



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA EN LA FABRICACIÓN DE BOTELLAS DE VIDRIO

Immer Othoniel Collado González

Asesorado por el Ing. Pedro Javier Obregón Leche

Guatemala, mayo de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA EN LA
FABRICACIÓN DE BOTELLAS DE VIDRIO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

IMMER OTHONIEL COLLADO GONZÁLEZ

ASESORADO POR EL ING. PEDRO JAVIER OBREGÓN LECHE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, MAYO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
EXAMINADOR	Ing. Romeo Neftalí López Orozco
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Córdova Zeceña
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA EN LA FABRICACIÓN DE BOTELLAS DE VIDRIO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 20 de agosto de 2009.



Immer Othoniel Collado González

Guatemala 12 de Diciembre de 2011

Ingeniero
Carlos Eduardo Guzmán Salázar
Coordinador del Área de Electrónica
Escuela de Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Gúzman:

De acuerdo a lo establecido por parte de la Dirección de Escuela, me permito informarle que he tenido a bien asesorar el Trabajo de Graduación titulado: DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA EN LA FABRICACIÓN DE BOTELLAS DE VIDRIO, desarrollado por el estudiante IMMER OTHONIEL COLLADO GONZÁLEZ, Carné: 2001 – 17676 y, encontrándolo satisfactorio en su contenido y resultados, me permito dar aprobación al mismo remitiéndole a esa coordinación para el tramite pertinente, en el entendido que el Autor y este Asesor somos responsables del contenido y conclusiones del trabajo.

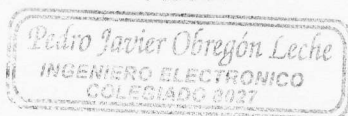
Me es grato suscribirme, sin otro particular.

Atentamente,



Ing. Pedro Javier Obregón Leche

Asesor





FACULTAD DE INGENIERIA

Ref. EIME 05. 2012
Guatemala, 06 de FEBRERO 2012.

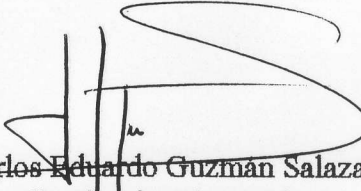
Señor Director
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

**Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA
EN LA FABRICACIÓN DE BOTELLAS DE VIDRIO”, del
estudiante Immer Othoniel Collado González, que cumple con los
requisitos establecidos para tal fin.**

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador de Electrónica

CEGS/sro





FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 06. 2012.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; **IMMER OTHONIEL COLLADO GONZÁLEZ** titulado: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA EN LA FABRICACIÓN DE BOTELLAS DE VIDRIO”**, procede a la autorización del mismo.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero

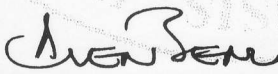


GUATEMALA, 08 DE MARZO 2,012.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA EN LA FABRICACIÓN DE BOTELLAS DE VIDRIO**, presentado por el estudiante universitario Immer Othoniel Collado González, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
Decano en Funciones



Guatemala, mayo de 2012

/cc

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por permitirme alcanzar una meta más.
- Mi familia** Por su apoyo, comprensión e impulso en todo momento.
- La Universidad de San Carlos** Por permitirme adquirir los conocimientos para crecer personal y académicamente.
- Mi asesor** Ing. Pedro Obregón, por su apoyo y por compartir sus conocimientos y experiencia para poder completar este trabajo.

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres	Immer Collado y Rosa María González; este logro es gracias a su apoyo incondicional.
Mis hermanos	Rosa María, Celeste y Jeser.
Mis abuelos	Pedro Collado e Hilda Donis, Ovidio González y Leonarda Sánchez.
Mi familia	Por siempre darme ánimos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
GLOSARIO	V
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. PROCESO DEL SOPLADO DE VIDRIO.....	1
1.1. Botellas de vidrio.....	1
1.1.1. Introducción	1
1.1.2. Características técnicas principales.....	2
1.1.3. Proceso de fabricación.....	6
1.2. Soploras de vidrio.	10
1.2.1. Máquinas tipo IS (Sección Individual).....	11
1.2.2. Funcionamiento	12
2. AUTOMATIZACIÓN E INSTRUMENTACIÓN	15
2.1. Controladores lógicos programables	15
2.1.1. Modo de funcionamiento.....	19
2.1.2. Ciclo de funcionamiento.....	19
2.1.3. Componentes.....	21
2.1.4. Interfaces	23
2.1.4.1. Entradas y salidas.....	25
2.2. Sensores.....	26
2.2.1. Características deseables de los transductores.....	28
2.2.2. Selección de los sensores en la automatización.....	29

2.2.3.	Clasificación de los sensores.....	29
2.2.4.	Algunos tipos de sensores.....	31
2.2.4.1.	Sensores de proximidad.....	31
2.2.4.2.	Sensores inductivos.	33
2.2.4.3.	Sensor capacitivo	34
2.2.4.4.	Sensores ultrasónicos	36
2.2.4.5.	Sensores infrarrojos	37
2.3.	Pantallas HMI	38
2.3.1.	Software	41
3.	DISEÑO.....	43
3.1.	Selección del equipo.....	44
3.1.1.	PLC.....	44
3.1.2.	Pantalla HMI	45
3.1.3.	Sensores.....	45
3.2.	Programación.	46
3.2.1.	Programación del PLC.....	46
3.2.2.	Programación de la pantalla HMI.....	47
	CONCLUSIONES.....	55
	RECOMENDACIONES.....	57
	BIBLIOGRAFÍA.....	59
	APÉNDICES	61

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Características de una botella de vidrio.....	2
2.	Base de la botella.....	3
3.	Tipos de bocas de botella.....	4
4.	Proceso de fabricación.....	7
5.	Máquina tipo IS.....	13
6.	Sensor de proximidad.....	32
7.	Aplicaciones.....	33
8.	Sensor capacitivo.....	35
9.	Pantalla eficiencia horaria.....	48
10.	Pantalla eficiencia diaria.....	49
11.	Pantalla eficiencia carrera.....	50
12.	Pantalla teórico botellas.....	51
13.	Pantalla real botellas.....	52
14.	Pantalla <i>password</i>	53
15.	Pantalla ajustes.....	54

TABLAS

I.	Normativa española UNE 126102:2004.....	5
----	---	---

GLOSARIO

Abrasión	Desgaste mecánico por fricción de cuerpos extraños.
Automatización	Es el uso de sistemas o elementos computarizados para controlar maquinarias y/o procesos industriales, sustituyendo a operadores humanos.
Bit	Es la unidad más pequeña utilizada para medir un dato de computadora. Un bit puede tener dos valores: 1 o 0. Es la cantidad mínima de información en un sistema informático.
Bobina	Es un componente pasivo de un circuito eléctrico que, debido al fenómeno de la autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético.
Boceto	Proyecto o esquema previo a la finalización de una obra u objeto.
Borne	Salida metálica de un dispositivo eléctrico donde se conecta algún accesorio o extremo de un circuito.

Contactador	Es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, en un circuito de potencia.
Corrientes Eddy	Se producen cuando un conductor atraviesa un campo magnético variable, o viceversa. El movimiento relativo causa una circulación de electrones, o corriente inducida dentro del conductor. Estas corrientes circulares crean electroimanes con campos magnéticos que se oponen al efecto del campo magnético aplicado.
E/S	Abreviatura de entrada/salida. El término E/S describe cualquier programa, operación o dispositivo que transfiera datos desde o hacia una computadora y desde o hacia un dispositivo periférico.
Electroválvula	Es un dispositivo diseñado para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto, accionado por medios eléctricos.
Ethernet	Es un estándar para redes de computadoras muy utilizado por su aceptable velocidad y bajo costo. Admite distintas velocidades según el tipo de hardware utilizado, siendo las más comunes 10 Mbits/s y 100 Mbits/s.

Fotodiode	Tipo de celda fotovoltaica que consiste en una unión de semiconductores que es sensible a la luz, de modo que la corriente que lo atraviesa depende de la intensidad de luz que incide sobre él.
Fototransistor	Transistor bipolar o de campo, capaz de responder a señales de luz.
Fusión	Proceso físico que consiste en el cambio de estado de la materia del estado sólido al estado líquido por la acción del calor.
Hardware	Son los elementos físicos de un sistema informático.
Inerte	Material que tiene la característica de no modificar las propiedades físicas, químicas o biológicas al contacto de cualquier sustancia, que se presente en sus diferentes estados.
Infrarrojo	Rayo electromagnético cuya longitud de onda es superior a 0.7; es decir, superior a la de la luz roja visible.
Interface	Es el punto de comunicación entre dos elementos electrónicos o informáticos. Muchas veces se refiere a él como puerto.

Lehr	Un tipo especial de horno utilizado específicamente para el recocido de vidrio.
Memoria flash	Tipo de memoria que puede ser borrada y reprogramada en unidades de memoria llamadas bloques. Su nombre se debe a que el microchip permite borrar fragmentos de memoria en una sola acción o flash.
Modbus	Es un protocolo de comunicaciones basado en la arquitectura cliente/servidor, diseñado en 1979 por Modicon, para su gama de controladores lógicos programables.
Optoelectrónica	Es el nexo de unión entre los sistemas ópticos y electrónicos. Los componentes optoelectrónicos son aquellos cuyo funcionamiento está relacionado directamente con la luz.
Oscilador	Circuito electrónico que convierte la energía de corriente continua en una corriente alterna de frecuencia determinada.
Periféricos	Aparatos o dispositivos auxiliares e independientes conectados a la unidad central de procesamiento de una computadora.

RAM	Siglas en inglés de Random Access Memory y cuyo contenido puede ser leído, borrado o modificado a voluntad, a diferencia de la memoria ROM.
Relé	Dispositivo electromecánico que, estimulado por una corriente eléctrica muy débil, abre o cierra un circuito en el cual se disipa una potencia mucho mayor que en el circuito estimulador.
Reset	Se refiere a la puesta en condiciones iniciales de un sistema. Este puede ser mecánico, electrónico o de otro tipo.
ROM	Sigla de Read Only Memory (Memoria de lectura solamente). La ROM se usa para mantener los programas y datos que deben sobrevivir cuando se apaga la computadora. Como la ROM no es volátil, los datos en la misma permanecerán sin cambios hasta la próxima vez que se encienda.
SCADA	Proviene de las siglas Supervisory Control And Data Adquisiton. Es una aplicación de software diseñada para funcionar sobre computadoras en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo y controlando el proceso de forma automática.

Señal analógica	Es aquella señal que puede tomar una infinidad de valores dentro de un límite superior e inferior. Se representa habitualmente como una serie de ondas senoidales.
Señal digital	Señal cuyos valores no son continuos sino discretos, lo que significa que la señal toma unos valores fijos predeterminados. Estos valores fijos se toman del sistema binario, por lo que la señal queda convertida en ceros y unos.
Señalización	Intercambio de información que concierne específicamente al establecimiento y control de las conexiones y a la gestión en una red de telecomunicaciones.
Sintaxis	Conjunto de reglas formales que para un lenguaje de programación, determinan si una secuencia de código fuente es un programa bien formado en este lenguaje.
Sodo-cálcico	Tipo de vidrio que se obtiene fundiendo soda y cal a elevadas temperaturas.
Software	Conjunto de instrucciones y datos codificados para ser leídos e interpretados por una computadora.

Solenoides	Es un alambre aislado enrollado en forma de hélice por el que circula una corriente eléctrica. Cuando esto sucede, se genera un campo magnético.
Switch	Dispositivo que conecta, desconecta, selecciona, o transfiere uno o más circuitos.
TFT	Thin Film Transistor (Transistor de película fina). Tecnología de fabricación de transistores de película delgada que permite la realización de pantallas planas para visualización de datos multimedia.
Troquel	Molde empleado para acuñar o dar cierta forma a un objeto en un proceso de fabricación.
Ultrasónica	Es una onda acústica o sonora cuya frecuencia está por encima del espectro audible del oído humano.

RESUMEN

En los procesos industriales modernos, la optimización de los recursos juega un papel importante debido a la preocupación de las empresas en cuanto a las normas y especificaciones de calidad, cada vez con mayor exigencia en la industria.

El presente trabajo de graduación incluye, en el capítulo 1, una descripción de las características más importantes de las botellas de vidrio, especificaciones y una explicación del proceso de fabricación. Se describe también el tipo de máquina que se utiliza para dicho proceso de y una explicación de su funcionamiento.

En el capítulo 2, se realiza una reseña de la evolución de los sistemas basados en PLC y se hace una revisión de sus componentes y modo de funcionamiento. Se hace una descripción de los sensores y las pantallas HMI, haciendo mención de sus características principales y aplicaciones.

En el capítulo 3, se explica el funcionamiento del sistema diseñado a nivel de *hardware*; se presentan los dispositivos utilizados y sus características. También se incluye la explicación del funcionamiento del programa y las opciones de visualización y control. Se incluye además, el plano eléctrico del sistema y una muestra funcional del código fuente para PLC utilizado en la construcción del sistema.

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema que determine la eficiencia en una línea de producción de fabricación de botellas de vidrio.

Específicos

1. Determinar las características físicas de la planta de producción para identificar los elementos que se van a utilizar.
2. Realizar la descripción de los equipos y dispositivos que se van a utilizar para la construcción del sistema.
3. Realizar el diseño del sistema de acuerdo con las características de la línea de producción.
4. Diseñar el *software* necesario para los requerimientos del proceso industrial de fabricación de botellas de vidrio.

INTRODUCCIÓN

En la industria de la fabricación de botellas de vidrio intervienen muchos factores, los cuales determinan la calidad de la producción. Uno de estos factores es la eficiencia, la cual indica en qué porcentaje la materia prima utilizada se transforma en un producto que llena los requisitos de calidad para determinada línea de producción.

La determinación de la eficiencia en cualquier proceso industrial es de mucha importancia, ya que con ella es posible medir el desempeño general del sistema. Con esta medición se puede determinar, por ejemplo, qué tanto mantenimiento necesitan las máquinas involucradas en el proceso, qué tanta materia prima se está desperdiciando, etc., ayudando así a buscar formas para optimizar los recursos y así tener una producción más eficiente.

Al momento de la construcción de un sistema que sea capaz de medir la eficiencia en un proceso industrial, se deben tomar en cuenta muchas variables. En el caso de la fabricación de botellas de vidrio, se debe pensar en factores ambientales principalmente, además de tener el cuidado de que el sistema de medición de eficiencia no entorpezca o interrumpa en ningún momento el proceso o haga disminuir la calidad de la línea de producción.

Considerando lo antes mencionado, se ha pensado en el diseño de un sistema de medición de la eficiencia, utilizando controlador lógico programable, en el que se utilizarían además sensores para determinar los parámetros necesarios para realizar la medición.

Esta solución, además de requerir bajo mantenimiento, garantiza una gran precisión en la medición de los parámetros, debido a las características de los controladores lógicos programables en cuanto a procesamiento de información se refiere.

Con la selección de los sensores y de los dispositivos auxiliares adecuados, se puede obtener un sistema bastante confiable, logrando así los objetivos que la empresa requiere.

