto Interno Bruto a pesos corrientes que representó el 0.4% del PIB Total; el 2.6% del PIB de la gran división Industria Manufacturera y el 8.7% del PIB de la división Alimentos Bebidas y Tabaco.

Por su volumen de producción, la industria de refrescos de México continúa ocupando el segundo lugar a nivel mundial después de la de Estados Unidos. Asimismo, México también ocupa el segundo lugar del mundo en cuanto al consumo per cápita de refrescos.

*Tabla 29 Volumen de ventas*

<b>VOLUMEN DE VENTAS DE REFRESCOS Y AGUAS CARBONATADAS (MILLONES DE LITROS)</b>						
AÑO	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Volumen de Ventas	15,091	15,052	15,159	15,386	15,601	16,060
Var. %	4.2%	-0.3%	0.7%	1.5%	1.4%	2.9%

*Tabla 30 Consumo per capita*

<b>CONSUMO PER CAPITA DE REFRESCOS Y AGUAS CARBONATADAS (LITROS)</b>						
AÑO	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Per capita	151.0	148.4	147.2	147.3	148.1	151.5
Var. %	2.4%	-1.7%	-0.8%	0.1%	0.5%	2.3%

---

---

Para desarrollar su actividad productiva esta industria demandó de otras ramas de actividad económica del país, por concepto de consumos intermedios \$60,783 millones de pesos (5,582 millones de dólares). Destacan entre esos consumos intermedios el azúcar, la resina PET, otros envases de plástico, vidrio y lata, gas carbónico, electricidad, agua, publicidad y servicios financieros.

El proceso de producción de esta industria se caracteriza por ser de capital intensivo y por un alto grado de consumo de capital fijo. Esto, unido a las necesidades de expansión de la capacidad de producción, la convierte en una importante demandante de bienes de capital, entre ellos maquinaria y equipo de producción, equipo de transporte y terrenos y edificios.

Durante 2005 los activos fijos de esta industria superaron los \$52,500 millones de pesos (4,820 millones de dólares) y la inversión fija bruta rebasó los 426 millones de dólares.

Tradicionalmente en México, las empresas refresqueras producen y distribuyen sus productos llevándolos hasta los comercios y establecimientos que lo expendan al consumidor final. Esto extiende la cadena de valor de esta industria al sector comercio, además de la importante y dinámica demanda que realiza a la industria automotriz, en particular en el rubro de camiones.

---

---

Así los refrescos son distribuidos a un millón 400 mil puntos de venta en todo el país. De ellos, la gran mayoría son pequeños negocios familiares, para quienes el refresco representa una importante fuente de ingresos.

Finalmente, cabe destacar la importancia de esta industria como generadora de empleo. Durante 2005 ocupó a más de 140,000 personas en relación de dependencia, es decir con carácter permanente. Además, por sus encadenamientos productivos y las repercusiones directas e indirectas en el empleo de otras ramas de producción generó 750 mil empleos adicionales.

Un estudio de ANPRAC basado en las Encuestas de Ingreso Gasto de los Hogares 2002 y 2004 que reporta el INEGI, muestra que el gasto en refrescos de los hogares mexicanos pasa del 33.1% del gasto total en bebidas no alcohólicas en 2002 al 32.4% en el 2004, mientras que el gasto en agua purificada pasa del 9.1% en 2002 al 11.7% en 2004.

Por su parte el gasto en leche permanece constante mientras que el de jugos, concentrados y café, té y chocolate muestran disminuciones entre 2002 y 2004. Con base en la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares de 2004, elaborada por el INEGI, los siguientes son los porcentajes que cada estrato de ingreso gasta en cada uno de los productos seleccionados, respecto a su gasto corriente total.



---

*Tabla 31 Porcentajes de cada estrato de ingreso gastado en los productos.*

Deciles	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Total
Refrescos	5.2	4.1	3.7	3.2	2.9	2.7	2.6	2.3	1.8	1.0	2.3
Tortilla	6.5	5.5	4.5	4.0	3.3	2.8	2.5	1.9	1.4	0.5	2.1
Frijol	4.0	2.8	2.1	1.8	1.5	1.6	1.3	1.0	0.7	0.4	1.1

Fuente: Elaborado con base en la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2004. INEGI.

Nota: Los ingresos de los hogares se clasifican en 10 estratos llamados deciles y se ordenan de menor a mayor.

---

PLC SLC 500 Allen Bradley

VL 18-3/4 Photoelectric reflex switch

8NDH2 Retro reflex

Robot IRB660 ABB

Sendor CE Allen Bradley

Visita Boing

Datos tecnicos Boing

## 4-Channel Analog I/O Modules

### General Input Specifications for 4-Channel Modules

Cat. No.	1746-NI4	1746-NIO4I	1746-NIO4V	1746-FIO4I	1746-FIO4V
Backplane Current (mA) at 5V	25 mA	55 mA	55 mA	55 mA	55 mA
Backplane Current (mA) at 24V	85 mA	145 mA	115 mA	150 mA	120 mA
Number of Inputs	4	2	2	2	2
Backplane Isolation	500V ac and 710V dc withstand for 1 minute				
Step Response	60 ms			100 $\mu$ s	
Conversion Method	sigma-delta modulation			successive approximation	
Converter Resolution	16 bit			12 bit	
Conversion Time	N/A			7.5 $\mu$ s every 512 $\mu$ s (nominal)	
Module Throughput Delay	512 $\mu$ s (nominal)			1.10 ms (maximum)* 512 $\mu$ s (typical)	

\* Worst-case throughput occurs when the module just misses an event.

### Current Loop Input Specifications for 4-Channel Modules

Cat. No.	1746-NI4	1746-NIO4I	1746-NIO4V	1746-FIO4I	1746-FIO4V
Full Scale	20 mA	20 mA	20 mA	20 mA	20 mA
Input Range	$\pm$ 20 mA (nominal) $\pm$ 30 mA (maximum)			0...20 mA (nominal) for 0...30 mA (maximum)	
Current Input Coding	$\pm$ 16,384 for $\pm$ 20mA			0...2047 counts for 0...20 mA	
Absolute Maximum Input Voltage	$\pm$ 7.5V dc or 7.5V ac RMS				
Input Impedance	250 $\Omega$ (nominal)			250 $\Omega$ (nominal)	
Resolution	1.22070 $\mu$ A per LSB			9.7656 $\mu$ A per bit	
Overall Accuracy at 25 °C (77 °F)	$\pm$ 0.365% of full scale			$\pm$ 0.510% of full scale	
Overall Accuracy, 0...60 °C (32...140 °F)	$\pm$ 0.642% of full scale (maximum)			$\pm$ 0.850% of full scale	
Overall Accuracy Drift	+79 ppm/°C of full scale			+98 ppm/°C of full scale (maximum)	
Gain Error at 25 °C (77 °F)	+0.323% (maximum)			+0.400% (maximum)	
Gain Error, 0...60 °C (32...140 °F)	+0.556% (maximum)			+0.707% of full scale	
Gain Error Drift	$\pm$ 67 ppm/°C			$\pm$ 89 ppm/°C (maximum)	