1. PROCESO DEL SOPLADO DE VIDRIO

1.1. Botellas de vidrio

Las botellas industriales de vidrio constituyen uno de los tipos de envases de uso, más comunes en la industria alimentaria. Una característica propia de estos recipientes es el pequeño diámetro de la abertura o boca; lo que permite el envasado de productos líquidos.

1.1.1. Introducción

El vidrio utilizado en la fabricación de botellas es de tipo sodo-cálcico, donde las características principales de estos envases son: el color y el tipo de tapa aplicable (del que dependerá el tipo de boca que se va a utilizar).

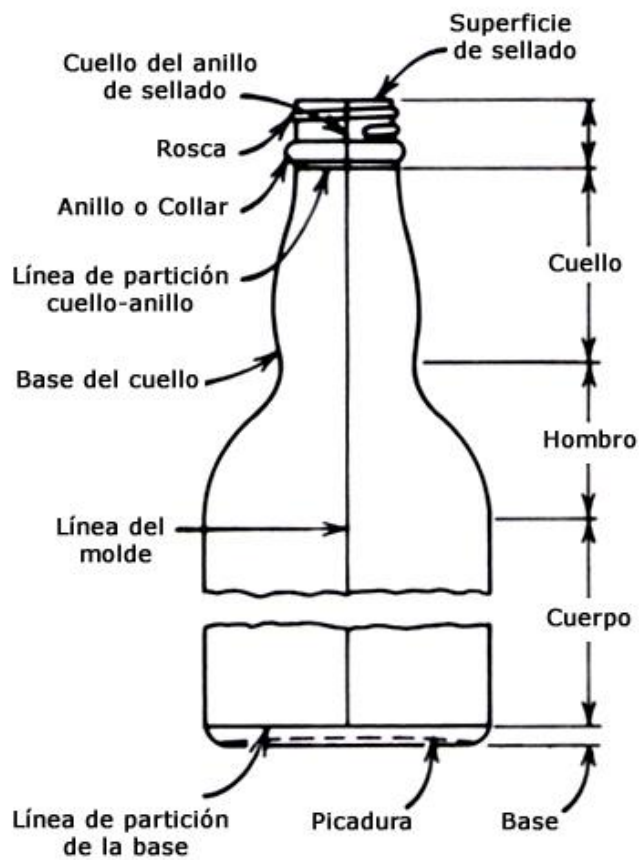
Una de las ventajas que poseen las botellas de vidrio, es la mejor conservación de las características del producto contenido, sobre todo en almacenamientos prolongados; ya que el vidrio es impermeable a los gases, vapores y líquidos.

Por otro lado, es químicamente inerte frente a líquidos y productos alimentarios. Otra característica es, que se trata de un material higiénico de fácil limpieza, esterilizable e inodoro; no transmite los gustos, ni los modifica. Puede colorearse y aportar así una protección frente a los rayos ultravioletas que pudieran dañar al contenido; si se desea transparente, permite controlar visualmente al producto.

1.1.2. Características técnicas principales

Las partes principales de una botella de vidrio se detallan a continuación:

Figura1. Características de una botella de vidrio



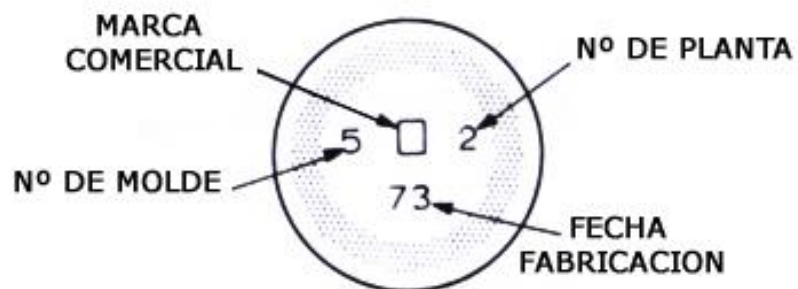
Fuente: <http://www.guiaenvase.com> [consulta: noviembre de 2010]

Por otro lado, en las fichas técnicas deben de constar como mínimo las siguientes características de la botella:

- Diámetro de interior y exterior de la boca (mm)
- Tipo de boca o cierre
- Altura máxima (mm)
- Capacidad (ml)
- Peso (gramos)
- Color

La base de la botella es un elemento fundamental, ya que de ella y del espesor de sus paredes de vidrio depende gran parte de su resistencia y equilibrio. En ella deben constar la serie de referencias que se detallan a continuación:

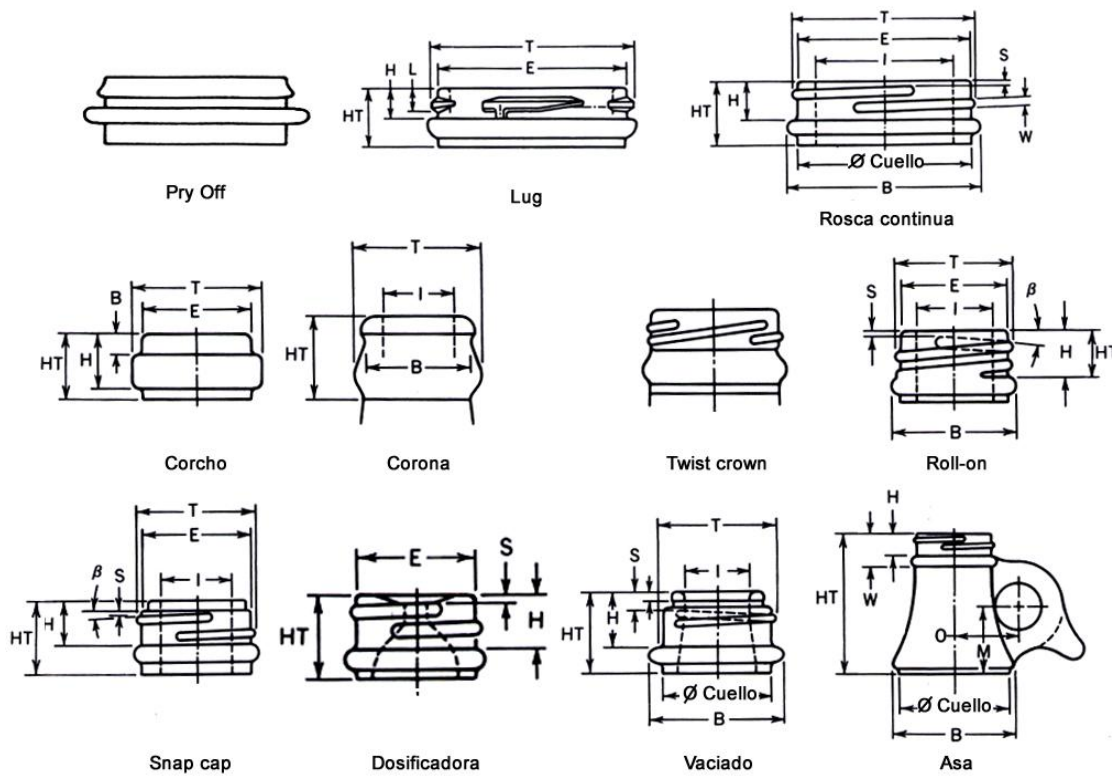
Figura 2. **Base de la botella**



Fuente: <http://www.guiaenvase.com> [consulta: noviembre de 2010]

Dependiendo de las especificaciones técnicas iniciales con que se desee la botella, se seleccionará el tipo de boca que se va a utilizar. Existe una normativa muy completa relativa a los diferentes tipos de boca. En la figura 3 se muestran algunos ejemplos de tipos de bocas más utilizados para botellas de vidrio:

Figura 3. Tipos de bocas de botellas



Fuente: <http://www.guiaenvase.com> [consulta: noviembre de 2010]

La normativa española UNE 126102:2004, establece de modo general una tabla en la que relacionan los principales aspectos de la botella, como su capacidad, peso y dimensiones principales, así como tipo de producto que puede contener:

Tabla I. **Normativa española UNE 126102:2004**

Relaciones	Capacidad hasta el borde	Producto carbonatado CO ₂ (>2g/l)	Producto poco carbonatado CO ₂ (<2g/l)
Peso/Capacidad. g/cl	5 cl<C<18 cl	9.5-13.5	7.3-12
	18 cl<C<190 cl		4.9-3.2
	18 cl<C<110 cl	5.6-11	
Altura/Diámetro H/D	Producto carbonatado 5 cl<C<110 cl	2.2/3.8	2/4.1
	Producto poco carbonatado 5 cl<C<190 cl		
Altura de cuello h4/h1	Producto carbonatado CO ₂ 5 cl<C<110 cl	<0.25	<0.35
	Producto poco carbonatado 5 cl<C<190 cl		
Angulo de hombro.	Producto carbonatado CO ₂ 5 cl<C<110 cl	>45°	>40°
	Producto poco carbonatado 5 cl<C<190 cl		
Estabilidad d4/H	Producto carbonatado 5 cl<C<110 cl	>0.22	>0.22
	Producto poco carbonatado 5 cl<C<190 cl		
	Producto poco carbonatado 5 cl<C<190 cl		
Diámetro		Máx 30 mm	

Fuente: <http://www.guiavase.com> [consulta: noviembre de 2010]

1.1.3. Proceso de fabricación

Para la fabricación de botellas se emplea principalmente la técnica de soplado-soplado, aunque el procedimiento de prensado-soplado (desarrollado principalmente para envases de boca ancha) está logrando gran desarrollo en los envases de boca pequeña, ya que se obtiene un mejor control en el reparto del vidrio.

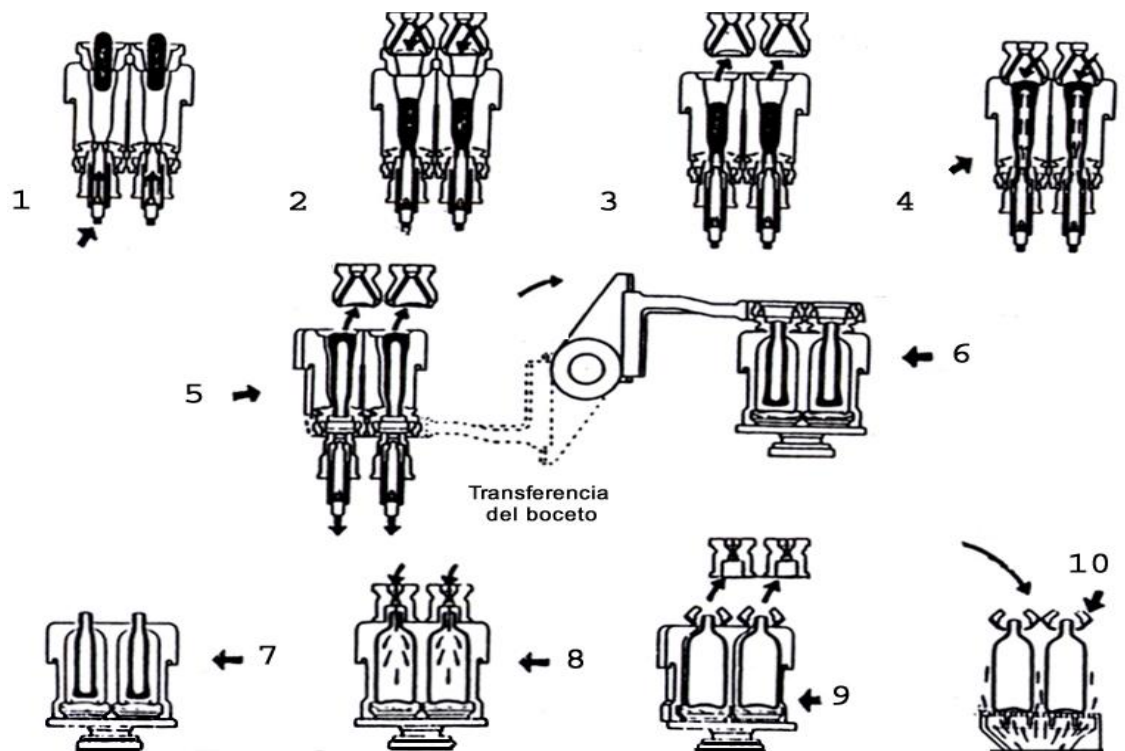
Las operaciones básicas de la técnica de fabricación de soplado-soplado automático son las siguientes: se vierte cierta cantidad de vidrio fundido en un molde y se presiona con aire contra el fondo del molde. Después se aplica un deflector sobre la parte superior del molde y, se inyecta el aire por la parte inferior, a través del cuello, que forma parte del recipiente. La botella a medio formar, se prensa dentro del molde con un émbolo antes de ser soplado dentro del molde definitivo.

Actualmente, para los principales procesos de fabricación de envases de vidrio se utilizan máquinas de tipo IS (Máquinas de sección independiente o individual), siendo alimentadas por hornos de fusión, llegando a producir hasta 300 botellas por minuto, y manipulando más de 100 toneladas de vidrio por día.

Según muestra la figura 4, el primer paso (1) consiste en la llegada de la masa de vidrio al formador de bocetos (FB) cerrado a través del embudo. Estando en posición de carga el troquel y el dedal; el siguiente paso es el de la compresión (2), el vidrio es impulsado a bajar hacia el troquel y hasta el molde del anillo (MA) por el aire que pasa por el formador de bocetos.

A continuación (3) se procede al calentamiento del desmoldeador con el troquel bajado, el embudo y el formador de bocetos permanecerán levantados; se procede al relieve anillo o *cracking*; el siguiente paso es la perforación (4), donde el fondo del formador de bocetos permanecerá bajado; el aire que pasa por el troquel forma el boceto.

Figura 4. **Proceso de fabricación**



Fuente: <http://www.guiane vase.com> [consulta: noviembre de 2010]

En el siguiente paso se procede al calentamiento del boceto (5), con el formador de bocetos levantado, el troquel bajado y el formador de bocetos abierto; después el boceto es transferido a la acabadora del molde (6), donde esta se cierra y el molde del anillo está abierto. A continuación se procede al calentamiento y estirado del boceto (7) para formar la botella (8) en la acabadora, mediante la campana de soplado se realiza la aplicación de la presión de soplado; la botella es sujeta mediante pinzas (9), por último se efectuará, el enfriamiento de la misma (10), mantenida en la placa de espera por las pinzas; posteriormente, se realizará el deslizamiento y liberación de la botella sobre la cinta transportadora.

Cuando los recipientes salen de la máquina sopladora final, todavía mantienen una temperatura de unos 650°C y, para evitar la formación de tensiones internas debido al enfriamiento rápido, los recipientes son llevados hacia un túnel o *lehr*, con temperatura controlada, a través del cual pasan lentamente, siendo recalentados y posteriormente enfriados de una forma predeterminada.

La tendencia hacia la producción de envases de vidrio más ligeros, determina una mayor aplicación de tratamientos sobre la superficie del vidrio para mantener su resistencia; permitiendo así un flujo suave en las líneas de envasado y mejorando su resistencia a la abrasión.

La primera etapa del tratamiento de la superficie, es la del tratamiento "en caliente" aplicada sobre el transportador que conduce los recipientes desde la máquina formadora hasta el túnel de recocido; generalmente, consiste en una pulverización en las botellas calientes de vapor de titanio orgánico o compuestos inorgánicos de estaño, aplicando así una capa delgada del metal sobre la superficie del vidrio.

La segunda etapa o tratamiento "en frío", se aplica a los recipientes recocidos y enfriados a la salida del túnel o *lehr*, y consiste en aplicar un compuesto orgánico, como ácido oleico, para aumentar la lubricidad de los recipientes y permitir moverse mejor en las líneas de llenado de alta velocidad.

Si la aplicación de estos materiales para dar tratamiento al vidrio se aplica en niveles excesivos, tienen efectos perjudiciales sobre la eficacia del cierre, la retirada de tapas a torsión y tienden a oxidar las aletas de las tapas. Es recomendable que el fabricante de botellas mantenga un estrecho contacto con los envasadores de alimentos y los fabricantes de tapas.

Los productos de vidrio requieren a veces de operaciones de acabado como el esmerilado y el pulido. Esto es debido al uso de dados o matrices partidas en las operaciones de soplado-soplado teniendo que remover las marcas y costuras mediante esmerilado y pulido; suele utilizarse para estos fines FeO u óxido de cerio.

Otro tipo de acabado del vidrio es el decorado para convertir todo o parte del vidrio transparente en translúcido, mediante un baño de ácido fluorhídrico o por chorro de arena.

La coloración del vidrio es producida mediante adición de óxidos de los elementos pertenecientes a los grupos de transición de la tabla periódica; entre los más utilizados se encuentran el titanio, vanadio, cromo, manganeso, hierro, cobalto, níquel y cobre. Las proporciones suelen ser pequeñas aunque varían con la intensidad de coloración que se desee obtener y con el poder colorante del óxido en cuestión.

Para obtener una mayor calidad en la producción de envases, existen medios de control automáticos muy sofisticados, generalmente consisten en máquinas optoelectrónicas que se encargan de realizar controles dimensionales y funcionales de la botella, así como de su aspecto, ya que son puntos críticos para el cliente. Actualmente, en la línea de producción moderna se dispone de:

- Una máquina de control de anillos (diámetro interno del cuello.)
- Un simulador de tensión para eliminar todas las botellas anormalmente frágiles.
- Una máquina de control que evalúa los defectos dimensionales.
- Una máquina de control del aspecto.
- Finalmente, se establecen los sistemas de lectura de los números del molde a partir de un código de identificación colocado en el artículo, con el fin de asociar cada defecto al molde correspondiente.

Estas máquinas de control por lo regular están conectadas por medio de sistemas de automatización a una computadora o red de computadoras, donde se almacena y se trata toda la información referente a la selección de los envases, con objeto de informar en tiempo real al operario y guiar sus acciones para obtener una mayor calidad.

1.2. Sopladoras de vidrio

Las máquinas sopladoras de vidrio se encargan de transformar el vidrio fundido en botellas, listas para continuar hacia los procesos de control de calidad y embalaje.

1.2.1. Máquinas tipo IS (Sección Individual)

Una máquina IS (*Individual Section Machine*) es una máquina operadora para la formación de envases de vidrio.

Los componentes fundamentales de una máquina IS estándar son los siguientes:

- Grupo de secciones individuales: agregado de varias submáquinas iguales (secciones individuales) separadas. Cada sección individual es un mecanismo completo para formar un número determinado de envases. Un número típico de envases generados en cada ciclo de una sección individual es 2. Un número típico de secciones individuales en una máquina IS es 12.
- Un generador de gotas de vidrio fundido (*glass feeder*), que proporciona gotas de vidrio fundido aisladas para el distribuidor de máquina.
- Un repartidor secuencial de gotas de vidrio fundido (*gob distributor*) hacia cada una de las secciones individuales.
- Accionamientos para evacuar los envases fabricados (transportadores, rueda de transferencia, *stacker*).
- Accionamientos de seguridad, refrigeración y varios.

Cada sección individual consta de decenas de accionamientos. La sección repite una secuencia periódica de movimientos para la formación de envases.

Por ello las máquinas IS han sido diseñadas desde su origen como máquinas controladas por un eje con movimiento circular periódico a modo de eje de levas.

Cada revolución del eje de levas o tambor, corresponde con un ciclo de cada una de las secciones, lo que equivale a un ciclo de máquina IS completa. Trabajan 24 horas al día, 365 días al año salvo paradas cortas y programadas para cambios de modelo de fabricación. Por esta razón y por las características tan exigentes y peligrosas de su materia prima, requieren sistemas robustos, fiables y configurables en un rango amplio de velocidades.

La producción de una máquina IS se obtiene a partir de los datos de velocidad del *feeder* y de las gotas por corte (envases producidos por cada ciclo de una sección). Unos datos típicos de esas variables son $v = 150$ cortes/min y $G=2$, que derivan en una producción de 432 000 envases al día. Un horno típico de una planta da servicio a tres máquinas, lo que equivale a unos 1 300 000 envases al día. Una planta típica tiene instalados dos hornos, lo que equivale a una producción de unos 2 600 000 envases al día en promedio.

1.2.2. Funcionamiento

La máquina posee un punzón que forma una pequeña cavidad en la masa de vidrio fundido (gota de vidrio); esta cavidad es posteriormente expandida mediante aire comprimido. Al expandirse, la gota es forzada a adoptar una determinada forma que corresponde al molde preliminar, creándose así una botella semiformada, llamada boceto. A continuación, este boceto es transferido al molde terminador que dará la forma final al envase, usando aire comprimido y vacío.

Las máquinas utilizadas habitualmente son longitudinales, constituidas por varias secciones que funcionan de forma independiente (figura 5), y que pueden pararse una o varias de ellas, mientras que las demás siguen produciendo. Normalmente, constan de 6, 8, 10, 12, 16 ó 20 secciones, y cada una de ellas puede trabajar en modo de simple gota o un envase por sección, doble gota o dos envases por sección y triple gota o tres envases por sección.

Figura 5. **Máquina tipo IS**



Fuente: <http://www.santosbarosa.pt> [consulta: diciembre de 2010]

2. AUTOMATIZACIÓN E INSTRUMENTACIÓN

2.1. Controladores lógicos programables

Hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se realizaba de forma cableada por medio de contactores y relés. Al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas.

Además, cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor gasto económico. En la actualidad no se puede entender un proceso complejo de alto nivel desarrollado por técnicas cableadas.

La computadora y los controladores lógicos programables han intervenido de forma considerable para que estas instalaciones se vean sustituidas por otras controladas de forma programada. El controlador lógico programable (PLC) nació como solución al control de circuitos complejos de automatización. Los PLC se introdujeron por primera vez en la industria, en 1960, aproximadamente.

La razón principal fue la necesidad de eliminar el gran costo que se producía al reemplazar el complejo sistema de control basado en relés y contactores. El problema de los relés era que cuando los requerimientos de producción cambiaban, también lo hacía el sistema de control. Esto comenzó a resultar bastante caro cuando los cambios fueron frecuentes.

Debido a que los relés son dispositivos mecánicos y poseen una vida limitada, se requería un estricto mantenimiento planificado. Por otra parte, a veces se debían realizar conexiones entre cientos o miles de relés, lo que implicaba un enorme esfuerzo de diseño y mantenimiento.

Los "nuevos controladores" debían ser fácilmente programables por ingenieros de planta o personal de mantenimiento. El tiempo de vida debía ser largo y los cambios en el programa tenían que realizarse de forma sencilla; también debían trabajar sin problemas en entornos industriales adversos.

Bedford Associates propuso algo denominado Controlador Digital Modular (MODICON, Modular Digital Controller) a un fabricante de automóviles. Otras compañías propusieron a la vez esquemas basados en computadoras, uno de los cuales estaba basado en el PDP-8.

El MODICON 084 (Scheider) resultó ser el primer PLC del mundo en ser producido comercialmente. La solución fue el empleo de una técnica de programación familiar y reemplazar los relés mecánicos por relés de estado sólido. A mediados de los 70 las tecnologías dominantes de los PLC eran máquinas de estado secuencial y CPU basadas en desplazamiento de bit.

Los microprocesadores convencionales proporcionaron la potencia necesaria para resolver de forma rápida y completa la lógica de los pequeños PLC. Por cada modelo de microprocesador había un modelo de PLC basado en el mismo.

Las habilidades de comunicación comenzaron a aparecer en 1973, aproximadamente.

El primer sistema fue el bus Modicon (Modbus). El PLC podía ahora dialogar con otros PLC y en conjunto podían estar aislados de las máquinas que controlaban. También estaban en capacidad de enviar y recibir señales de voltajes variables, entrando en el mundo analógico.

En los 80 se produjo un intento de estandarización de las comunicaciones con el protocolo MAP (Manufacturing Automation Protocol) de General Motor's. También fue un tiempo en el que se redujeron las dimensiones del PLC y se pasó a programar con programación simbólica.

MAP provee estándares comunes para la interconexión de computadores y máquinas herramientas programables usadas en la automatización de fábricas. En el nivel físico más bajo, MAP usa el protocolo IEEE 802.4 de bus de señales. Con frecuencia, MAP se usa junto con TOP, un protocolo de oficina desarrollado por Boeing Computer Services. TOP se utiliza en la oficina y MAP, en la fábrica.

Hoy día el PLC más pequeño es del tamaño de un simple relé. En los 90 se mostró una gradual reducción en el número de nuevos protocolos, y en la modernización de las capas físicas de los protocolos más populares que sobrevivieron a los 80.

El último estándar (IEC 1131-3) intenta unificar el sistema de programación de todos los PLC en un único estándar internacional.

Ahora se dispone de PLC's que pueden ser programados en diagramas de bloques, lista de instrucciones y texto estructurado al mismo tiempo.

El PLC, por sus especiales características de diseño, tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del *hardware* y *software* amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo, a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc. Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización y la modificación o alteración de los mismos, hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido
- Procesos de producción periódicamente cambiantes
- Procesos secuenciales
- Maquinaria de procesos variables
- Instalaciones de procesos complejos y amplios
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso
- Maniobra de máquinas
- Maniobra de instalaciones
- Señalización y control
- Chequeo de programas
- Señalización del estado de procesos

2.1.1. Modo de funcionamiento

Los controladores lógicos programables son máquinas secuenciales que ejecutan las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando unas órdenes o señales de control a partir de las señales de entrada leídas de la planta (aplicación); al detectarse cambios en las señales, el autómata reacciona según el programa hasta obtener las órdenes de salida necesarias. Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso. La secuencia básica de operación del autómata se puede dividir en tres fases principales:

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

Con el fin de optimizar el tiempo, la lectura y escritura de las señales se realizan a la vez para todas las entradas y salidas. Entonces, las entradas leídas de los módulos de entrada se guardan en una memoria temporal. Esta memoria es leída por el CPU del PLC en la ejecución del programa, y según se van obteniendo las salidas, se guardan en otra memoria temporal (imagen de salida). Una vez ejecutado el programa completo, estas imágenes de salida se transfieren todas a la vez al módulo de salida.

2.1.2. Ciclo de funcionamiento

El funcionamiento del controlador lógico programable es, a excepción del proceso inicial que sigue a un *reset*, de tipo secuencial y cíclico, es decir, las operaciones tienen lugar una tras otra, y se van repitiendo continuamente mientras el PLC está operando.

El ciclo de funcionamiento se divide en dos partes llamadas proceso inicial y ciclo de operación.

- Proceso inicial: antes de entrar en el ciclo de operación, el PLC realiza una serie de acciones comunes, que tratan fundamentalmente de inicializar los estados del mismo y chequear el *hardware*. Estas rutinas de chequeo están incluidas en el programa monitor ROM. Transcurrido el proceso inicial y si no han aparecido errores, el PLC entra en el ciclo de operación.
- Ciclo de operación: este ciclo puede considerarse dividido en tres bloques: proceso común, ejecución del programa y servicio a periféricos.
 - Proceso común: en este primer bloque se realizan los chequeos cíclicos de conexiones y de memoria de programa, protegiendo el sistema contra errores de *hardware* (conexiones E/S, ausencia de memoria de programa, etc.), errores de sintaxis (programa imposible de ejecutar).
 - Ejecución del programa: en este segundo bloque se consultan los estados de las entradas y de las salidas y se elaboran las órdenes de mando o de salida a partir de ellos. El tiempo de ejecución de este bloque de operaciones es la suma del tiempo de acceso a interfaces de E/S y del tiempo de escritura del procesador.
 - Servicio a periféricos: este tercer y último bloque es únicamente atendido si hay pendiente algún intercambio con el exterior. En caso de haberlo, la CPU le dedica un tiempo limitado, de 1 a 2 milisegundos, en atender el intercambio de datos. Si este tiempo

no fuera suficiente, el servicio queda interrumpido hasta el siguiente ciclo.

El tiempo total que el controlador lógico programable emplea para realizar un ciclo de operación, se llama “tiempo de ejecución de ciclo de operación” o más sencillamente tiempo de ciclo "*scan time*". Dicho tiempo depende del número de E/S involucradas, la longitud del programa usuario y del número y tipo de periféricos conectados al PLC. Los tiempos totales de ciclos son entonces la suma de tiempos empleados en realizar las distintas operaciones del ciclo.

2.1.3. Componentes

Los componentes de los controladores lógicos programables son:

- Unidad de programación: es el conjunto de medios, *hardware* y *software*, mediante los cuales el programador introduce y depura sobre las secuencias de instrucciones (en uno u otro lenguaje) que constituyen el programa que se va a ejecutar. Esta puede estar constituida por un teclado pequeño donde cada tecla responderá a un elemento del circuito o programa a desarrollar.
- Fuente de alimentación: esta proporciona los voltajes necesarios para el funcionamiento de los distintos circuitos del sistema. La alimentación a la CPU puede ser continua a 24 Vcc, voltaje muy frecuente en cuadros de distribución, o en alterna a 110 / 220 Vca. En cualquier caso, es la propia CPU la que alimenta las interfaces conectadas a través del bus interno. La alimentación a los circuitos E/S puede realizarse, según tipos, en alterna a 48/110/220 Vca o en continua a 12/24/48 Vcc. La fuente de

alimentación del PLC puede incorporar una batería de reserva, que se utiliza para el mantenimiento de algunas posiciones internas y del programa usuario en memoria RAM, o cuando falla la alimentación o se apaga el PLC.

- Unidad Central de Proceso: la CPU (Central Processing Unit) es la parte inteligente del sistema. Interpreta las instrucciones del programa de usuario y consulta el estado de las entradas. Dependiendo de dichos estados y del programa, ordena la activación de las salidas deseadas. La CPU está constituida por el procesador, la memoria monitor del sistema y circuitos auxiliares.
- Bus (interno): no son circuitos en sí, sino zonas conductoras en paralelo que transmiten datos, direcciones, instrucciones y señales de control, entre las diferentes partes del controlador lógico programable.
- Memoria monitor del sistema: es una memoria de tipo ROM. En esta memoria del sistema, el fabricante graba una serie de programas ejecutivos y *software* del sistema; es a estos programas a los que accederá el procesador para realizar las funciones. El *software* del sistema de cualquier controlador lógico programable consta de una serie de funciones básicas que realiza en determinados tiempos de cada ciclo.
- Memorias del sistema: la memoria RAM se utiliza principalmente como memoria interna, y únicamente como memoria de programa en el caso de que pueda asegurarse el mantenimiento de los datos con una batería exterior. La memoria ROM se utiliza para almacenar el programa monitor del sistema como se ha visto en el apartado dedicado a la CPU. Las

memorias EPROM se utilizan para almacenar el programa de usuario, una vez que ha sido depurado.