## Digital I/O Module Overview

Cat. No.	Voltage Category	I/O Points	Description	For Detailed Specifications, See
<b>DC Modules</b>				
1746-IB8	24V dc	8	Current Sinking DC Input Module	page 12 Sinking DC Input Modules
1746-IB16	24V dc	16	Current Sinking DC Input Module	
1746-IB32	24V dc	32	Current Sinking DC Input Module	
1746-ITB16	24V dc	16	Fast Response DC Sinking Input Module	
1746-IC16	48V dc	16	Current Sinking DC Input Module	
1746-IH16	125V dc	16	Current Sinking DC Input Module	page 12 Sourcing DC Input Modules
1746-IV8	24V dc	8	Current Sourcing DC Input Module	
1746-IV16	24V dc	16	Current Sourcing DC Input Module	
1746-IV32	24V dc	32	Current Sourcing DC Input Module	
1746-ITV16	24V dc	16	Fast Response DC Sourcing Input Module	
1746-IG16*	5V dc	16	Current Sourcing TTL Input Module	page 13 Sourcing DC Output Modules
1746-OB6EI	24V dc	6	Electronically Protected Isolated Sourcing DC Output Module	
1746-OB8	24V dc	8	Current Sourcing DC Output Module	
1746-OB16	24V dc	16	Current Sourcing DC Output Module	
1746-OB16EI‡	24V dc	16	Electronically Protected Current Sourcing DC Output Module	
1746-OB32	24V dc	32	Current Sourcing DC Output Module	
1746-OB32E	24V dc	32	Electronically Protected Current Sourcing DC Output Module	
1746-OBP8‡	24V dc	8	High Current Sourcing DC Output Module	
1746-OBP16*	24V dc	16	High Current Sourcing DC Output Module	
1746-OV8	24V dc	8	Current Sinking DC Output Module	
1746-OV16	24V dc	16	Current Sinking DC Output Module	page 13 Sinking DC Output Modules
1746-OV32	24V dc	32	Current Sinking DC Output Module	
1746-OVP16*	24V dc	16	High Current Sinking DC Output Module	
1746-OG16*	5V dc	16	Current Sinking TTL Output Module	
<b>AC Modules</b>				
1746-IA4	100/120V ac	4	120V ac Input Module	page 14 AC Input Modules
1746-IA8	100/120V ac	8	120V ac Input Module	
1746-IA16	100/120V ac	16	120V ac Input Module	
1746-IM4	200/240V ac	4	240V ac Input Module	
1746-IM8	200/240V ac	8	240V ac Input Module	
1746-IM16	200/240V ac	16	240V ac Input Module	page 14 AC Output Modules
1746-OA8	120/240V ac	8	120/240V ac Output Module	
1746-OA16	120/240V ac	16	120/240V ac Output Module	
1746-OAP12*	120/240V ac	12	High Current 120/240V ac Output Module	
<b>AC/DC Modules</b>				
1746-IN16	24V ac/dc	16	24V ac/dc Input Module	page 14 AC Input Modules
1746-OW4*	ac/dc Relay	4	Relay (Hard Contact) Output Module	page 15 Relay Output Modules
1746-OW8*	ac/dc Relay	8	Relay (Hard Contact) Output Module	
1746-OW16*	ac/dc Relay	16	Relay (Hard Contact) Output Module	
1746-OX8*	ac/dc Relay	8	Isolated Relay Output Module	
1746-IO4*	120V ac (Inputs) 100/120V ac (Relay Contact Outputs)	2 In 2 Out	Combination Input/Output Module	page 16 Combination I/O Modules
1746-IO8*	120V ac (Inputs) 100/120V ac (Relay Contact Outputs)	4 In 4 Out	Combination Input/Output Module	
1746-IO12*	120V ac (Inputs) 100/120V ac (Relay Contact Outputs)	6 In 6 Out	Combination Input/Output Module	
1746-IO12DC‡	24V dc (Inputs) 100/120V ac (Relay Contact Outputs)	6 In 6 Out	Combination Input/Output Module	

\* Certified for Class 1, Division 2 hazardous location by CSA only.

\* Not CE marked.

‡ These modules carry the C-UL mark and are certified by UL per CSA requirements.

## Analog I/O Module Overview

Cat. No.	Description	Voltage Category	For Specifications, See
1746-NI4	High Resolution (4) Analog Input Module	-20...+20 mA (or) -10...+10V dc	page 18: General Input Specifications page 18: Current Loop Input Specifications page 19: Voltage Input Specifications
1746-NI8	High Resolution (8) Analog Input Module	-20...+20 mA (or) -10...+10V dc	page 20: General Input Specifications page 20: Input Step Response page 21: Current Loop Input Specifications page 21: Voltage Input Specifications
1746-NI16I*	High Resolution (16) Analog Input Module	-20...+20 mA	page 23: General Input Specifications page 24: Module Update Times
1746-NI16V*	High Resolution (16) Analog Input Module	-10...+10V dc	page 23: General Input Specifications page 24: Module Update Times
1746-NIO4I	High Resolution (2) Analog Input, (2) Analog Current Output Module	-20...+20 mA (or) -10...+10V dc (Inputs) 0...20 mA (Outputs)	page 18: General Input Specifications page 18: Current Loop Specifications page 19: Output Specifications
1746-NIO4V	High Resolution (2) Analog Input, (2) Analog Voltage Output Module	20...+20 mA (or) -10...+10V dc (Inputs) -10...+10V dc (Outputs)	page 18: General Input Specifications page 19: Voltage Input Specifications page 19: Output Specifications
1746-FIO4I	(2) Fast Analog Input, (2) Analog Current Output Module	0...20 mA (or) 0...10V dc (Inputs) 0...20 mA (Outputs)	page 18: General Input Specifications page 18: Current Loop Specifications page 19: Output Specifications
1746-FIO4V	(2) Fast Analog Input, (2) Analog Voltage Output Module	0...20 mA (or) 0...10V dc (Inputs) -10...+10V dc (Outputs)	page 18: General Input Specifications page 19: Voltage Input Specifications page 19: Output Specifications
1746-NO4I	(4) Analog Current Output Module	0...20 mA	page 19: Output Specifications
1746-NO4V	(4) Analog Voltage Output Module	-10...+10V dc	page 19: Output Specifications
1746-NO8I	(8) Analog Current Output Module	0...20 mA	page 22: Output Specifications
1746-NO8V	(8) Analog Voltage Output Module	-10...+10V dc	page 22: Output Specifications

\* Single-ended connections only.

## 4-Channel Analog I/O Modules

### General Input Specifications for 4-Channel Modules

Cat. No.	1746-NI4	1746-NIO4I	1746-NIO4V	1746-FIO4I	1746-FIO4V
Backplane Current (mA) at 5V	25 mA	55 mA	55 mA	55 mA	55 mA
Backplane Current (mA) at 24V	85 mA	145 mA	115 mA	150 mA	120 mA
Number of Inputs	4	2	2	2	2
Backplane Isolation	500V ac and 710V dc withstand for 1 minute				
Step Response	60 ms			100 $\mu$ s	
Conversion Method	sigma-delta modulation			successive approximation	
Converter Resolution	16 bit			12 bit	
Conversion Time	N/A			7.5 $\mu$ s every 512 $\mu$ s (nominal)	
Module Throughput Delay	512 $\mu$ s (nominal)			1,10 ms (maximum)* 512 $\mu$ s (typical)	

\* Worst-case throughput occurs when the module just misses an event.

### Current Loop Input Specifications for 4-Channel Modules

Cat. No.	1746-NI4	1746-NIO4I	1746-NIO4V	1746-FIO4I	1746-FIO4V
Full Scale	20 mA	20 mA	20 mA	20 mA	20 mA
Input Range	$\pm$ 20 mA (nominal) $\pm$ 30 mA (maximum)			0...20 mA (nominal) for 0...30 mA (maximum)	
Current Input Coding	$\pm$ 16,384 for $\pm$ 20mA			0...2047 counts for 0...20 mA	
Absolute Maximum Input Voltage	$\pm$ 7.5V dc or 7.5V ac RMS				
Input Impedance	250 $\Omega$ (nominal)			250 $\Omega$ (nominal)	
Resolution	1.22070 $\mu$ A per LSB			9.7656 $\mu$ A per bit	
Overall Accuracy at 25 °C (77 °F)	$\pm$ 0.365% of full scale			$\pm$ 0.510% of full scale	
Overall Accuracy, 0...60 °C (32...140 °F)	$\pm$ 0.642% of full scale (maximum)			$\pm$ 0.850% of full scale	
Overall Accuracy Drift	+79 ppm/°C of full scale			+98 ppm/°C of full scale (maximum)	
Gain Error at 25 °C (77 °F)	+0.323% (maximum)			+0.400% (maximum)	
Gain Error, 0...60 °C (32...140 °F)	+0.556% (maximum)			+0.707% of full scale	
Gain Error Drift	$\pm$ 67 ppm/°C			$\pm$ 89 ppm/°C (maximum)	

## Voltage Input Specifications for 4-Channel Modules

Cat. No.	1746-NI4	1746-NIO4I	1746-NIO4V	1746-FIO4I	1746-FIO4V
Full Scale	10V dc	10V dc	10V dc	10V dc	10V dc
Input Range	±10V dc -1 LSB			0...10V dc -1 LSB	
Input Impedance	1 MΩ			1 MΩ	
Overvoltage Protection (IN+ to -IN)	220V dc or ac RMS continuously			220V dc or ac RMS continuously	
Resolution	305.176 μV per LSB			2.4414 mV per LSB (nominal)	
Voltage Input Coding	-32,768...+32,767 for +10V dc			0...4095 counts for 0...10V dc	
Overall Accuracy at 25 °C (77 °F)	±0.284% of full scale			±0.440% of full scale	
Overall Accuracy, 0...60 °C (32...140 °F)	±0.504% of full scale			±0.750% of full scale	
Overall Accuracy Drift (maximum)	+63 ppm/°C of full scale (maximum)			+88 ppm/°C (maximum)	
Gain Error at 25 °C (77 °F)	+0.263% (maximum)			+0.323% of full scale	
Gain Error, 0...60 °C (32...140 °F)	+0.461% (maximum)			+0.530% of full scale	
Gain Error Drift	±57 ppm/°C			±79 ppm/°C	

## Output Specifications for 4-Channel Modules

Cat. No.	1746-FIO4I	1746-NIO4I	1746-NO4I	1746-FIO4V	1746-NIO4V	1746-NO4V
Number of Outputs	2	2	4	2	2	4
Backplane Current (mA) at 5V	55 mA	55 mA	55 mA	55 mA	55 mA	55 mA
Backplane Current (mA) at 24V	150 mA	145 mA	195 mA*	120 mA	115 mA	145 mA
Isolation Voltage	500V ac and 710V dc withstand for 1 minute					
Full Scale	21 mA			10V dc		
Output Range (normal)	0...20 mA -1 LSB			±10V dc -1 LSB		
Output Coding	0...32,764 for 0...21 mA			-32,768...+32,764 for ±10V dc		
Output Resolution (per LSB)	2.56348 μA			1.22070 mV		
Converter Resolution	14-bit			14-bit		
Conversion Method	R-2R ladder			R-2R ladder		
Step Response	2.5 ms (5...95%)			2.5 ms (normal)		
Load Range	0...500 Ω			1K...∞ Ω		
Load Current (maximum)	N/A			10 mA		
Over-range Capability	5% (0...21 mA -1 LSB)			N/A		
Overall Accuracy at 25 °C (77 °F)	±0.298% of full scale			±0.208% of full scale		
Overall Accuracy, 0...60 °C (32...140 °F)	±0.541% of full scale			±0.384% of full scale		
Overall Accuracy Drift (maximum)	±70 ppm/°C of full scale			±54 ppm/°C of full scale		
Gain Error at 25 °C (77 °F)	±298% of full scale			±208% of full scale		
Gain Error, 0...60 °C (32...140 °F)	±516% of full scale			±374% of full scale		
Gain Error Drift (maximum)	±62 ppm/°C of full scale			±47 ppm/°C of full scale		

\* The 1746-NO4I and 1746-NO4V analog output modules have connections for user-supplied 24V dc power supplies. When external 24V dc power is used, the module only draws 5V dc current from the SLC backplane. If an external 24V dc power supply is required, the tolerance must be 24V ±10% (26.6...26.4V dc). The user power supplies for SLC 500 modular systems, 1746-P1, -P2, -P5, and -P6 do not meet this specification.



## Controller Specifications

### SLC 500 Modular Controllers Specifications

Specification	SLC 5/01		SLC 5/02	SLC 5/03		SLC 5/04			SLC 5/05 ‡		
Cat. No. 1747-	L511	L514	L524	L531	L532	L541	L542	L543	L551	L552	L553
Memory Size (Words)	1K	4K	4K	8K	16K	16K	32K	64K	16K	32K	64K
Backplane Current (mA) at 5V	350 mA			500 mA		1000 mA			1000 mA		
Backplane Current (mA) at 24V	105 mA			175 mA		200 mA*			200 mA		
Digital I/O, Max.	7880		8192								
Max. Local Chassis/Slots	3/30										
On-Board Communications	DH-485 Slave		DH-485	DH-485 and RS-232		DH+ and RS-232			Ethernet and RS-232		
Optional Memory Module	EEPROM			flash EEPROM							
Programming	RSLogix 500										
Programming Instructions	52		71	107							
Typical Scan Time *	8 ms/K		4.8 ms/K	1 ms/K		0.9 ms/K					
Program Scan Hold-up Time After Loss of Power	20 ms...3 s (dependent on power supply loading)										
Bit Execution (XIC)	4 µs		2.4 µs	0.44 µs		0.37 µs					
Clock/Calendar Accuracy	N/A			±54 seconds/month @ +25 °C (+77 °F) ±81 seconds/month @ +60 °C (+140°F)							

\* The scan times are typical for a 1K ladder logic program consisting of simple ladder logic and communication servicing. Actual scan times depend on your program size, instructions used, and the communication protocol.

\* SLC 5/04 processors manufactured prior to April 2002 draw 200 mA @ 24V dc. Check the label to verify your processor's current draw.

‡ The 5/05 Series C processors can communicate to 100 Mbps and support increased connections: 1747-L551 = 32 connections; 1747-L552 = 48 connections; 1747-L553 = 64 connections.

## SLC 500 Programming Instruction Set

The following table shows the SLC 500 instruction set listed within their functional groups.

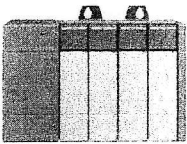
### SLC Programming Instruction Set

Functional Group	Description	Instruction(s)	SLC 5/01	SLC 5/02	SLC 5/03	SLC 5/04	SLC 5/05
Bit	monitor and control status of bits	XIC, XIO, OTE, OTL, OTU, OSR	✓	✓	✓	✓	✓
Timer and Counter	control operations based on time or number of events	TON, TOF, TU, CTD, RTO, RES, RHC, TDF	✓	✓	✓	✓	✓
Compare	compare values using an expression or specific compare instruction	EQU, NEQ, LES, LEQ, GRT, GEQ, MEQ LIM	✓	✓	✓	✓	✓
Compute	evaluate arithmetic operations using an expression or specific arithmetic instruction	ADD, SUB, MUL, DIV, DDV, CLR, NEG	✓	✓	✓	✓	✓
		SQR, SCL		✓	✓	✓	✓
		SCP, ABS, CPT, SWP, ASN, ACS, ATN, COS, LN, LOG, SIN, TAN, XPY, RMP			✓	✓	✓
Logical	perform logical operations on bits	AND, OR, XOR, NOT	✓	✓	✓	✓	✓
Conversion	perform conversion between integer and BCD values, and radian and degree values	TOD, FRD, DCD	✓	✓	✓	✓	✓
		DEG, RAD, ENC			✓	✓	✓
Move	move and modify bits	MOV, MVM	✓	✓	✓	✓	✓
File	perform operations of file data	COP, FLL, BSL, BSR	✓	✓	✓	✓	✓
		FFL, FFU, LFL, LFU, FBC, DDT		✓	✓	✓	✓
Sequencer	monitor consistent and repeatable operations	SQO, SQC	✓	✓	✓	✓	✓
		SQL		✓	✓	✓	✓
Program Control	change the flow of ladder program execution	JMP, LBL, JSR, SBR, RET, MCR, TND, SUS, IIM, IOM, END	✓	✓	✓	✓	✓
		REF		✓	✓	✓	✓
User Interrupt	interrupt your program based on defined events	STD, STE, STS, IID, IIE, RPI, INT		✓	✓	✓	✓
Process Control	close-looped control	PID		✓	✓	✓	✓
Communications	read or write data to another station	MSG, SVC, BTR, BTW		✓	✓	✓	✓
ASCII	read, write, compare, convert ASCII strings	ABL, ACB, ACI, ACL, ACN, AEX, AHL, AIC, ARD, ARL, ASC, ASR, AWA, AWT			✓	✓	✓

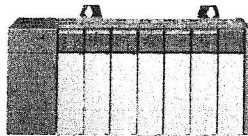
**Step 4 - Select:**

- chassis with sufficient slots  
(consider possible expansion)
- card slot fillers for open slots
- interconnect cables

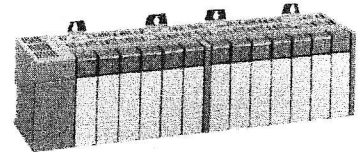
## Selecting an SLC 500 Chassis



4-Slot Chassis



7-Slot Chassis



13-Slot Chassis

SLC modular chassis provide flexibility in system configuration. Four chassis sizes are available to suit your application needs. Choose from 4-slot, 7-slot, 10-slot, and 13-slot chassis based on your modular hardware component requirements. The SLC 1746 modular chassis houses the processor or I/O adapter module and the I/O modules.

Each chassis requires its own power supply, which mounts on the left side of the chassis. A maximum of 3 chassis can be connected with chassis interconnect cables (not included). If an interconnect cable is required, select a chassis interconnect cable from the following table.

### Chassis and Cable Descriptions

Cat. No.	Description
1746-A4	4-Slot Chassis
1746-A7	7-Slot Chassis
1746-A10	10-Slot Chassis
1746-A13	13-Slot Chassis
1746-C7	Chassis Interconnect Cable – ribbon cable used when linking modular style chassis up to 152.4 mm (6 in) apart in an enclosure.
1746-C9	Chassis Interconnect Cable – used when linking modular style chassis from 152.4 mm (6 in) up to 914.4 mm (36 in) apart in an enclosure.
1746-C16	Chassis Interconnect Cable – used when linking modular style chassis from 0.914 m (36 in) up to 1.27 m (50 in) apart in an enclosure.

### 1746-N2 Card Slot Filler

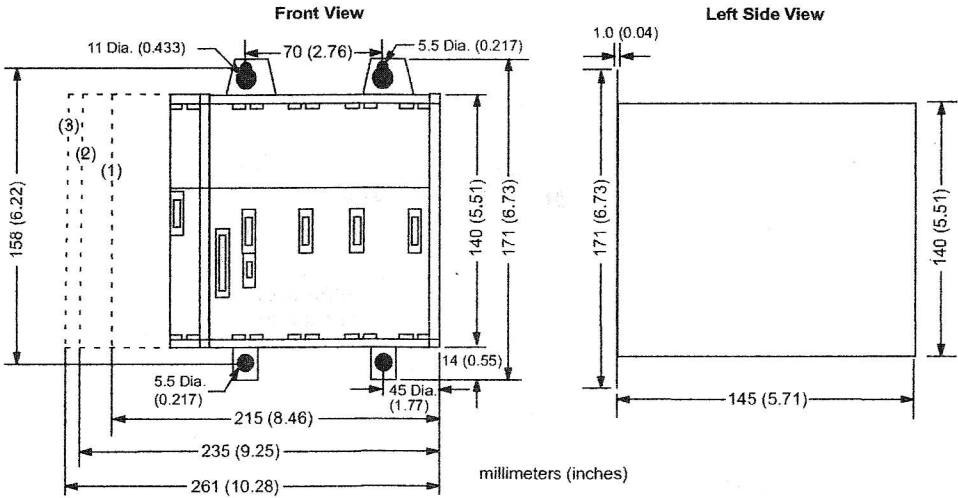
Use the 1746-N2 card slot filler to protect unused slots in the chassis from dust and debris.