Las memorias EEPROM se emplean principalmente para almacenar programas, aunque en la actualidad es cada vez más frecuente el uso de combinaciones RAM + EEPROM (NOVRAM), utilizando estas últimas como memorias de seguridad que salvan el contenido de las RAM. Una vez reanudada la alimentación, el contenido de la EEPROM se traslada a la RAM. Las soluciones de este tipo están sustituyendo a las clásicas RAM + batería, puesto que presentan muchos menos problemas.

2.1.4. Interfaces

En el control de un proceso automatizado, es imprescindible un diálogo entre el operador y la máquina junto con una comunicación entre la máquina y el controlador lógico programable; estas comunicaciones se establecerán por medio del conjunto de entradas y salidas del PLC. Todas las señales provenientes del campo son informadas a la CPU, luego de ser tomadas por los sensores de entradas, y a su vez, las órdenes generadas por la CPU son comunicadas a los elementos del proceso bajo control por medio de las interfaces de salida.

Los PLC son capaces de manejar voltajes y corrientes de nivel industrial, gracias a que disponen de un bloque de circuitos de interfaz de E/S muy potente, que les permite conectarse directamente con los sensores y actuadores del proceso. En los controladores más sencillos, las interfaces de entrada se encargan de convertir el voltaje o la corriente que reciben de los sensores, límites de carrera, pulsadores, *switches*, etc., en niveles apropiados para la operación de la CPU.

De la misma manera, las interfaces de salida permiten, partiendo de las señales de bajo voltaje originadas en la CPU, controlar contactores, solenoides de válvulas y arrancadores de motores, valiéndose de dispositivos semiconductores.

Las señales digitales o discretas como los interruptores, son simplemente una señal de 1 o 0, verdadero o falso, respectivamente. Los interruptores son ejemplos de dispositivos que proporcionan una señal discreta, que es enviada usando el voltaje o la corriente, donde un rango específico corresponderá al On y otro rango al Off. Un PLC puede utilizar 24V de corriente continua en la E/S donde valores superiores a 22V representan un On, y valores inferiores a 2V representan Off. Inicialmente los PLC solo tenían E/S discretas.

A medida que la complejidad de los PLC aumenta, es necesario contar con otro tipo de interfaces que puedan interpretar señales analógicas provenientes del proceso y emitirlas como salidas. Las señales analógicas son como controles de volúmenes, con un rango de valores entre 0 y el tope de escala. Esto es normalmente interpretado con valores enteros por el PLC, con varios rangos de precisión dependiendo del dispositivo o del número de bits disponibles para almacenar los datos. Presión, temperatura, flujo, y peso son normalmente representados por señales analógicas.

Las señales analógicas pueden usar voltaje o corriente con una magnitud proporcional al valor de la señal que se procesa. A medida que los requerimientos de control se hacen más complicados, aparecen los sistemas inteligentes, con módulos que cuentan con un microprocesador propio, los cuales descargan en parte el trabajo de la CPU, para hacer más rápida la ejecución del programa del usuario.

Estas interfaces inteligentes pueden manipular datos, resolver ecuaciones aritméticas, comparaciones, conteos de alta velocidad, etc. De todos los tipos de interfaces que existen, las específicas permiten la conexión con elementos muy concretos del proceso de automatización.

La sección de entradas mediante la interfaz, adapta y codifica de forma comprensible para la CPU las señales procedentes de los dispositivos de entrada o sensores. Hay dos tipos de entradas: digitales y analógicas.

La sección de salida también trabaja mediante interfaz de forma inversa a las entradas, es decir, decodifica las señales procedentes de la CPU, las amplifica y controla con ellas los dispositivos de salida o actuadores como lámparas, relés, etc. Hay dos tipos de salidas: digitales y analógicas.

2.1.4.1. Entradas y salidas

Estas interfaces tienen la simple función de informar a la CPU, sobre la presencia o ausencia de señal, voltaje o corriente, en un circuito, apertura o cierre de un contacto, pulsador, límite de carrera, etc. En el caso de las salidas, estas conectan o desconectan al circuito de actuación de un solenoide, contactor, lámpara, etc. Las interfaces discretas abarcan un rango muy amplio de opciones de operación. Existen entonces interfaces para corriente alterna, corriente continua y a su vez para distintos niveles y tipos de voltajes que van desde los cinco voltios hasta niveles industriales.

Las interfaces de entrada-salida suelen estar construidas en forma de módulos que se alojan en bases de montaje, controladores modulares, o bien formando parte del controlador.

Tanto las entradas como las salidas pueden contener un borne común para varias de ellas o bien estar dispuestas en forma individual, aisladas entre sí.

2.2. Sensores

En un proceso industrial automatizado, 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.

Como se sabe, un sensor es un dispositivo capaz de detectar diferentes tipos de materiales o propiedades y características del material, con el objetivo de enviar una señal en función de dicha característica, como parte de un proceso.

Dentro de la selección de un sensor, se deben considerar diferentes factores, tales como: la forma de la carcasa, distancia operativa, datos eléctricos y conexiones, entorno en el que deberá trabajar, etc.

De igual forma, existen otros dispositivos llamados transductores, que son elementos que cambian señales, para la mejor medición de variables en un determinado fenómeno.

Un transductor es un dispositivo que transforma un tipo de variable física (por ejemplo, fuerza, presión, temperatura, velocidad, etc.) en otro.

Un sensor es un transductor que se utiliza para medir una variable física de interés.

Algunos de los sensores y transductores utilizados con más frecuencia son los calibradores de tensión (utilizados para medir la fuerza y la presión), los termopares (temperaturas) y los velocímetros (velocidad).

Cualquier sensor o transductor necesita estar correctamente calibrado para ser útil como dispositivo de medida. La calibración es el procedimiento mediante el cual se establece la relación entre la variable medida y la señal de salida convertida.

Los transductores y los sensores pueden clasificarse en dos tipos básicos, dependiendo de la forma de la señal convertida. Los dos tipos son:

- Analógicos
- Digitales

Los transductores analógicos proporcionan una señal analógica continua, por ejemplo voltaje o corriente eléctrica. Esta señal puede ser tomada como el valor de la variable física que se mide.

Los transductores digitales producen una señal de salida digital, en la forma de un conjunto de bits de estado en paralelo o formando una serie de pulsaciones que pueden ser contadas. En una u otra forma, las señales digitales representan el valor de la variable medida.

Los transductores digitales suelen ofrecer la ventaja de ser más compatibles con las computadoras digitales que los sensores analógicos en la automatización y en el control de procesos.

2.2.1. Características deseables de los transductores

- **Exactitud:** la exactitud de la medición debe ser tan alta como sea posible. Se entiende por exactitud que el valor verdadero de la variable se pueda detectar sin errores sistemáticos positivos o negativos en la medición. Sobre varias mediciones de la variable, el promedio de error entre el valor real y el detectado tenderá a ser cero.
- **Precisión:** la precisión de la medición debe ser tan alta como sea posible. Esto significa que existe o no una pequeña variación aleatoria en la medición de la variable. La dispersión en los valores de una serie de mediciones será mínima.
- **Rango de funcionamiento:** el sensor debe tener un amplio rango de funcionamiento y debe ser exacto y preciso en todo el rango.
- **Velocidad de respuesta:** el transductor debe ser capaz de responder a los cambios de la variable detectada en un tiempo mínimo. Lo ideal sería una respuesta instantánea.
- **Calibración:** el sensor debe ser fácil de calibrar. El tiempo y los procedimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de calibración deben ser mínimos. Además, el sensor no debe necesitar una recalibración frecuente. El término desviación se aplica con frecuencia para indicar la pérdida gradual de exactitud del sensor que se produce con el tiempo y el uso, lo cual hace necesaria su recalibración.
- **Fiabilidad:** el sensor debe tener una alta fiabilidad. No debe estar sujeto a fallas frecuentes durante el funcionamiento.

2.2.2. Selección de los sensores en la automatización

La selección se basa en la decisión sobre cuál es el sensor más adecuado. Esto depende del material del objeto o característica del mismo que debe detectarse.

Por ejemplo, si el objeto es metálico, se requiere un sensor inductivo; si es de plástico, papel, o si es líquido (basado en aceite o agua), granulado o en polvo, se requiere un sensor capacitivo. Si el objeto puede llevar un imán, es apropiado un sensor magnético.

Para elegir un sensor adecuado se deben tomar en cuenta las siguientes características: forma de la carcasa, distancia operativa, datos electrónicos y conexiones.

2.2.3. Clasificación de los sensores

- Internos
 - Posición (potenciómetros, inductivos, ópticos, etc.)
 - Velocidad (eléctricos, ópticos, etc.)
 - Aceleración

- Externos
 - Proximidad (reflexión lumínica, láser, ultrasonido, etc)
 - Tacto (varillas, presión, polímeros, etc.)
 - Fuerza (corriente en motores, deflexión, etc.)
 - Visión (cámaras de tubo

Según el tipo de magnitud física que se va a detectar, se puede establecer la siguiente clasificación:

- Posición lineal o angular
- Desplazamiento o deformación
- Velocidad lineal o angular
- Aceleración
- Fuerza y par
- Presión
- Caudal
- Temperatura
- Presencia o proximidad
- Táctiles
- Intensidad lumínica
- Sistemas de visión artificial

Otro tipo de clasificación es diferenciar entre sensores activos o pasivos. Los sensores pasivos requieren de una alimentación para efectuar su función, mientras que los activos generan la señal sin necesidad de alimentación externa.

Los sensores externos son los elementos que permiten al sistema interactuar con su ambiente de una manera flexible. Aunque muchos de los sistemas actuales (sobre todo los de las industrias) trabajan de una forma pre-programada, el uso de los sensores externos como apoyo en la ejecución de tareas es cada día más amplio. Los sensores externos dan al sistema mayor independencia del entorno concreto en el que se mueven, lo que se traduce en un mayor grado de "inteligencia".

Existen tres tipos de sensores externos que suelen ser utilizados por los sistemas de forma general, para gran diversidad de tareas. Esto son los sensores táctiles, los de proximidad o presencia y los de alcance.

Los sensores táctiles son dispositivos que indican el contacto de algún objeto sólido con ellos mismos. Suelen ser empleados en los extremos de los brazos (pinzas) para controlar la manipulación de objetos. A su vez se pueden dividir en dos tipos: de contacto y de fuerza.

2.2.4. Algunos tipos de sensores

A continuación se presentan algunos de los tipos de sensores más utilizados, sus características y ejemplos de aplicaciones:

2.2.4.1. Sensores de proximidad

Son dispositivos que detectan señales para actuar en un determinado proceso u operación (figura 6), teniendo las siguientes características:

- Son dispositivos que actúan por inducción al acercarlos un objeto
- No requieren contacto directo con el material a sensar
- Son los más comunes y utilizados en la industria
- Se encuentran encapsulados en plástico para proveer una mayor facilidad de montaje y protección ante posibles golpes

Algunas aplicaciones de este tipo de sensores son:

- Control de bandas transportadoras
- Control de alta velocidad

- Detección de movimiento
- Conteo de piezas
- Sensado de aberturas en sistemas de seguridad y alarma
- Sistemas de control como finales de carrera (PLC´s)
- Sensor óptico

Sus principales características son:

- Son de confección pequeña, pero robustos
- Mayor distancia de operación
- Detectan cualquier material
- Larga vida útil

Figura 6. **Sensor de proximidad**



Fuente: <http://www.monografias.com> [consulta: marzo de 2011]

Entre sus principales aplicaciones están:

- Sistema de protección tipo barrera en rejillas de acceso en una prensa hidráulica, donde la seguridad del operario es una prioridad (figura 7).

- Detección de piezas que viajan a muy alta velocidad en una línea de producción (industria electrónica o embotelladoras).
- Detección de piezas en el interior de pinzas; en este caso el sensor está constituido por un emisor y un receptor de infrarrojos ubicados uno frente a otro, de tal forma que la interrupción de la señal emitida, es un indicador de la presencia de un objeto en el interior de las pinzas.

Figura 7. **Aplicaciones**



Fuente: <http://www.monografias.com> [consulta: marzo de 2011]

2.2.4.2. Sensores inductivos

Consisten en un dispositivo conformado por:

- Una bobina y un núcleo de ferrita
- Un oscilador
- Un circuito detector (etapa de conmutación)

- Una salida de estado sólido

El oscilador crea un campo de alta frecuencia de oscilación por el efecto electromagnético producido por la bobina en la parte frontal del sensor, centrado respecto del eje de la bobina. Así, el oscilador consume una corriente conocida. El núcleo de ferrita concentra y dirige el campo electromagnético en la parte frontal, convirtiéndose en la superficie activa del sensor.

Cuando un objeto metálico interactúa con el campo de alta frecuencia, se inducen corrientes Eddy en la superficie activa. Esto genera una disminución de las líneas de fuerza en el circuito oscilador y, en consecuencia, desciende la amplitud de oscilación.

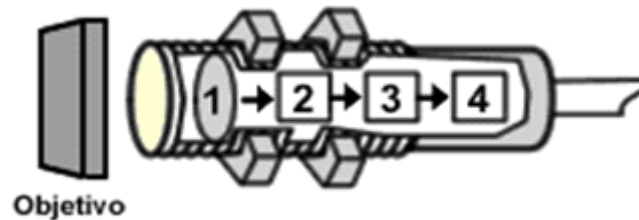
El circuito detector reconoce un cambio específico en la amplitud y genera una señal, la cual cambia la salida de estado sólido a "ON" u "OFF". Cuando se retira el objeto metálico del área de sensor, el oscilador genera el campo, permitiendo al sensor regresar a su estado normal.

2.2.4.3. Sensor capacitivo

Un sensor capacitivo es adecuado para el caso de querer detectar un objeto no metálico. Para objetos metálicos es más adecuado escoger un sensor inductivo.

Para distancias superiores a los 40 mm, es totalmente inadecuado el uso de este tipo de sensores, siendo preferible una detección con sensores ópticos o de barrera.

Figura 8. **Sensor capacitivo**



Fuente: <http://www.monografias.com> [consulta: marzo de 2011]

Los sensores capacitivos funcionan de manera similar a un capacitor simple. La lámina de metal en el extremo del sensor está conectada eléctricamente a un oscilador.

El objeto que se detecta funciona como una segunda lámina. Cuando se aplica energía al sensor, el oscilador percibe la capacitancia externa entre el objetivo y la lámina interna.