# Chassis Dimension

The figures below provide mounting dimensions for each of the modular chassis and the available power supply options.

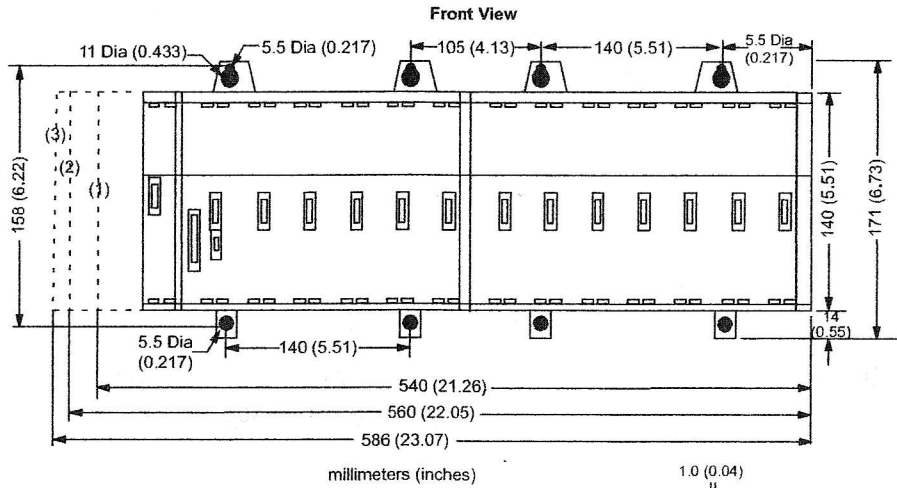
**Important:** In addition to dimensions, there are important spacing, heat, and grounding requirements which must be considered when mounting an SLC chassis. Refer to the *SLC 500™ Modular Chassis Installation Instructions*, publication number 1746-IN016 for more information.

## 4-Slot Modular Chassis

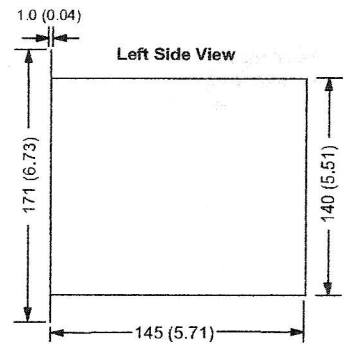


- (1) Dimensions for 1746-P1 Power Supply
- (2) Dimensions for 1746-P2, -P3, -P5, -P6 and -P7 Power Supplies.
- (3) Dimensions for 1746-P4 Power Supply.

### 13-Slot Modular Chassis



- (1) Dimensions for 1746-P1 Power Supply
- (2) Dimensions for 1746-P2, -P3, -P5, -P6, and P7 Power Supplies
- (3) Dimensions for 1746-P4 Power Supply



**Power Supply Catalog Numbers and Specifications**

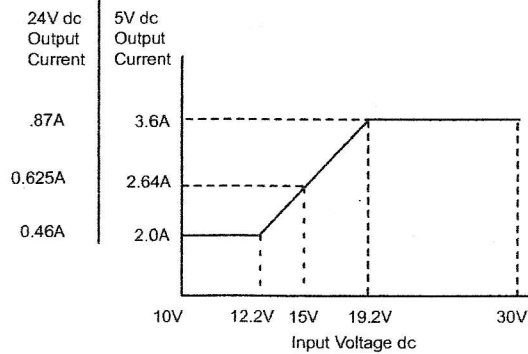
Cat. No.	Line Voltage	Current Capacity (Amps) at 5V	Current Capacity (Amps) at 24V	User Current Capacity	Inrush Current, Max.
1746-P1	85...132/170...265V ac, 47...63 Hz	2 A	0.46 A	0.2 A @ 24V dc	20 A
1746-P2	85...132/170...265V ac, 47...63 Hz	5 A	0.96 A	0.2 A @ 24V dc	20 A
1746-P3	19.2...28.8V dc	3.6 A	0.87 A	—	20 A
1746-P4	85...132/170...250V ac, 47...63 Hz	10 A	2.88 A*	1 A @ 24V dc *	45 A
1746-P5	90...146V dc	5 A	0.96 A	0.2 A @ 24V dc	20 A
1746-P6	30...60V dc	5 A	0.96 A	0.2 A @ 24V dc	20 A
1746-P7	10...30V dc, isolated	12V dc input: 2 A 24V dc input: 3.6 A	12V dc input: 0.46 A 24V dc input: 0.87 A	—	20 A

\* Total of all output power (5V backplane, 24V backplane, and 24V user source) must not exceed 70 W.


**General 1746-Px Power Supply Specifications**

Specification	Description
Operating Temperature	0...60 °C (32...140 °F) (Current capacity derated by 5% above 55 °C for P1, P2, P3, P5, P6 and P7, no derating for P4)
Relative Humidity	5...95% non-condensing
Wiring	#14 AWG (2mm <sup>2</sup> )

**1746-P7 Current Capacity**

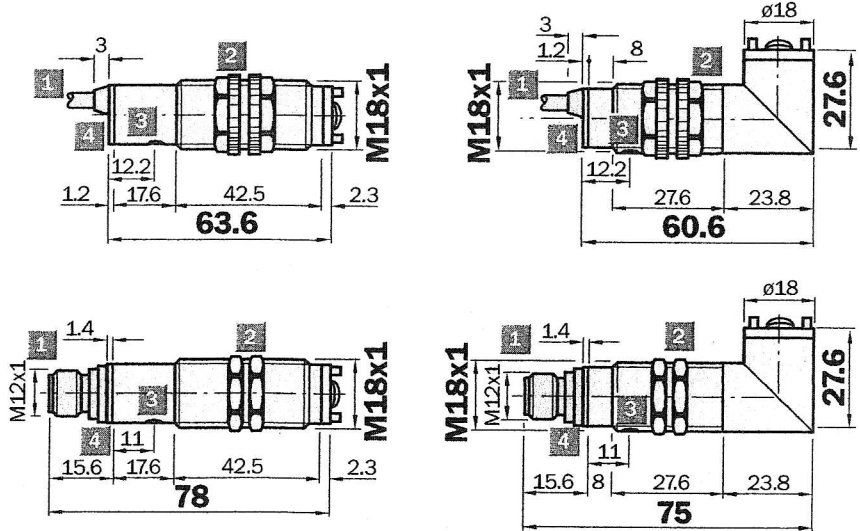


# VL 18-3/4 Photoelectric reflex switch, polarising filter, red light – DC


**Scanning range**  
**0.05...3.7 m**  
**Photoelectric reflex switch**

- With polarizing filter, which ensures reliable detection of objects with shiny surfaces
- Also suitable for "Diamond Grade" reflective tape
- Optionally VL 18-3 3-line model or VT 18-4 with light/dark control line
- Many other options

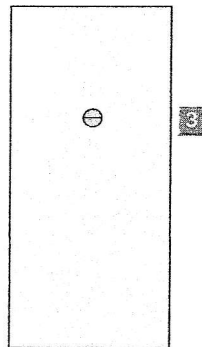
## Dimensional drawing



## Adjustments possible

See selection table on page 948

- 1** Connecting cable or plug
- 2** Fastening nut, width across 22 mm, made of **plastic** for equipment with plastic housing  
Fastening nut, width across 24 mm, made of **metal** for equipment with metal housing
- 3** Sensitivity control
- 4** Signal strength indicator, LED, yellow

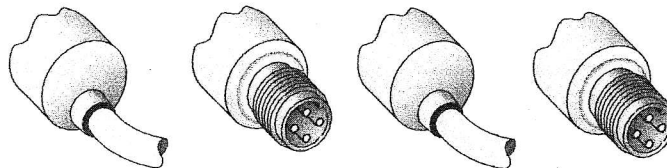


## Connection types

VL 18-3

VL 18-4

Variants, equipment options: See selection table on page 948 for type name and order no.



3 x 0.14 mm<sup>2</sup>

4-pin, M12

4 x 0.14 mm<sup>2</sup>

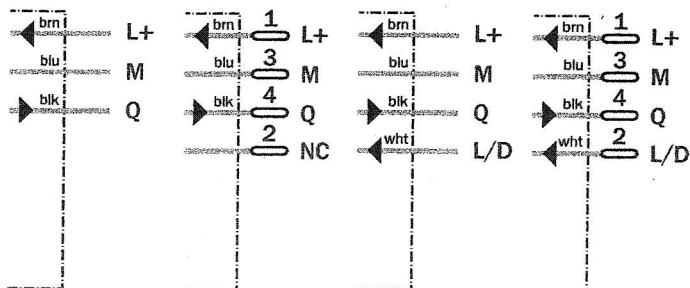
4-pin, M12

## See chapter Accessories

Cables and connectors

Mounting systems

Reflectors



Technical data		VL 18	3...	4...										
<b>Housing</b>	Straight													
	Angled, 90°													
<b>Scanning range,</b> max. typical/on reflector	0.05...3.7 m/C 110													
<b>Operating range</b> (optional)	0.05...3 m/C 110													
Sensitivity adjustable (optional)	Potentiometer 270°													
<b>Light source<sup>2)</sup>, light type</b>	LED, red light with polarising filter													
Light spot diameter	Approx. 150 mm at a distance of 3 m													
Angle of dispersion of sender	2.8°													
<b>Supply voltage <math>V_S</math></b>	10...30 V DC <sup>2)</sup>													
Residual ripple <sup>3)</sup>	± 10 %													
Current consumption <sup>4)</sup>	≤ 30 mA													
<b>Switching outputs</b> (optional)	PNP/NPN; open collector: Q													
Switching mode	Q, dark-switching													
	Q, light-switching													
via control wire L/D <sup>5)</sup>	Q, light-/dark-switching													
	+ $V_S$ = light-switching													
	0 V = dark-switching													
Output current $I_A$ max.	100 mA													
Response time <sup>6)</sup>	≤ 2 ms													
Max. switching frequency <sup>7)</sup>	250/s													
<b>Connection types</b>														
cable 2 m <sup>8)</sup>	PVC, 3 x 0.14 mm <sup>2</sup> , $\phi$ 3,1 mm													
	PVC, 4 x 0.14 mm <sup>2</sup> , $\phi$ 5 mm													
plug	4-pin, M12													
<b>VDE protection class<sup>9)</sup></b>	<input type="checkbox"/>													
<b>Circuit protection<sup>10)</sup></b>	A, B, C, D													
<b>Enclosure rating</b>	IP 67													
<b>Ambient temperature <math>T_A</math></b>	- 25 °C... + 70 °C													
<b>Weight</b>	metal housing	Approx. 120 g												
	plastic housing	Approx. 100 g												
<b>Housing material</b>														
metal housing	Nickel-plated brass; PBT/PC													
plastic housing	PBT/PC													
optic	PMMA													

1) Average service life 100,000 h at  $T_A = + 25$  °C

2) Limit values

3) Must be within  $V_S$  tolerances

4) Without load

5) Control wire open:  
NPN: light-switching  
PNP: dark-switching

6) With resistive load

7) With light/dark ratio 1:1

8) Do not bend below 0 °C

9) Reference voltage 50 V DC

10) A = Connections reverse-polarity protected

B = Inputs/outputs reverse-polarity protected

C = Interference suppression

D = Outputs overcurrent and short-circuit protected

#### Order information

See selection table on page 948





## 1.3 Installation

### 1.3.1 Introduction

#### General

IRB 660 is designed for floor mounting. Depending on the robot version, an end effector with max. weight of 180 to 250 kg including payload, can be mounted on the mounting flange (axis 6). See Load diagrams for IRB 660 generation robots in chapter Load diagram .

#### Working Range

The working range of axis 1 can be limited by mechanical stops. Position switches can be supplied on axis 1 for position indication of the manipulator.

#### External Mains Transformer

For mains voltage 200V and 220V an external transformer will be included.

### 1.3.2 Operating requirements

#### Protection standards

Manipulator IP67.

#### Explosive environments

The robot must not be located or operated in an explosive environment.

#### Ambient temperature

##### Description

Manipulator during operation

Complete robot during transportation and storage

##### Temperature

$\pm 0^{\circ}\text{C}^{\text{a}}$  (32°F) to  $+50^{\circ}\text{C}$  (122°F)

$-25^{\circ}\text{C}$  (-13°F) to  $+55^{\circ}\text{C}$  (131°F)  
for short periods not > 24 hours:  
 $+70^{\circ}\text{C}$  (158°F)

a. At cold start ( $0^{\circ}\text{C}$  to  $+5^{\circ}\text{C}$ ), run the robot in approximately 3 minutes with 25% of max. speed, before running in full performance.

#### Relative humidity

##### Description

Complete robot during operation, transportation and storage

##### Relative humidity

Max. 95% at constant temperature

# 1 Description

## 1.3.3 Mounting the manipulator

### 1.3.3 Mounting the manipulator

#### Maximum Load

Maximum load in relation to the base coordinate system.

	Endurance load in operation	Max. load at emergency stop
Force xy	$\pm 8.0$ kN	$\pm 15.9$ kN
Force z	$17.0 \pm 3.3$ kN	$17.0 \pm 10.6$ kN
Torque xy	$\pm 23.2$ kNm	$\pm 40.6$ kNm
Torque z	$\pm 10.1$ kNm	$\pm 14.4$ kNm



When using Base spacers (option 571-1) the Torque xz on the floor is 24.0 kNm for endurance load in operation and 42.2 kNm for Max. load at emergency stop. The other values above are the same as without Base spacers.

#### Fastening holes robot base

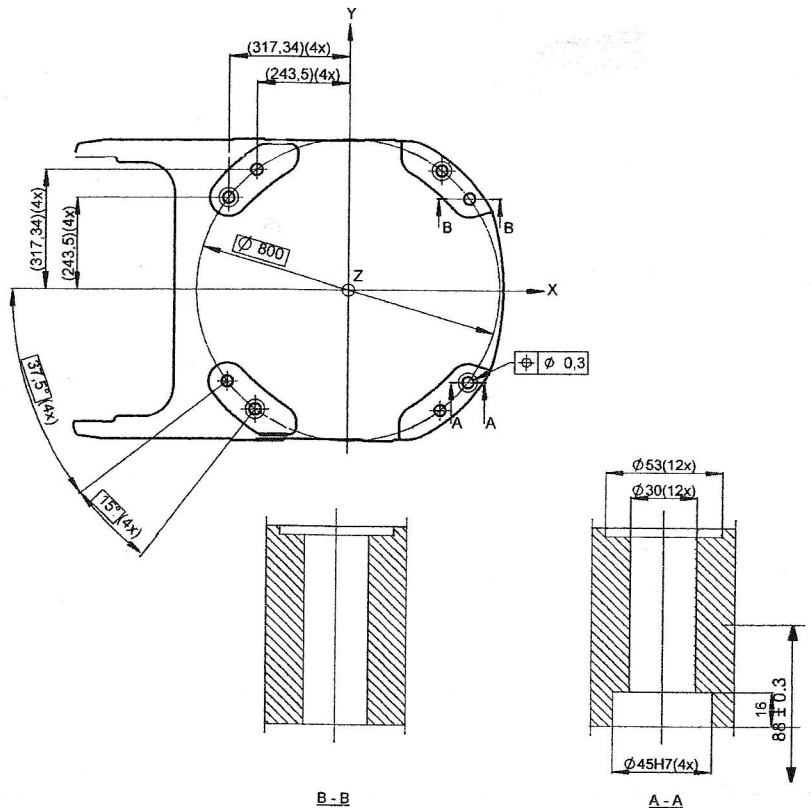


Figure 4 Hole configuration (dimensions in mm).

Recommended screws for fastening the manipulator to a base plate:  
M24 x 120 8.8 with 4 mm flat washer. Torque value 775 Nm.



Only two guiding sleeves shall be used. The corresponding holes in the base plate shall be circular and oval according to Figure 5 and Figure 8.

Regarding AbsAcc performance, the chosen guide holes according to Figure 5 and Figure 8 are recommended.