Los sensores capacitivos funcionan de manera opuesta a los inductivos, a medida que el objetivo se acerca al sensor capacitivo, las oscilaciones aumentan hasta llegar a un nivel límite, lo que activa el circuito disparador que a su vez cambia el estado del *switch*.

Entre sus aplicaciones típicas se tiene:

- Detección de, prácticamente, cualquier material
- Control y verificación de nivel, depósitos, tanques, cubetas, etc.
- Medida de distancia
- Control del bucle de entrada-salida de máquinas
- Control de tensado-destensado, dilatación

2.2.4.4. Sensores ultrasónicos

Los sensores ultrasónicos tienen como función principal la detección de objetos a través de la emisión y reflexión de ondas acústicas.

Funcionan emitiendo un pulso ultrasónico contra el objeto a sensar, y al detectar el pulso reflejado, se para un contador de tiempo que inició su conteo al emitir el pulso. Este tiempo es referido a distancia y de acuerdo con los parámetros elegidos de respuesta, manda una señal eléctrica digital o analógica.

Los sensores ultrasónicos son la mejor opción para los blancos transparentes. Ellos pueden descubrir una hoja de película de plástico transparente tan fácilmente, como una paleta de madera.

Los sensores ultrasónicos no se ven afectados en su señal por vidrio o metal, ni vibraciones generadas por motores, inducidas a través de la línea.

Los sensores sellados, soportan temperaturas de -25° a 70°C (-13° a 158°F) por lo cual se tiene un sensor listo para aplicaciones exigentes.

Sus aplicaciones típicas son:

- Control y verificación de nivel, depósitos, tanques
- Medida de distancia
- Control del bucle de entrada-salida de máquinas
- Control de tensado-destensado

2.2.4.5. Sensores infrarrojos

El receptor de rayos infrarrojos utilizado para este tipo de sensores, suele ser un fototransistor o un fotodiodo.

El circuito de salida utiliza la señal del receptor para amplificarla y adaptarla a una salida que el sistema pueda entender. La señal enviada por el emisor puede ser codificada para distinguirla de otra y así identificar varios sensores a la vez.

Los sensores infrarrojos pueden ser:

- De barrera: las barreras tipo emisor-receptor están compuestas de dos partes, un componente que emite el haz de luz, y otro que lo recibe. Se establece un área de detección donde el objeto que se va a detectar es reconocido cuando el mismo interrumpe el haz de luz. Debido a que el modo de operación de esta clase de sensores se basa en la interrupción del haz de luz, la detección no se ve afectada por el color, la textura o el brillo del objeto a detectar. Estos sensores operan de una manera precisa cuando el emisor y el receptor se encuentran alineados. Esto se debe a que la luz emitida siempre tiende a alejarse del centro de la trayectoria.
- Sensor auto réflex: la luz infrarroja viaja en línea recta, en el momento en que un objeto se interpone, el haz de luz rebota contra este y cambia de dirección, permitiendo que la luz sea enviada al receptor y el elemento sea detectado; un objeto de color negro no es detectado ya que este color absorbe la luz y el sensor no experimenta cambios.

- **Sensor réflex:** tiene los componentes emisor y receptor en un solo cuerpo; de luz se establece mediante la utilización de un reflector. El objeto es detectado cuando el haz formado entre el componente emisor, el reflector y el receptor es interrumpido. Debido a esto, la detección no es afectada por el color del mismo. La ventaja de las barreras réflex es que el cableado es en un solo lado, a diferencia de la barrera emisor-receptor que es en ambos lados.

2.3. Pantallas HMI

Con el propósito de mejorar la operación y supervisión de diversas máquinas que existen en la actualidad, se han creado muchas formas de interacción entre el hombre y la máquina, que permiten al operador, en algunos casos, tener un control total de la planta.

Un sistema HMI representa la interfaz entre el hombre (operador) y el proceso (máquina); mientras que el autómeta posee, generalmente, el verdadero control sobre el proceso. Se podría decir que existe una interfaz interactiva entre el operador y el *software* HMI (panel de operador) y una interface de comunicación entre este *software* y el autómeta.

En su forma más común, un sistema HMI permite:

- **Representar procesos:** el proceso se representa en el panel de operador y cambia periódicamente en función del estado de las variables asociadas. Si se modifica por ejemplo un estado en el proceso, se actualizará la visualización en el panel de operador.

- Manejar procesos: el operador puede interactuar con el proceso a través de la interfaz gráfica de usuario. Por ejemplo, puede especificar y modificar el valor de un parámetro en el autómata.
- Emitir avisos: si durante el proceso se producen estados críticos de proceso, automáticamente se emite un aviso (por ejemplo, si se sobrepasa un valor límite especificado).
- Archivar valores de proceso y avisos: el sistema HMI puede archivar avisos y valores de proceso, de esta forma se puede documentar el transcurso del mismo y, posteriormente, también será posible acceder a anteriores datos históricos de producción.
- Documentar valores de proceso y avisos: el sistema HMI permite visualizar avisos y valores de proceso en informes; de este modo podrá, por ejemplo, emitir los datos de producción una vez finalizado el turno.
- Administrar parámetros de proceso y parámetros de máquina: el sistema HMI permite almacenar los parámetros de proceso y de máquina en archivos. Dichos parámetros se pueden transferir, por ejemplo, desde el panel de operador al autómata en un solo paso de trabajo, para que la producción cambie a otra gama de productos.

En el mundo de la industria actual, es necesario disponer de interfaces de comunicación entre el hombre y la máquina, siendo además imprescindible, que estos aparatos estén a pie de máquina, para así permitir al operario controlar en todo momento el estado actual de la máquina y además poder emitir órdenes a la misma, en función de las necesidades de cada momento.

Dado que normalmente tienen que trabajar en ambientes hostiles, están dotados del más alto grado de protección.

Los elementos utilizados para esta comunicación son los llamados paneles de operador, los cuales, según sus prestaciones se podrán dividir en varios grupos, desde los simples visualizadores de mensajes provistos de un número mínimo de pulsadores y una pequeña pantalla, pasando por los provistos de visualizador gráfico con pulsadores, hasta los paneles programables táctiles de última generación, dotados de memoria suficiente para almacenar programas de grandes dimensiones.

Estos paneles permitirán obtener todo tipo de información sobre las condiciones de trabajo de la máquina, por ejemplo, valores de temperatura, velocidad, presión, gráficas, mensajes de texto, alarmas, etc. Además, en función de dicha información, permitirán al usuario, dar órdenes a la máquina, realizando modificaciones en los parámetros manejados por el PLC tales como, modificación de los valores de temporizadores y contadores, cambios de niveles de prensado, puestas en marcha, parada de motores y electroválvulas, etc.

Normalmente, el panel estará conectado al PLC, pero en la actualidad, también disponen de salidas de todo tipo como: conexión de impresoras y de varios paneles en red, salidas en serie y paralelo, conexión a bus de datos, ethernet, memorias flash, etc.

Las pantallas de visualización van desde *display* alfanuméricos hasta pantallas TFT táctiles, con alta resolución en color, que permiten la visualización de todo tipo de imágenes, consiguiendo presentaciones en pantalla prácticamente iguales a las obtenidas en el monitor del PC, utilizando sistemas SCADA.

Para la programación se utilizan *software* específicos de cada fabricante, que por lo general suelen servir para la mayoría de sus paneles fabricados. Al estar basados en Windows, suelen ser muy intuitivos y fáciles de programar, aunque cuando se trata de trabajar con los paneles más completos, las grandes posibilidades de trabajo de estos, convierte la programación en algo más complicado al tener que manejar todo tipo de parámetros, con distintos formatos y opciones.

Dentro de las distintas familias de cada fabricante, las configuraciones realizadas en equipos pequeños se suelen reconfigurar para su aplicación en equipos más potentes, adaptando el tamaño (ZOOM) automáticamente a la nueva resolución de las imágenes.

2.3.1. Software

El *software* utilizado para la programación y configuración de los paneles de operador, debe de reunir las siguientes características:

- Entorno gráfico para facilidad de manejo de forma intuitiva
- Barras de herramientas completas
- Amplia biblioteca de objetos parametrizados
- Elementos preconfigurados para avisos, alarmas, recetas, etc.
- Vectores gráficos
- Simulación de funcionamiento en la propia computadora
- Utilización del mismo *software* para todos los modelos de paneles (del mismo fabricante)
- Fácil conversión de un proyecto realizado en un modelo a otro (distinto tamaño de pantalla).

3. DISEÑO

El sistema de medición de la eficiencia en la fabricación de botellas de vidrio consta de tres dispositivos: el PLC, las pantallas HMI y los sensores. Como ya se ha explicado, el proceso de fabricación de una botella de vidrio inicia vertiendo el vidrio fundido dentro de un molde. En la línea de producción donde se aplicará el diseño de este sistema, la gota de vidrio fundido proviene de recipientes elevados. En una parte del trayecto entre el recipiente y el molde, se coloca un sensor, el cual se encargará de enviar un pulso al detectar el paso de la gota.

Durante el proceso de fabricación, se pueden presentar algunos problemas que implican la destrucción o daño de alguno de los envases ya moldeados. Estas fallas ocurren por lo general en la máquina tipo IS y dependen de las partes móviles de la misma (banda transportadora, sistemas de aplicación de presión de aire, etc.). Al final de la banda transportadora que lleva a las botellas al siguiente paso del proceso, se coloca un sensor que indicará la cantidad de botellas que han salido de forma satisfactoria de la sección de moldeado.

El PLC recibe las señales de estos dos sensores y realiza las funciones necesarias para determinar la eficiencia del proceso. Los datos calculados por el PLC se envían a la pantalla HMI, en donde se pueden visualizar los resultados, así como seleccionar y configurar los rangos de tiempo en los que se necesita dicha medición.

3.1. Selección del equipo

En el diseño de un sistema automatizado, es importante la etapa de selección del equipo que se va a utilizar. Se deben tomar en cuenta muchos factores, tales como la ubicación física de los equipos, las condiciones de operación, la compatibilidad con otros dispositivos, etc. A continuación, se presentan las características principales de los equipos que se han seleccionado para ser utilizados en el sistema.

3.1.1. PLC

Para la implementación de este diseño, se ha escogido el PLC SIMATIC S7-200 de Siemens, con CPU 224 XP. Se ha seleccionado este modelo, ya que es el más adecuado tomando en cuenta el tamaño del sistema y el costo del mismo, así como las condiciones ambientales de operación. También ofrece la facilidad de instalación (ocupa poco espacio), programación y operación. Las principales especificaciones técnicas del PLC y de su CPU son las siguientes:

- Temperatura de operación: 0 a 55 °C
- Fuente de voltaje: 20,4 a 28,8 VDC
- Duración de la batería de respaldo: 100 horas
- Tamaño de la memoria de datos: 10 Kbytes
- Tamaño de la memoria de programa: 16 Kbytes
- Tiempo de procesamiento de la CPU: 0,22 μ s
- Rango de conteo: 0 a 32 767
- Tipo de interfaces seriales: RS 485
- Número de entradas digitales: 14
- Número de entradas analógicas: 2

- Número de salidas digitales: 10
- Corriente máxima de salida: 2 A.

3.1.2. Pantalla HMI

La pantalla que se ha seleccionado para este sistema es la SIMATIC HMI TP 177A de Siemens. Las características y relación con el precio se ajustan a las necesidades del sistema. Los datos técnicos del equipo son los siguientes:

- Tipo de la pantalla: LCD-STN, modo azul
- Área activa del *display*: 115,18 mm x 86,38 mm
- Resolución: 320 x 240 puntos de imagen
- Colores representables: 4 tonos de azul
- Tipo de unidad de entrada: pantalla táctil analógica resistiva
- Memoria de aplicación: 512 Kbytes
- Voltaje de alimentación: 24 VDC (20,4 a 28,8 VDC)
- Consumo de corriente: 300 mA

3.1.3. Sensores

En relación con los sensores, debido a las características de los materiales a detectar, se utilizarán sensores capacitivos. Estos dispositivos estarán prácticamente en las áreas donde se desarrolla el proceso, por lo que deben estar contruidos con materiales resistentes a altas temperaturas y mantener la exactitud y precisión en las lecturas y envío de la información.

Las características técnicas de los sensores que se utilizarán son las siguientes:

- Voltaje de alimentación: 110 VAC
- Distancia de conmutación: 5mm
- Voltaje de servicio: 15 VDC
- Consumo de corriente: menor a 1,5 mA
- Inductancia intrínseca: 0,2 mH
- Capacitancia intrínseca: 250 nF
- Frecuencia máxima de conmutación: 50 Hz
- Temperatura ambiente permisible: -25 a 70 °C
- Material de la carcasa: latón.

3.2. Programación

La etapa de programación de los elementos que componen el sistema es muy importante, ya que de ella depende el funcionamiento adecuado de dichos elementos y la forma de interacción con el operador.

3.2.1. Programación del PLC

La programación del PLC se realiza con el *software* Micro Win STEP 7, de Siemens.

Se utiliza un lenguaje de programación con base en diagrama de escalera, el cual es una representación gráfica del esquema de los relés utilizados en los automatismos eléctricos de la lógica cableada.

El programa está compuesto de una rutina principal y 4 subrutinas. La selección de cada una de las subrutinas depende de la variable de entrada, cuyo estado es seleccionado a través de la pantalla HMI. El programa es capaz de calcular la eficiencia para 3 intervalos de tiempo (hora, día y *batch*).

La subrutina llamada “Tiempo” se utiliza para realizar el conteo del tiempo en el que se está realizando el cálculo de la eficiencia para los distintos intervalos de tiempo disponibles. El funcionamiento es sencillo: se utilizan contadores para generar el tiempo de los distintos intervalos y luego se mueven estos datos a variables de salida hacia la pantalla HMI (ver apéndice).

Las otras subrutinas realizan el cálculo de la eficiencia para los 3 intervalos disponibles. Se utilizan las señales de los sensores como variables de entrada, contadores y operaciones aritméticas para la conversión de datos y también operaciones aritméticas para el cálculo de la eficiencia (ver apéndice).

La subrutina para un intervalo de tiempo *batch* es útil cuando se quiere medir la eficiencia de un determinado lote de botellas dentro de la línea de producción.

3.2.2. Programación de la pantalla HMI

Para la programación de la pantalla HMI, se utiliza el *software* WinCC Flexible, el cual utiliza un lenguaje visual orientado a objetos.

A cada objeto se le programa una instrucción, la cual depende directamente de las acciones del operador y de las señales recibidas del PLC.

Para el diseño de este sistema se programan 7 modos de pantalla, en los cuales se pueden ajustar y visualizar todas las funciones que se necesitan para medir la eficiencia del proceso. Como se indicó en el apartado anterior, el sistema es capaz de medir la eficiencia por hora, día y *batch*, por lo que la visualización y configuración se realizan en referencia a estos 3 intervalos.

Al encender la HMI, se observa la pantalla de “Eficiencia Horaria”, la cual muestra la eficiencia del proceso durante la hora actual. También se puede observar la eficiencia de la hora anterior, para fines de comparación. De esta pantalla se puede saltar a las pantallas de “Eficiencia Diaria”, “Eficiencia Carrera” y “Teórico Botellas”.