Base plate drawing

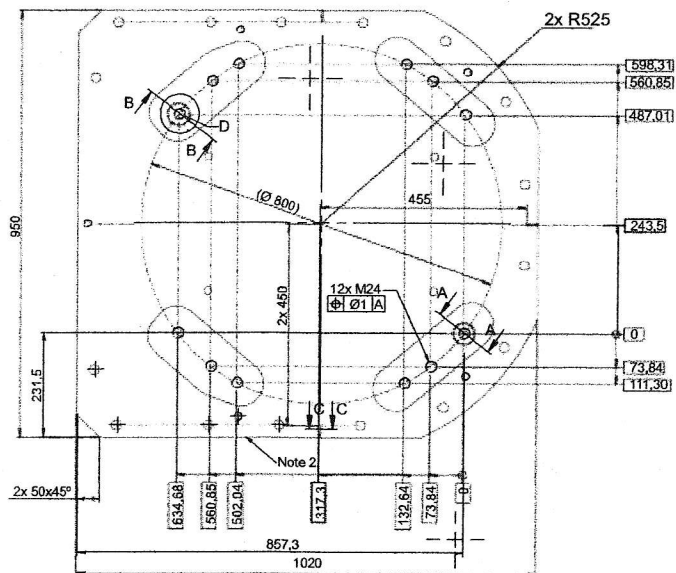
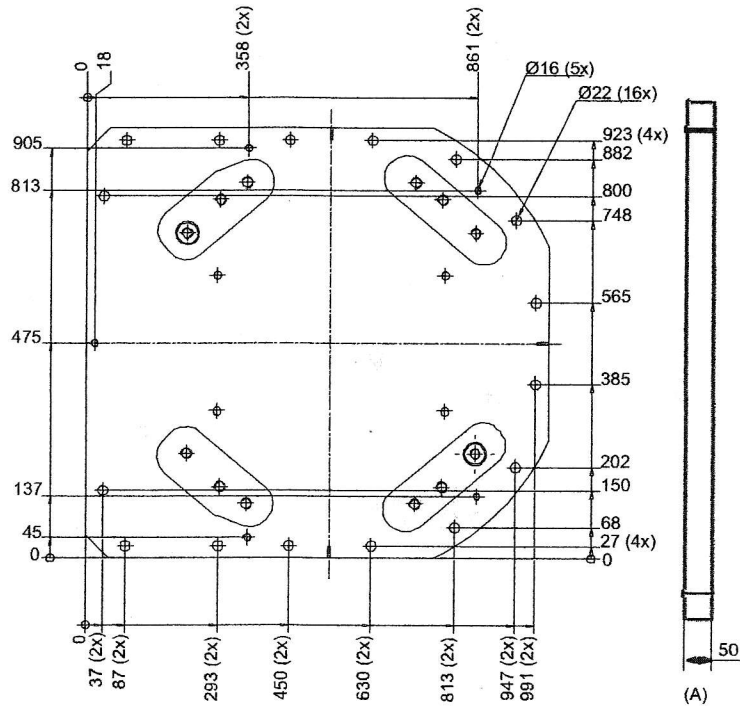


Figure 5 Option Base plate (dimensions in mm).

Pos	Description
A	Color: RAL 9005 Thickness: 80-100 µm

# 1 Description

## 1.3.3 Mounting the manipulator

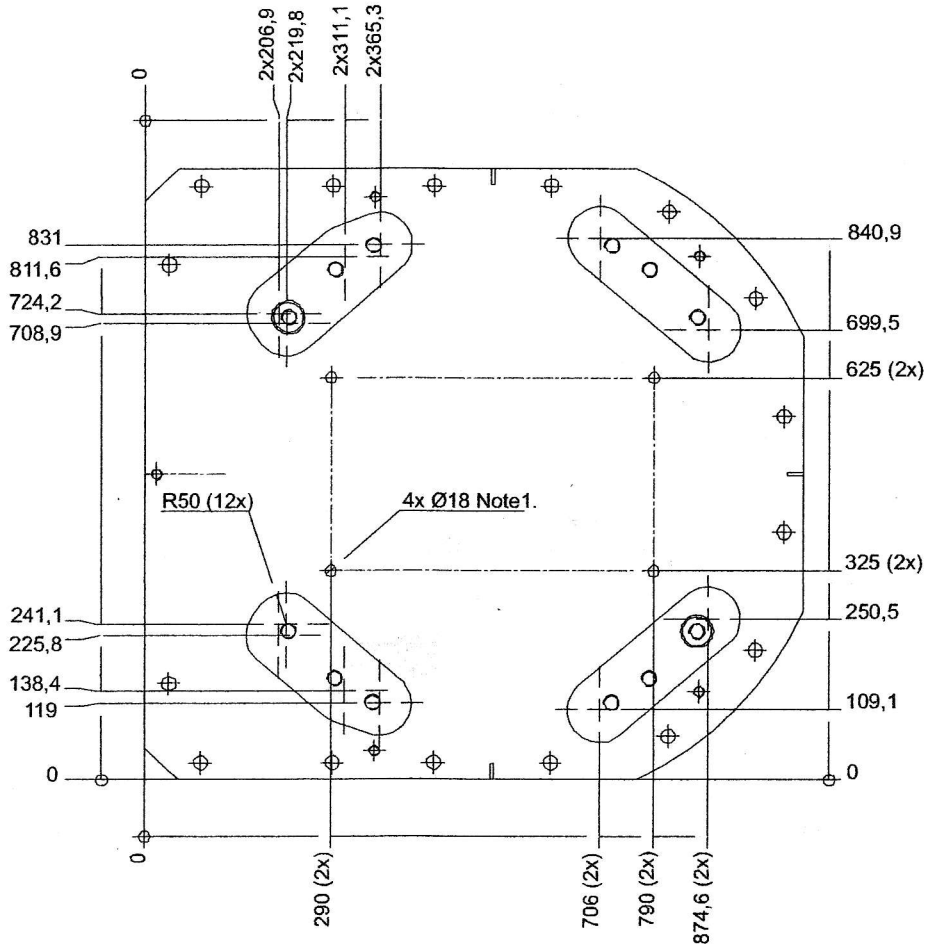
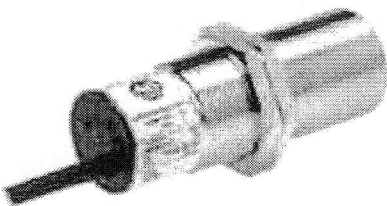


Figure 6 Option Base plate (dimension in mm).

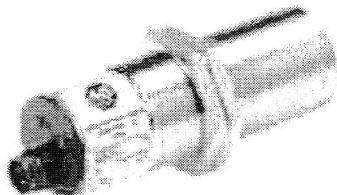


Especificaciones

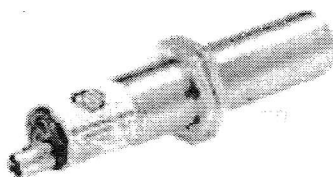
	12 mm	18 mm	30 mm
Corriente de carga	≤ 200 mA	≤ 200 mA	≤ 400 mA
Corriente de fuga	0.3 mA	0.1 mA	0.1 mA
Tensión de trabajo	10-36 VCC	10-60 VCC	10-60 VCC
Caída de tensión	≤ 2 V	≤ 2 V	≤ 3 V
Repetibilidad	≤ 10 %		
Histéresis	≤ 20 %		
Prot. contra ruidos transit.	Incorporado		
Prot. contra inv. de la polar.	Incorporado		
Prot. contra cortocircuitos	Incorporado		
Prot. contra sobrecargas	Incorporado		
Homologaciones	Marca CE para todas las directivas aplicables		
Envolvente	NEMA 12, IP65 (IEC 529) Cilindro de latón niquelado		
Conexiones	Cable: 2 m de longitud 3 hilos PVC Conector: Tipo Micro de 4 pines Tipo Pico de 3 pines		
Indicadores LED	Verde: Alimentación Amarillo: Salida		
Temperatura de operación	-25 °C a +70 °C (-13 °F a +158 °F)		



875C tipo cable CC  
12, 18, 30 mm  
página 4-11



875C CC tipo conector  
Micro  
30 mm  
página 4-11



875C CC, tipo conector  
Pico  
12, 18 mm  
página 4-11



Características

- Capacidad de detección de objetos metálicos, no metálicos, sólidos o líquidos
- Distancia ajustable de detección
- Operación por 3 hilos
- Conexión por 3 hilos, 3 patillas o 4 patillas
- Salida normalmente abierta o cerrada
- Protegidos contra cortocircuito, sobrecarga, inversión de la polaridad y ruidos transitorios
- Marca CE para todas las directivas aplicables

Factores de corrección

Material específico	Factor de corrección
Aceite de soya	0.15
Aceite de terpentina	0.10
Aceite de transformador	0.10
Acetona	0.75
Agua	1.0
Aire	0.0
Alcohol	0.85
Amoniaco	0.70 - 0.85
Anilina	0.40
Arena	0.15 - 0.30
Azúcar	0.15
Azufre	0.15
Baquelita	0.20
Barniz de silicón	0.15
Benceno	0.10
Caliza de conchas	<0.05
Celuloide	0.15
Cemento en polvo	0.25
Cenizas	0.05
Cereales	0.15 - 0.30
Cloro líquido	0.10
Cristal de cuarzo	0.20
Dióxido de carbono	0.0
Ebonita	0.15
Etanol	0.85
Etilénglicol	0.93
Freón R22 y 502 (líq.)	0.35
Gasolina	0.10
Glicerina	0.98
Goma	0.15 - 0.90
Harina	0.05
Laca	0.15 - 0.25
Leche en polvo	0.20