Figura 9. **Pantalla “Eficiencia Horaria”**



Fuente: elaboración propia.

La pantalla de “Eficiencia Diaria”, muestra la eficiencia del proceso durante el día actual. Se puede observar también la eficiencia del día anterior y la hora actual del día.

Estos datos son útiles para la comparación de la eficiencia durante ciertas horas y con relación a otros días. De esta pantalla se puede saltar a las pantallas de “Eficiencia Horaria” y “Eficiencia Carrera”.

Figura 10. **Pantalla “Eficiencia Diaria”**



Fuente: elaboración propia.

La pantalla de “Eficiencia Carrera” muestra la eficiencia del proceso para determinado *batch* o lote de producto. Ya que el sistema involucra varias líneas de producción, es muy útil medir la eficiencia del proceso cuando se trabaja con botellas de cierta característica.

En esta pantalla se puede observar también la eficiencia del lote anterior, la hora en que inició la medición de la eficiencia para el lote actual y el código de la moldura utilizada para dicho lote. De esta pantalla se puede saltar a las pantallas de “Eficiencia Horaria” y “Eficiencia Diaria”.

Figura 11. Pantalla “Eficiencia Carrera”

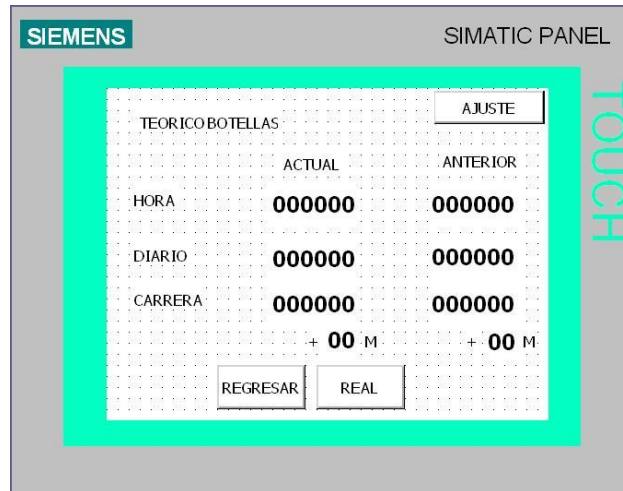


Fuente: elaboración propia.

La pantalla “Teórico Botellas” muestra el conteo de la cantidad de gotas de material sodo cálcico que ingresan a la máquina tipo IS para ser moldeadas, por cada intervalo de tiempo. Para realizar el conteo de dichas gotas, se utiliza un sensor. También se puede observar el conteo para los intervalos de tiempo inmediatamente anteriores.

Desde esta pantalla se puede regresar a la de “Eficiencia Horaria” y saltar a las pantallas de “Real Botellas” y “Ajustes”.

Figura 12. Pantalla “Teórico Botellas”



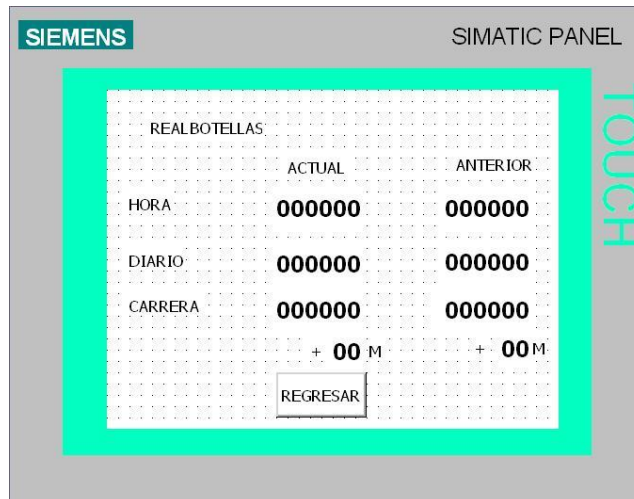
Fuente: elaboración propia.

En la pantalla “Real Botellas”, se puede observar el conteo de la cantidad de botellas que han salido de la línea de producción hacia otro sistema del proceso, esto para cada intervalo de tiempo.

Para realizar dicho conteo se utiliza un sensor en la salida de la línea de producción. Se muestra tanto el conteo actual, como el inmediatamente anterior.

Desde esta pantalla, se puede regresar a la pantalla “Teórico Botellas”.

Figura 13. Pantalla “Real Botellas”

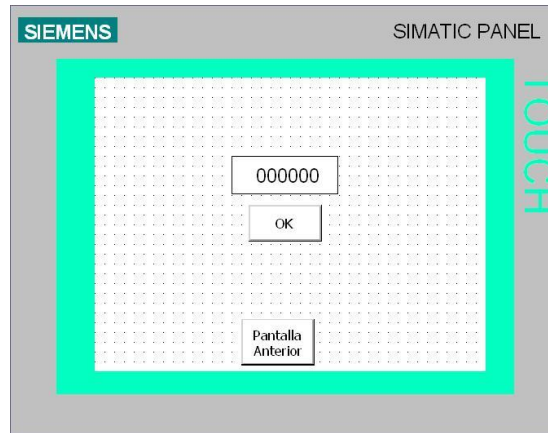


Fuente: elaboración propia.

Para poder ingresar a la pantalla Ajustes, es necesario contar con una contraseña. Al pulsar el botón de “Ajustes” dentro de la pantalla “Teórico Botellas”, se mostrará la pantalla en la que se solicita dicha contraseña al usuario.

Si la contraseña coincide con la establecida en la base de datos, se permite el acceso a dicha pantalla, en caso contrario, se deberá pulsar el botón “Pantalla Anterior” para regresar.

Figura 14. Pantalla “Password”



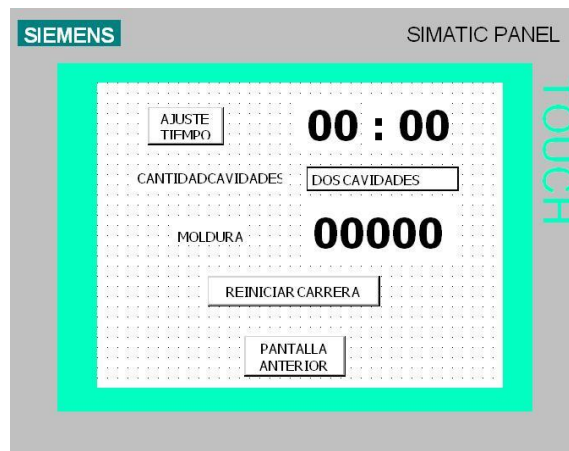
Fuente: elaboración propia.

En la pantalla “Ajustes” se pueden configurar los siguientes parámetros:

- Ajuste tiempo: se utiliza para ingresar la hora manualmente en caso de cortes de energía eléctrica.
- Cantidad cavidades: este parámetro se modifica en base al modo de alimentación de la máquina. En este sistema específicamente la máquina puede alimentarse con una o dos gotas de material, por lo que se elige “Una Cavidad” si se alimenta con una gota y “Dos Cavidades” si se alimenta con dos gotas.
- Moldura: se utiliza para ingresar el código de la moldura con la que se está trabajando en determinado lote.
- Reiniciar Carrera: este botón reinicia el conteo para el modo “Eficiencia Carrera”.

- Pantalla Anterior: Regresa a la pantalla “Teórico Botellas”.

Figura 15. Pantalla “Ajustes”



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. En el proceso de fabricación de botellas de vidrio se toman en cuenta factores que garanticen la calidad, funcionalidad y aprovechamiento de la materia prima, entre ellos, la eficiencia.
2. La utilización de un controlador lógico programable (PLC), es una excelente opción al diseñar un sistema de medición de la eficiencia, ya que ofrece características que se ajustan al ambiente en el que se desenvuelve el proceso, así como la capacidad de crecimiento y modificación, sin necesidad de grandes cambios.
3. La selección de los materiales y dispositivos que se van a utilizar se realiza con base en las características de operación y resistencia a condiciones ambientales, las cuales deben ajustarse al proceso y no interferir con la operación del mismo.
4. En la programación de los dispositivos que requieren *software*, se toma en cuenta la flexibilidad del programa en lo referente a resolución de fallas de *software* y la posibilidad de crecimiento del sistema.

RECOMENDACIONES

1. Una vez instalado el sistema, se deben destinar los medios necesarios para mantener y operar el sistema adecuadamente, así como monitorear que sus parámetros se encuentren dentro de sus rangos de operación.
2. Si se planea realizar un cambio físico dentro de la planta, es necesario que se destinen ubicaciones adecuadas y de similares condiciones a las que se contemplaron en el diseño, siempre cuidando de mantener el proceso sin interferencias.
3. En caso de fallas en el sistema, se debe contar con personal experimentado para solventarlas. De preferencia, se puede considerar al diseñador como la primera opción para asesoría en el manejo de incidentes.
4. Para el remplazo de dispositivos defectuosos, se deben escoger repuestos de la misma calidad y características, ya que una mala elección de repuesto puede ocasionar funcionamiento indeseado del sistema.

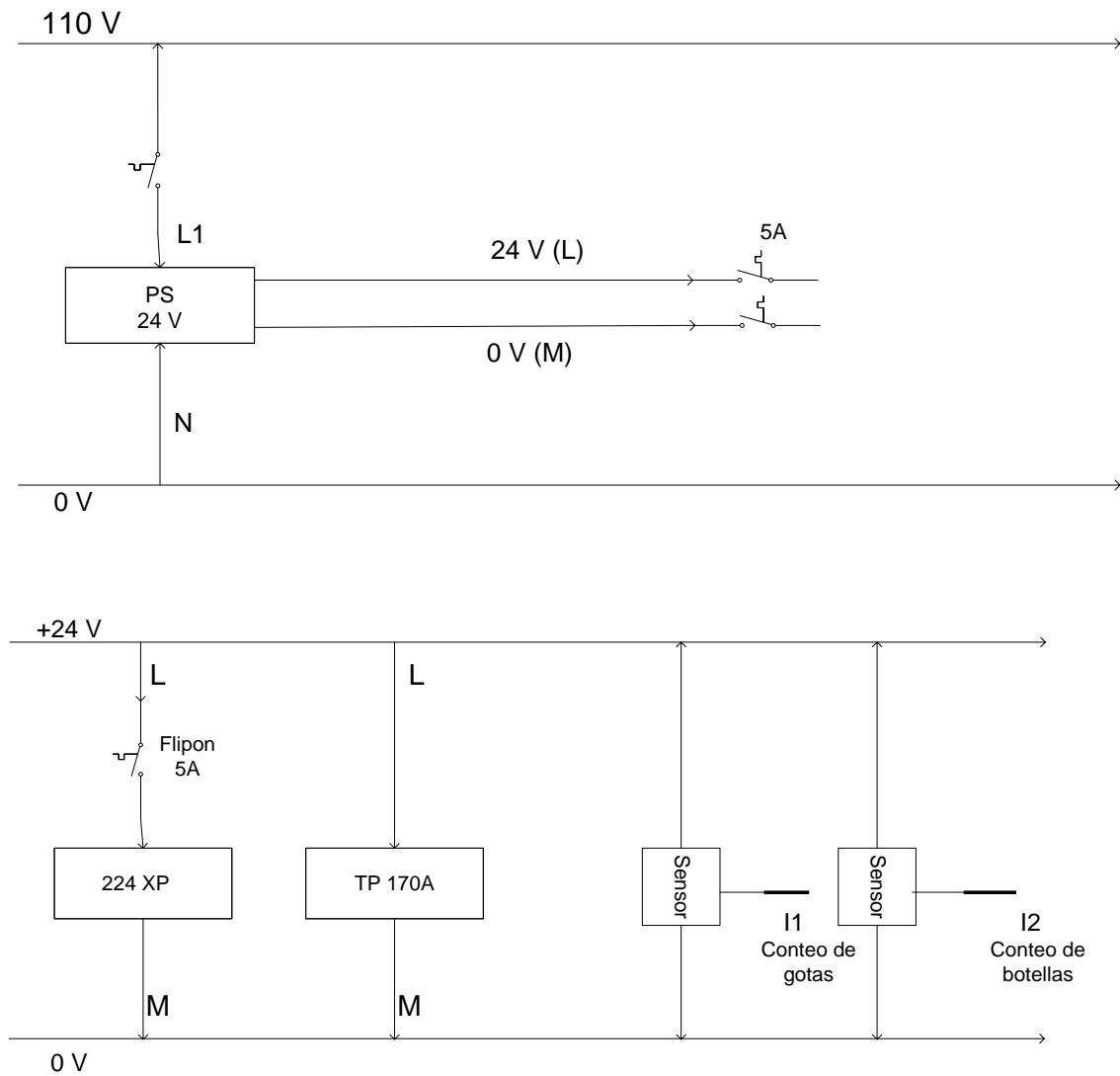
BIBLIOGRAFÍA

1. BOLTON, William. *Mecatrónica, sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica*. 2a ed. México: Alfaomega, 2007. 574 p.
2. HERNÁNDEZ, Jorge. *Curso práctico de electrónica moderna*. Colombia: Compañía Editorial Tecnológica CEKIT, 1998. 162 p.
3. HIDALGO, Jorge. *Tratado de enología*. España: Grupo Mundi Prensa, 2003. 1423 p.
4. HORTA, José. *Técnicas de automatización industrial*. México: Limusa, 1982. 300 p.
5. JUVASA. *Historia del vidrio* [en línea]. <http://www.juvasa.com/es/historia-del-vidrio/proceso-de-fabricacion>. [Consulta: 3 de noviembre de 2010].
6. LÓPEZ, Tessy. *El mundo mágico del vidrio*. 3a ed. México: Fondo de Cultura Económica, 2003. 142 p.
7. MCCLOY, D. *Robótica: una introducción*. México: Limusa, 1993. 384 p.

8. MOLINA VELA, Edwin Marcelo. *Diseño e implementación del sistema de control para una inyectora de plástico*. Director: Jorge Molina. Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2009. 182 p.
9. SANLEON, Raquel. *Botellas de vidrio* [en línea]. <http://www.guiaenvase.com>. [Consulta: 11 de diciembre de 2010].
10. Universidad Nacional de Córdoba. *Elementos y equipos eléctricos* [en línea]. <http://www.efn.uncor.edu/departamentos>. [Consulta: 3 de marzo de 2011].