Factores de corrección

Material específico	Factor de corrección
Madera, seca	0.10 - 0.40
Madera, verde	0.60 - 0.85
Mármol	0.50
Mica	0.35
Nitrobenceno	0.93
Nylon	0.20 - 0.30
Panel de prensa	0.10 - 0.30
Papel	0.10
Papel satur. de aceite	0.25
Parafina	0.10
Perspex	0.15
Petróleo	0.05
Poliacetil	0.20
Poliamida	0.30
Poliestireno	0.15
Poliétileno	0.10
Polipropileno	0.10
Porcelana	0.25 - 0.40
Resina acrílica	0.10 - 0.25
Resina de urea	0.30 - 0.45
Resina epoxi	0.15 - 0.35
Resina estireno	0.15
Resina fenólica	0.20 - 0.60
Resina melamina	0.25 - 0.55
Resina poliéster	0.15 - 0.50
Resina PVC	0.15
Sal	0.35
Soluciones acuosas	0.98 - 1.0
Teflón	0.10
Tetracloruro de carbono	0.10
Tolueno	0.10
Vaselina	0.10
Vidrio	0.20 - 0.55

Guía de selección

Diám. del cilindro y tipo	Distancia de detección nominal mm (pulgadas)	Blindado	Configuración de salida		Frecuencia de conmutación (Hz)	Número de catálogo				
						Tipo cable	Tipo Micro QD	Tipo Pico QD		
Rosca de 12mm	0.04 (0.02) a 2 (0.08)	S	N.A.	PNP	25	875C-D2NP12-A2	—	—		
	2 (0.08)					—	—	875C-D2NP12-P3		
18 mm Rosca de				1 (0.04) a 5 (0.20)		PNP	875C-D5NP18-A2	—	875C-D5NP18-P3	
	NPN						875C-D5NN18-A2	—	875C-D5NN18-P3	
	N.C.					PNP	875C-D5CP18-A2	—	875C-D5CP18-P3	
						NPN	875C-D5CN18-A2	—	875C-D5CN18-P3	
	30 mm Rosca de		2 (0.08) a 10 (0.39)			N.A.	PNP	875C-D10NP30-A2	875C-D10NP30-D4	—
							NPN	875C-D10NN30-A2	875C-D10NN30-D4	—
N.C.				PNP		875C-D10CP30-A2	875C-D10CP30-D4	—		
				NPN		875C-D10CN30-A2	875C-D10CN30-D4	—		
Conjunto de cable QD estándar recomendado (-2 = 2 m (6.5 pies))						889D-F4AC-2	889P-F3AB-2			

Conjuntos de cables QD y accesorios

Descripción	Número de página
Soportes de montaje	2-188 - 2-192
Tuercas de montaje	2-199 - 2-200
Cajas de terminales	5-19
Otros conjuntos de cables disponibles	5-25, 5-52

Dimensiones—mm (pulgadas)

Tipo cable

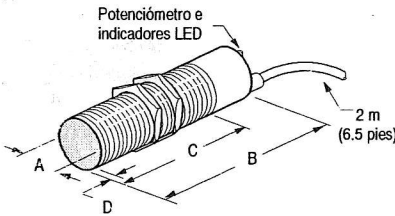
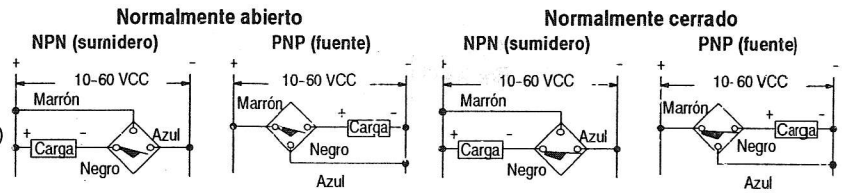
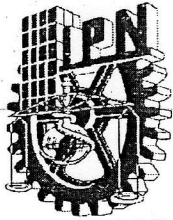


Diagrama de cableado

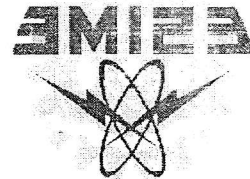


Tamaño de la rosca	mm (pulgadas)			
	A	B	C	D
M12 x 1	12.0 (0.47)	61.5 (2.42)	40.5 (1.59)	1.0 (0.04)
M18 x 1	18.0 (0.71)	82.0 (3.23)	61.0 (2.40)	1.0 (0.04)
M30 x 1.5	30.0 (1.18)	82.0 (3.23)	61.0 (2.40)	1.0 (0.04)





**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
 ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
 UNIDAD PROFESIONAL "ADOLFO LOPEZ MATEOS"  
 COL. LINDAVISTA 07738 MEXICO, D. F. TEL.57296000 EXT.54551  
**SUBDIRECCION DE EXTENSION Y APOYO ACADEMICO**



**DEPARTAMENTO DE PRÁCTICAS PROFESIONALES Y SERVICIO SOCIAL**

"50 Aniversario del patronato de Obras e Instalaciones"

"50 Aniversario del CECYT14 Luis Enrique Erró"

"40 Aniversario de la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas"

"40 Aniversario del planetario Luis Enrique Erró"

**México, D. F. 9 de Agosto del 2007**

**OFICIO No. OVE/355/07**

**ING. SIMON GARCIA ROMERO**  
**GERENTE DE PLANTA**  
**COOPERATIVA PASCUAL BOING**  
 AV. DE LAS DILIGENCIAS No. 7  
 BARRIO DEL TEPOJACO  
 PARQUE INDUSTRIAL TIZAYUCA, HIDALGO C. P. 43810  
**P R E S E N T E.**

Me permito distraer su fina atención solicitando su autorización a fin de efectuar una visita de carácter Técnico – Educativo a las instalaciones del mismo a su digno cargo, con el grupo **9A3M** alumnos del 9º semestre en la Carrera de Ingeniería en Control y Automatización, como reforzamiento practico a nivel curricular en su formación profesional de ser posible para el día **18** de Agosto del año en curso, en caso de contar con el permiso necesario acudirán los siguientes Alumnos.

<b>BOLETA</b>	<b>NOMBRE</b>
<b>2004300064</b>	<b>BUENDIA ROJAS LAURA DANIELA</b>
<b>2004300849</b>	<b>HERNANDEZ OLIVA NOEMI</b>
<b>2004301165</b>	<b>SAUCEDO GARAY MARISELA</b>

Agradeciendo de antemano su valiosa colaboración y en espera de vernos favorecidos aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"**

**ING. JOSE ANGEL MEJIA DOMINGUEZ**  
**JEFE DEL DEPTO. DE PRÁCTICAS PROFESIONALES**  
**Y SERVICIO SOCIAL**

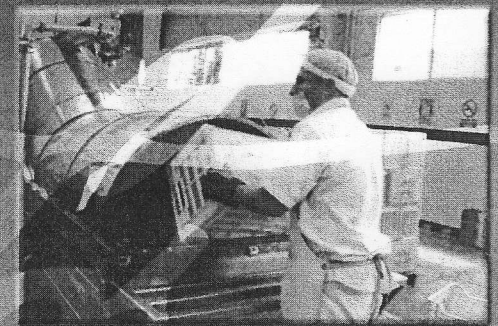
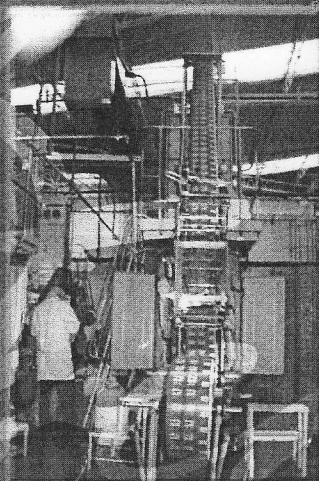
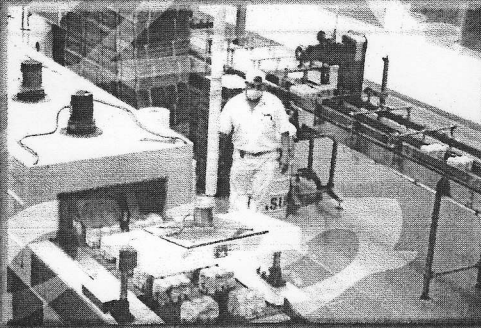
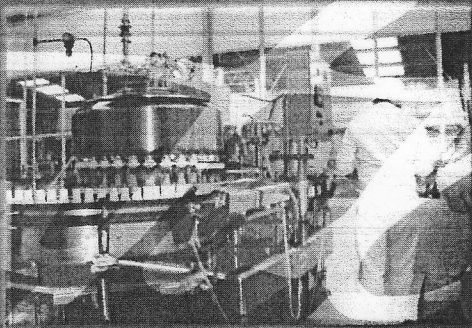


c.c.p. Ing. Rafael Navarrete Escalera.-Subdirector de Extensión y Apoyo Académico  
 c.c.p- Ing. Hugo Quintana Espinosa.-Jefe del Depto. Académico de Ingeniería Eléctrica  
 Profesor responsable del grupo.  
 Expediente.