APÉNDICES

Apéndice 1. Plano eléctrico



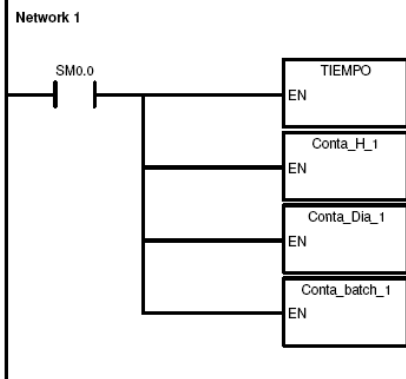
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Código del programa (se presenta en 23 páginas)

Block: PRINCIPAL
 Author:
 Created: 14.07.2009 11:27:05
 Last Modified: 18.07.2011 13:10:46

Symbol	Var Type	Data Type	Comment
	TEMP		
	TEMP	STRING	
	TEMP		
	TEMP		

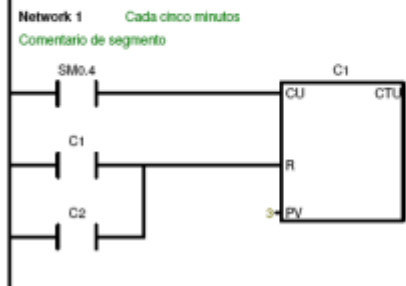
COMENTARIOS DEL PROGRAMA



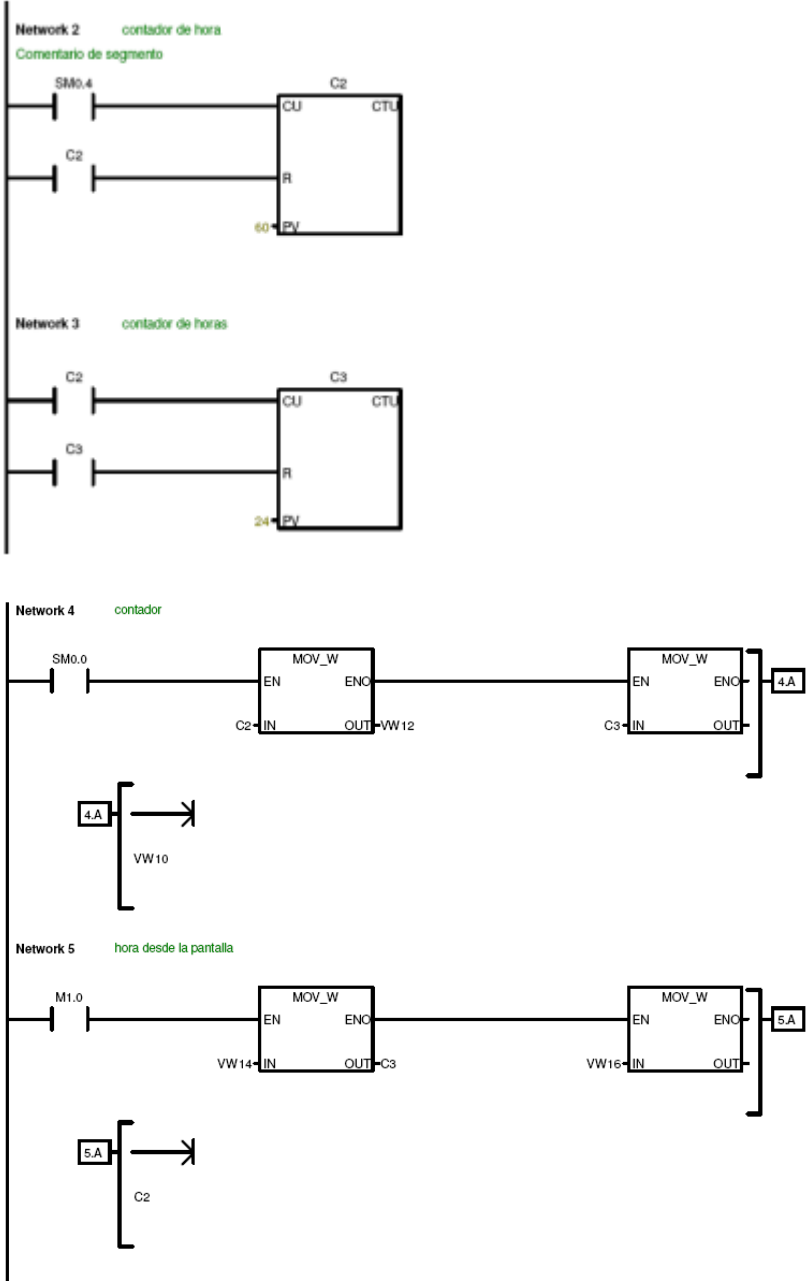
Block: TIEMPO
 Author:
 Created: 14.07.2009 11:27:05
 Last Modified: 23.07.2009 12:25:53

Symbol	Var Type	Data Type	Comment
EN	IN	BOOL	
	IN		
	IN_OUT		
	OUT		
	TEMP		

COMENTARIOS DE LA SUBROUTINA



Continuación del apéndice 2



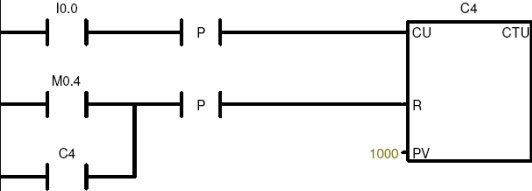
Continuación del apéndice 2

Block: Conta_H_1
 Author:
 Created: 14.07.2009 12:05:22
 Last Modified: 22.07.2009 12:55:43

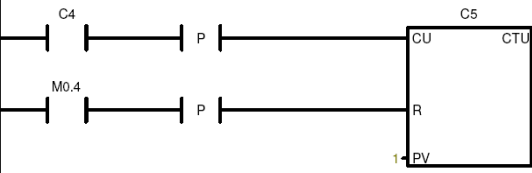
Symbol	Var Type	Data Type	Comment
EN	IN	BOOL	
	IN		
	IN_OUT		
	OUT		
LD0 temp1	TEMP	REAL	
LD4 temp2	TEMP	REAL	
LD8 temp3	TEMP	DINT	
LD12 temp4	TEMP	REAL	
LD16 temp5	TEMP	DINT	
LD20 temp6	TEMP	REAL	
LD24 temp7	TEMP	REAL	
	TEMP		

COMENTARIOS DE LA SUBROUTINA

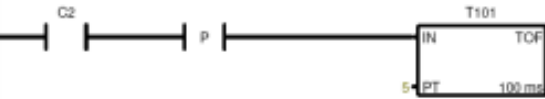
Network 1 Cont Linea 1 teorico Horario
 Comentario de segmento