JMD/ifr.\* **TEL. (5) 7-29-60-00 FAX: 54510**

# Datos Técnicos

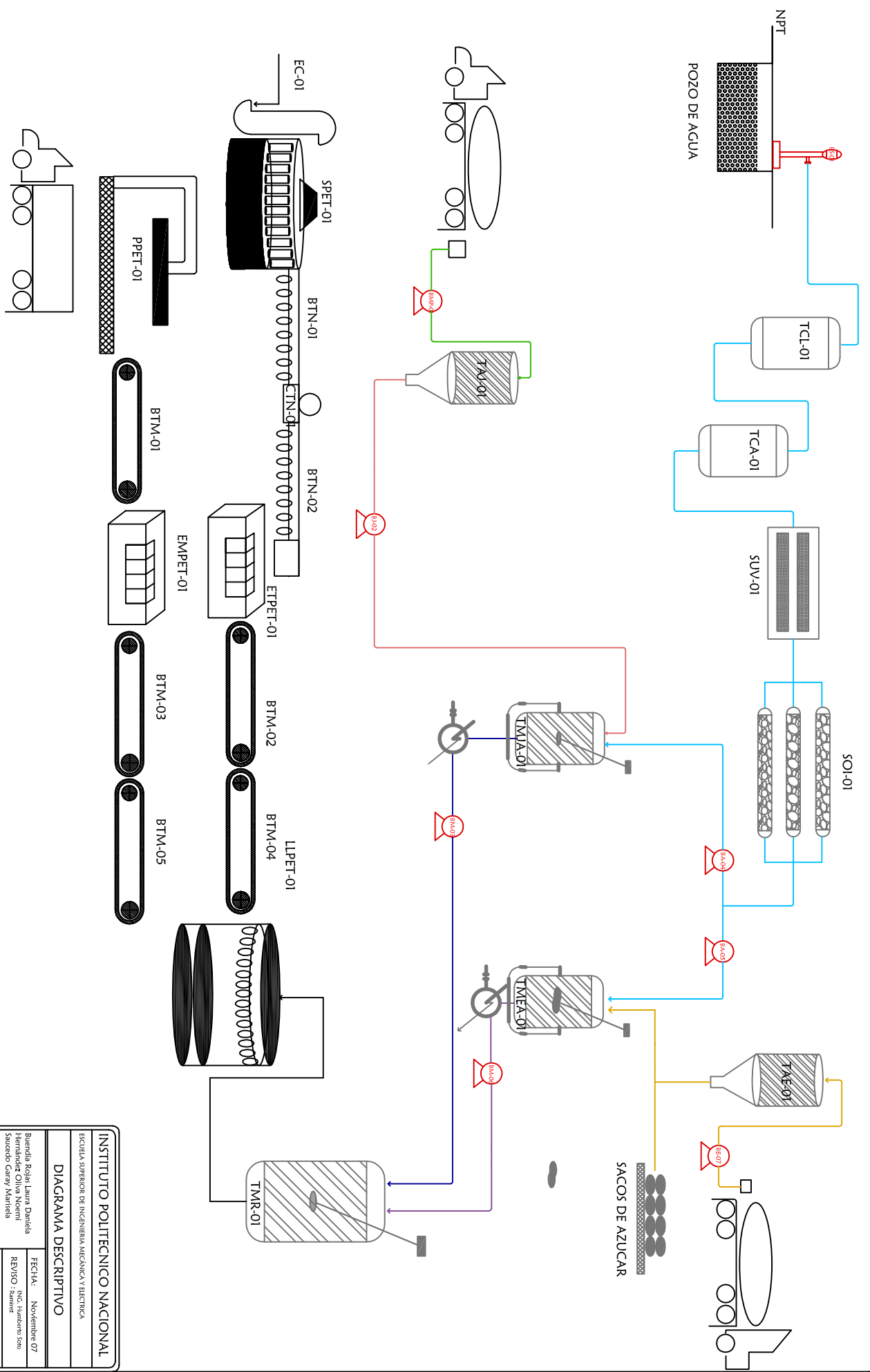
Datos técnicos Technical data	Unidades x caja Items per package	Peso por caja (Kg) Weight per package (Kg)	Cajas x banco Package per pallet	Piezas x banco Items per pallet	Pallets Pallets	Peso x pallet (Kg) Weight per pallet (Kg)	Peso x trailer (Kg) Weight per trailer (Kg)
<b>BOINGI</b>							
Tetra Slim 1000 ml.	12	12.90	75	900	24	982.67	23,584.08
Tetra Brik 500 ml.	24	12.90	78	1,872	23	1,021.37	23,491.51
Tetra Brik 250 ml.	27	7.40	120	3,240	27	903.17	24,385.59
Tetra Classic 250 ml.	18	5.50	48	864	62	279.17	17,308.54
Tetra Classic A1 200 ml.	24	5.20	66	1,584	32	358.37	13,427.00
Lata de Aluminio 340 ml.	24	8.90	90	2,160	29	816.17	23,668.93
Botella Retornable 354 ml.	24	17.50	35	840	32	627.67	20,085.44
Botella no Retornable 346 ml.	24	13.10	63	1,512	28	840.47	23,533.16
<b>PASCUAL</b>							
Envase Pet 2000 ml.	6	13.10	64	384	28	853.57	23,899.96
Envase Pet 600 ml.	24	15.80	45	1,080	32	726.17	23,237.44
Envase Pet 300 ml.	24	7.80	91	2,184	32	724.97	23,199.04
Lata de Aluminio 355 ml.	24	8.90	92	2,208	29	833.97	24,185.13
Botella Retornable 414 ml.	24	21.60	35	840	31	771.17	23,906.27
<b>LULÚ</b>							
Envase Pet 3000 ml.	6	19.10	52	312	24	1,008.37	24,200.88
Envase Pet 300 ml.	24	7.80	96	2,304	32	763.97	24,447.04
Botella Retornable 295 ml.	24	15.50	42	1,008	32	666.17	21,317.44
<b>PASCUALÍN</b>							
Envase Polietileno 250 ml.	24	6.50	104	2,496	32	691.17	22,117.44
<b>NÉCTASIS</b>							
Botella de Vidrio 300 ml.	24	11.80	60	1,440	32	723.17	23,141.44
Tetra Slim 1000 ml.	12	12.90	75	900	24	982.67	23,584.08
Tetra Slim 200 ml.	24	5.5	120	2,880	32	675.17	21,605.44
Tetra Prisma 330 ml.	18	6.68	120	2,160	29	816.77	23,686.33
<b>WOOPY</b>							
Tetra Wedge 200 ml.	24	5.5	100	2,400	32	565.17	18,085.44
<b>AGUA PASCUAL</b>							
Botella Pet 1500 ml.	12	20.9	40	480	28	851.17	23,832.76
Botella Pet 500 ml.	24	13.1	60	1,440	30	801.17	24,035.10
<b>LECHE PASCUAL</b>							
Tetra Brik 1000 ml.	12	12.9	90	1,080	20	1,176.17	23,523.40



## SLC 500 Common Specifications

The following specifications apply to all SLC 500 modular components unless noted.

Description	Specification
Temperature	Operating: 0...60 °C (32...140 °F) Storage: -40...85 °C (-40...185 °F)
Humidity	5...95% without condensation
Vibration	Operating: 1.0 g at 5...2000 Hz Non-operating: 2.5 g at 5...2000 Hz
Shock	Operating: 30 g (3 pulses, 11 ms) - for all modules except relay contact Operating: 10 g (3 pulses, 11 ms) - for relay contact modules 1746-OWx and 1746-IOx combo Non-operating: 50 g, 3 pulses, 11 ms
Free Fall (drop test)	Portable, 2.268 kg (5 lbs) or less at 0.762 m (30 in.), six drops Portable, 2.268 kg (5 lbs) or less at 0.1016 m (4 in.), three flat drops
Noise Immunity	NEMA Standard ICS 2-230
Electromagnetic Compatibility	Showering ARC: 1.5 kV (Industry Standard - NEMA ICS 2-230/NEMA ICS 3-304) Surge Withstand Capability: 3 kV (Industry Standard - IEEE Std. 472-1974/ANSI C37.90/90A-1974) Fast Transient Burst (impulse): 2 kV for 1746 power supplies, 1 kV for 1746-I/O and communication lines over 10 m (32.48 ft), 5 ms rise time Electrostatic Discharge (ESD): 15 kV, 100 pF/1.5 kΩ model Radiated Electromagnetic Susceptibility: 5 W walkie-talkie at 464.5 MHz and 153.05 MHz
Safety	Dielectric Withstand: 1500V ac (Industry Standard - UL 508, CSA C22.2 No. 142) Isolation between Communication Circuits: 500V dc Isolation between Backplane and I/O: 1500V ac Flammability and Electrical Ignition: UL94V-0
Certification (when product or packaging is marked)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• C-UL or CSA certified</li> <li>• UL Listed</li> <li>• Class I, Groups A, B, C or D, Division 2</li> <li>• CE marked for all applicable directives</li> <li>• C-Tick marked for all applicable acts</li> </ul>



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIAGRAMA DESCRIPTIVO

Bienvenida Rojas, Laura Daniela  
 Hernandez Oliva Noemí  
 Saucedo Caray, Mariana

FECHA: Noviembre 07

REVISOR: Ramirez

AUTORIZADO: INIC, Numero 500

Numero