Network 2



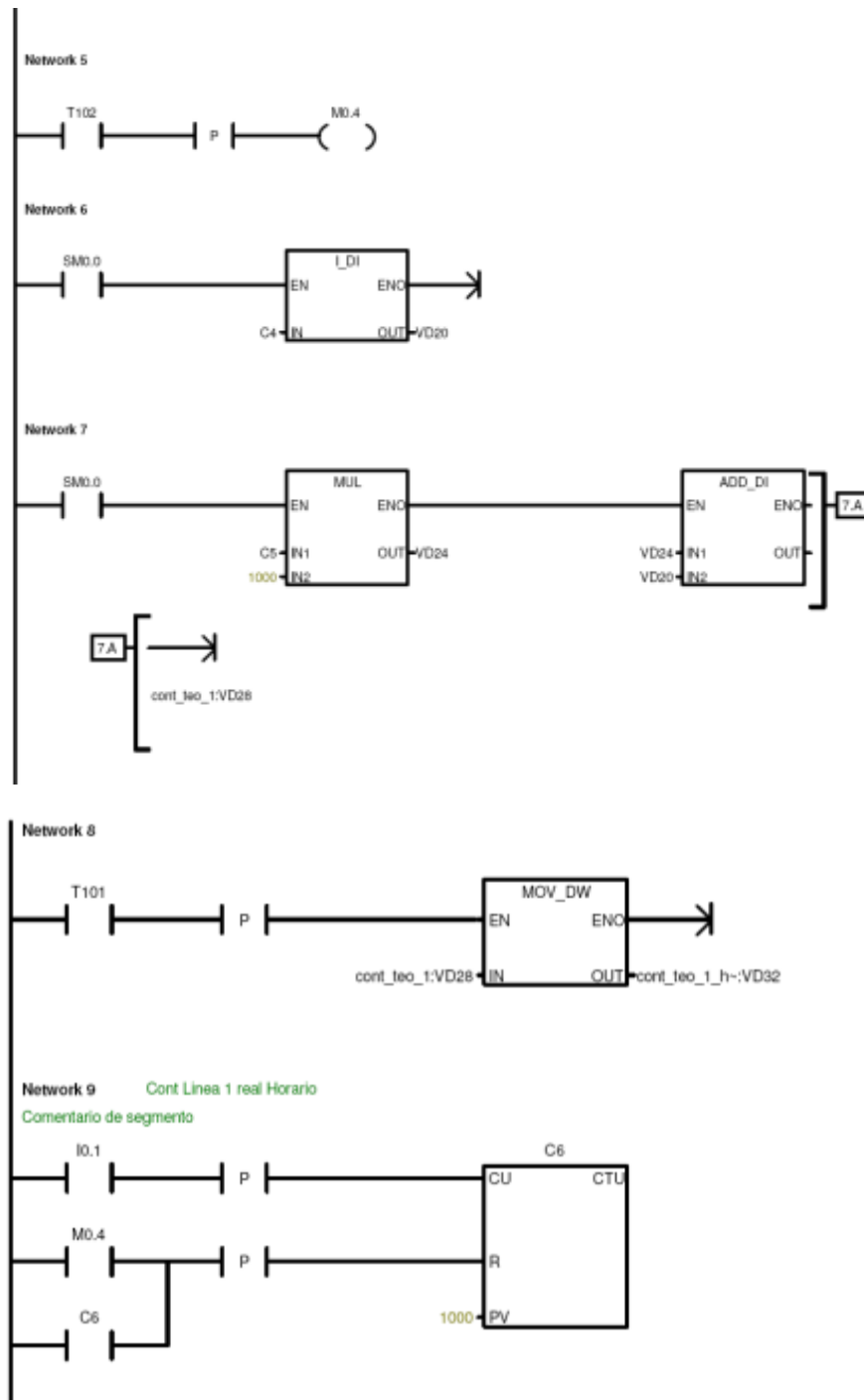
Network 3 reseteo horario



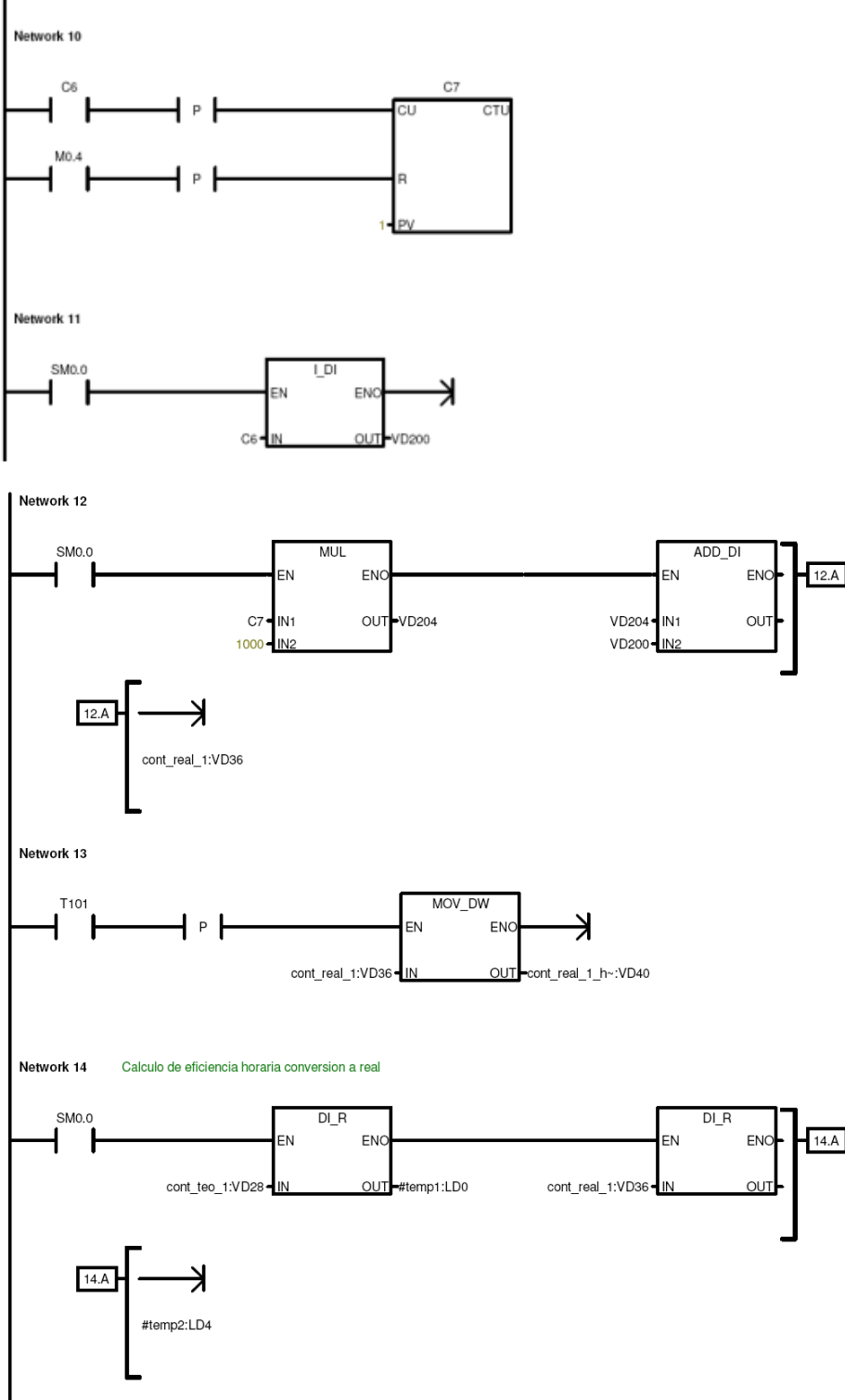
Network 4



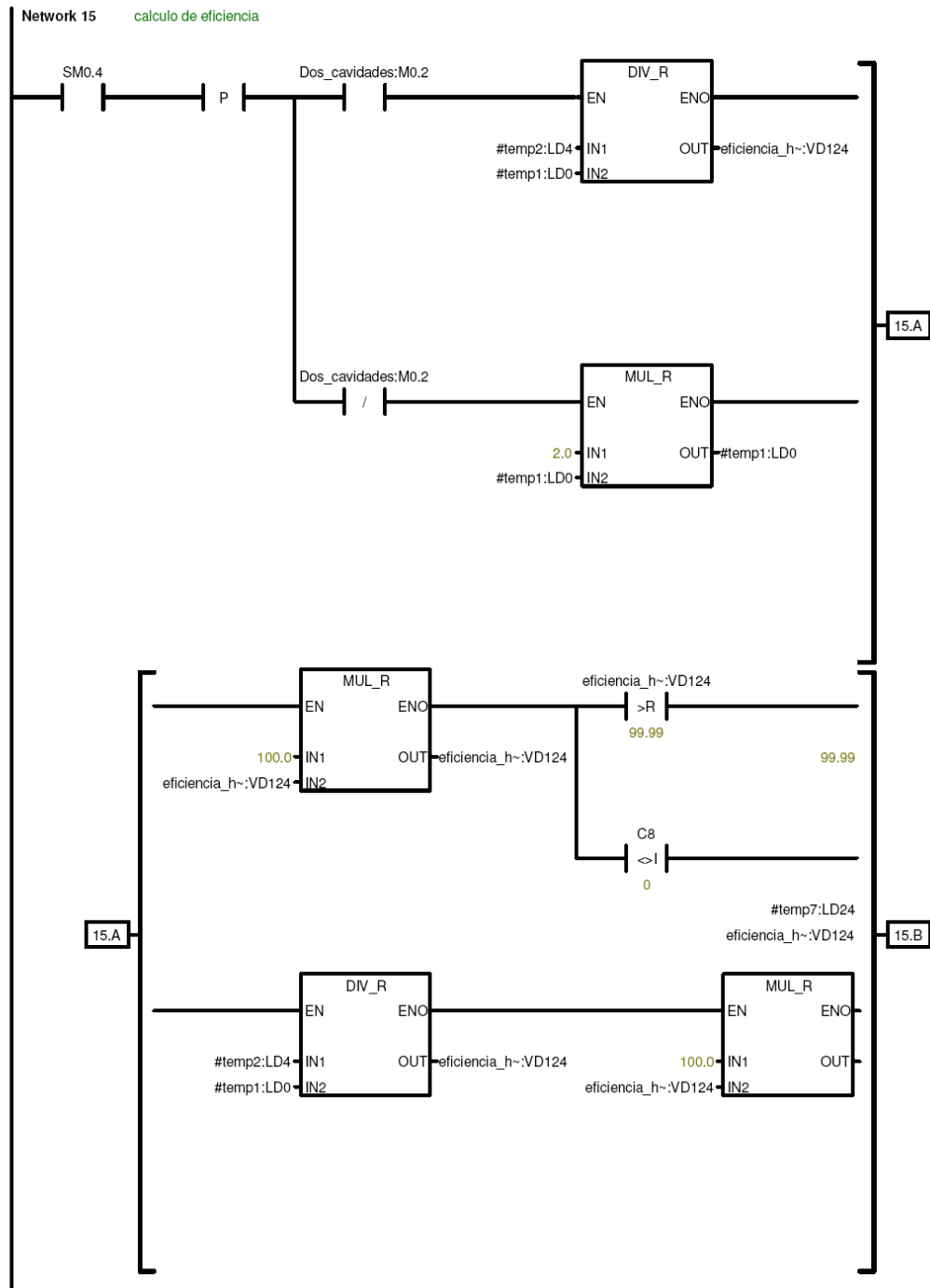
Continuación del apéndice 2



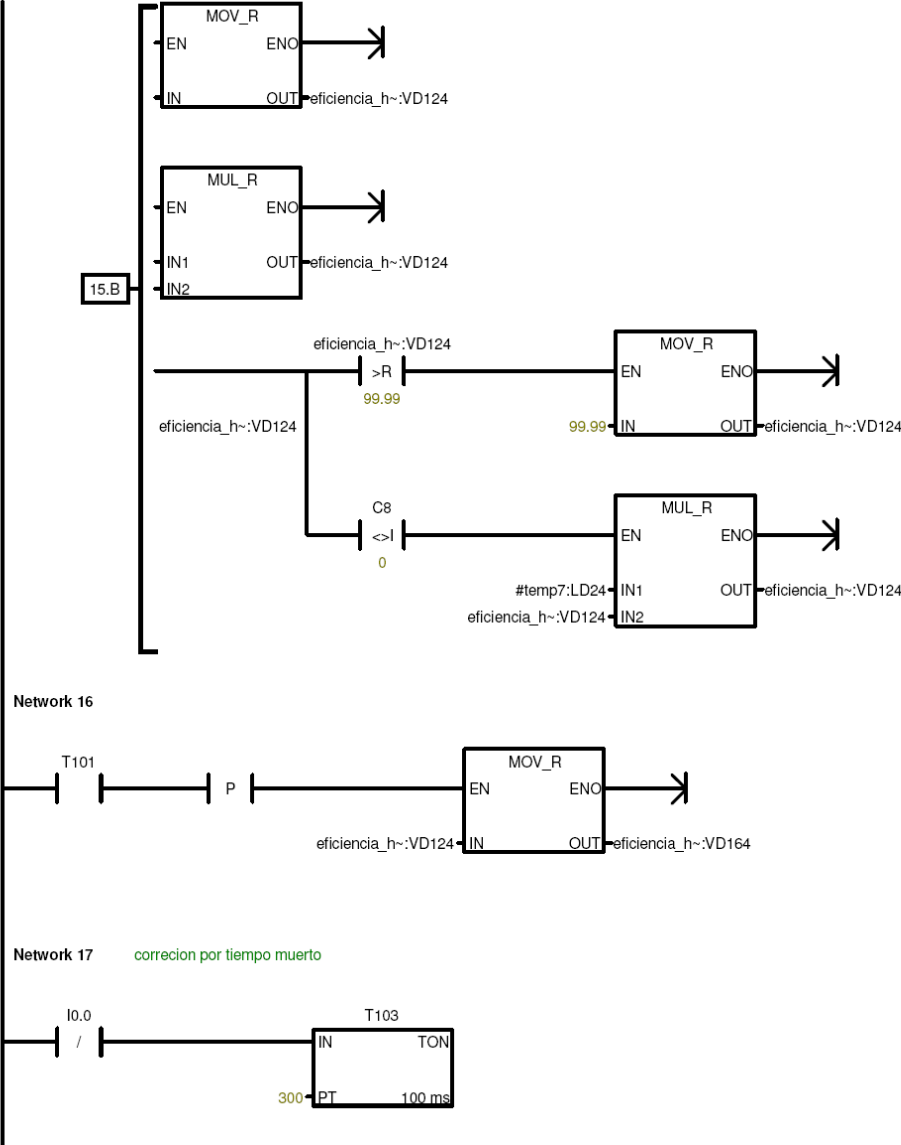
Continuación del apéndice 2



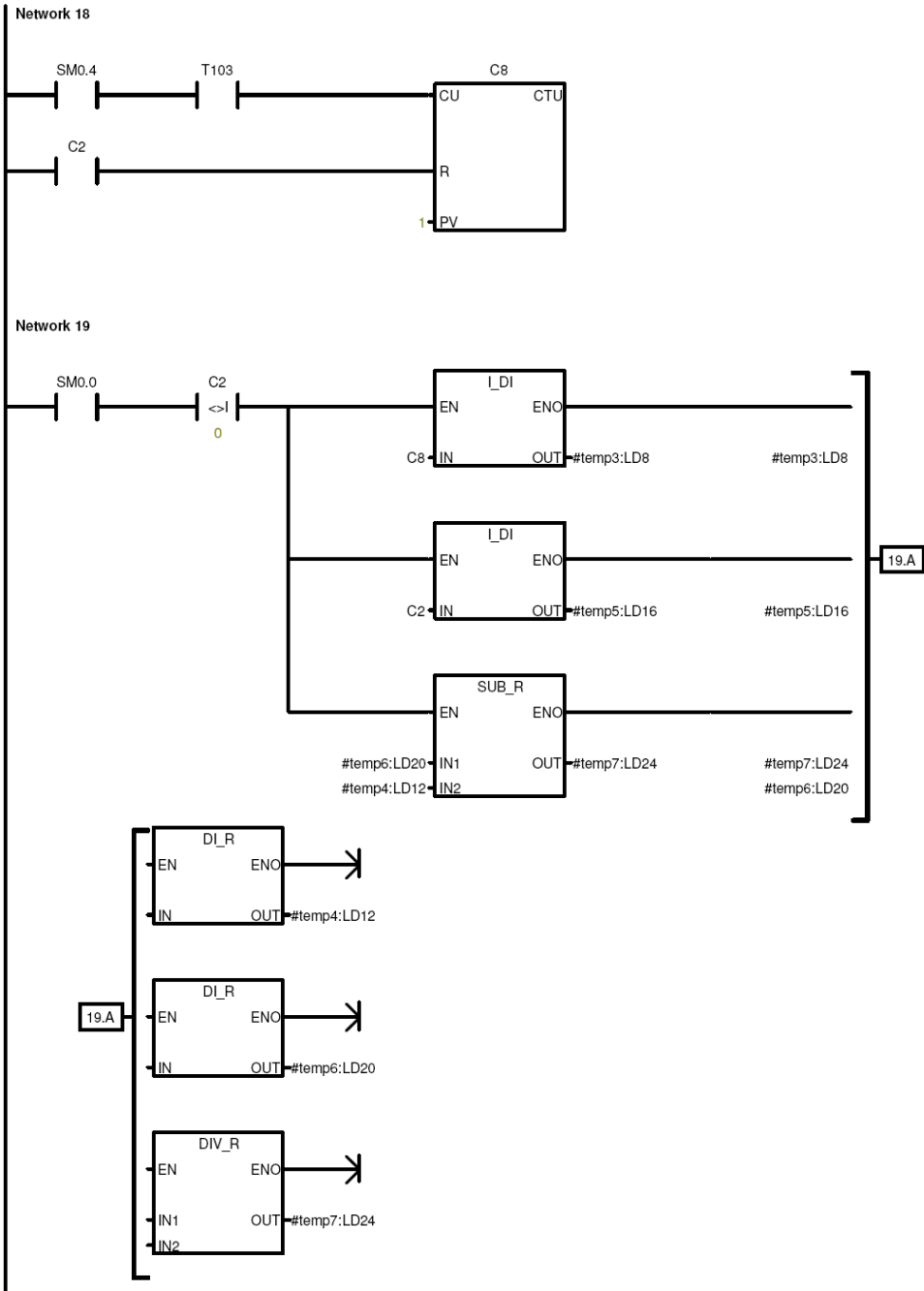
Continuación del apéndice 2



Continuación del apéndice 2



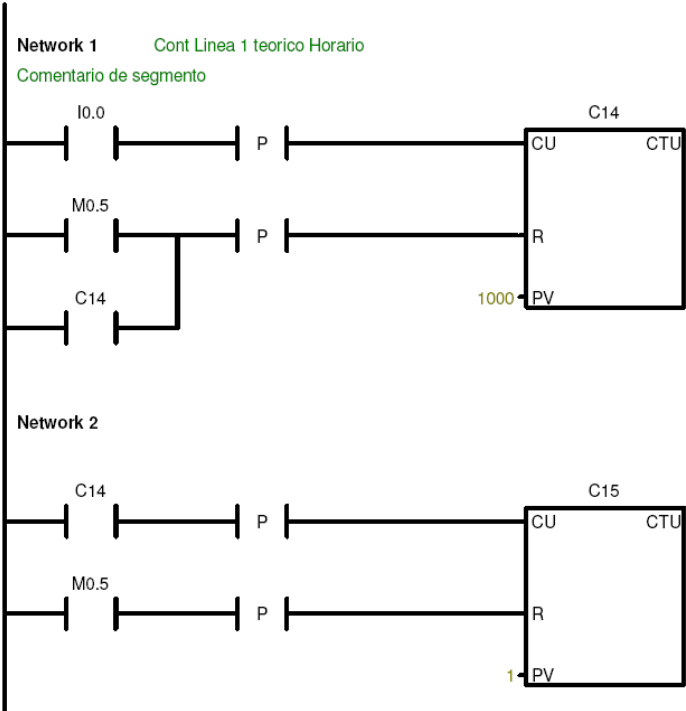
Continuación del apéndice 2



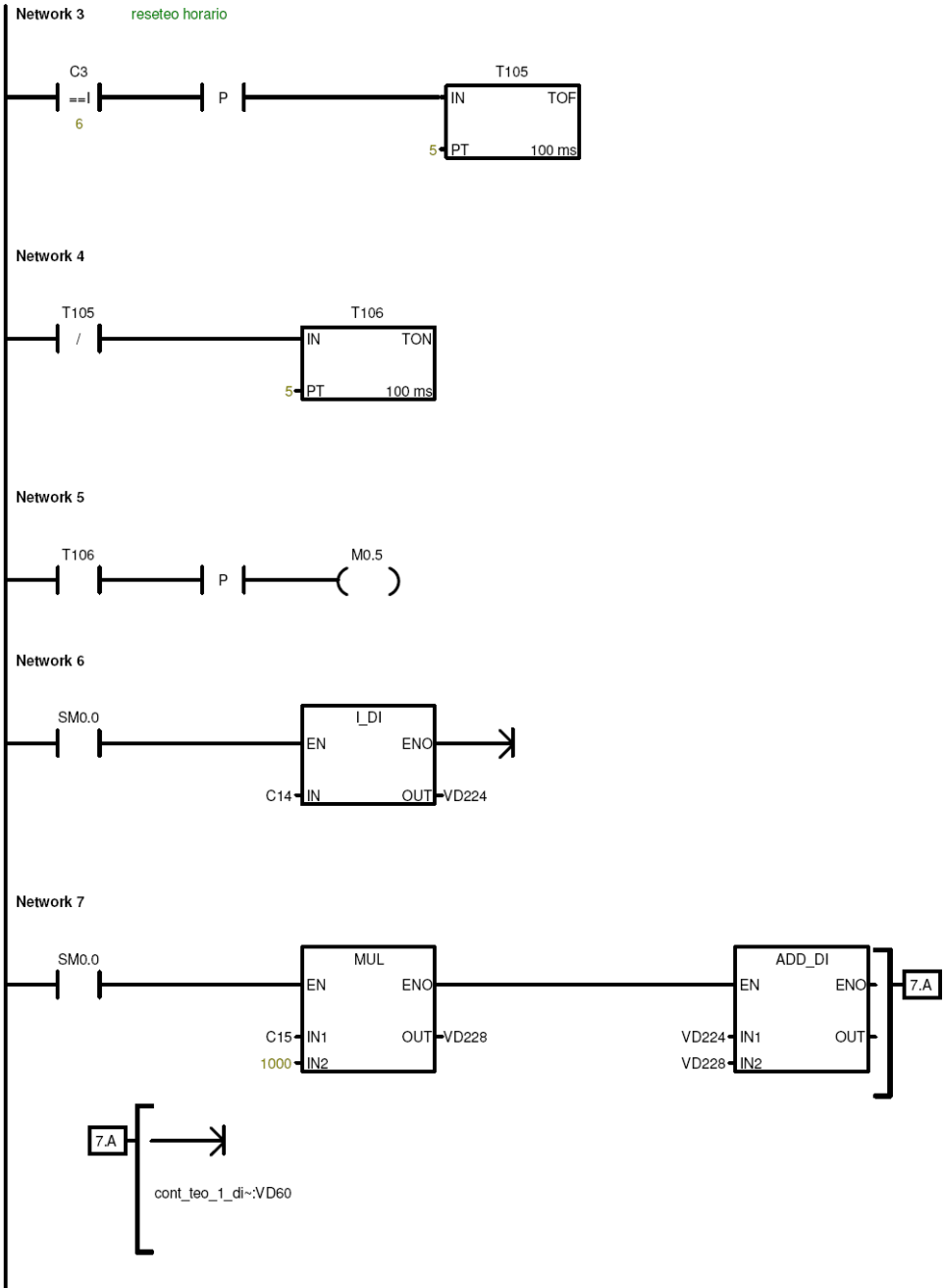
Continuación del apéndice 2

Block: Conta_Dia_1
 Author:
 Created: 14.07.2009 12:05:22
 Last Modified: 23.07.2009 14:59:34

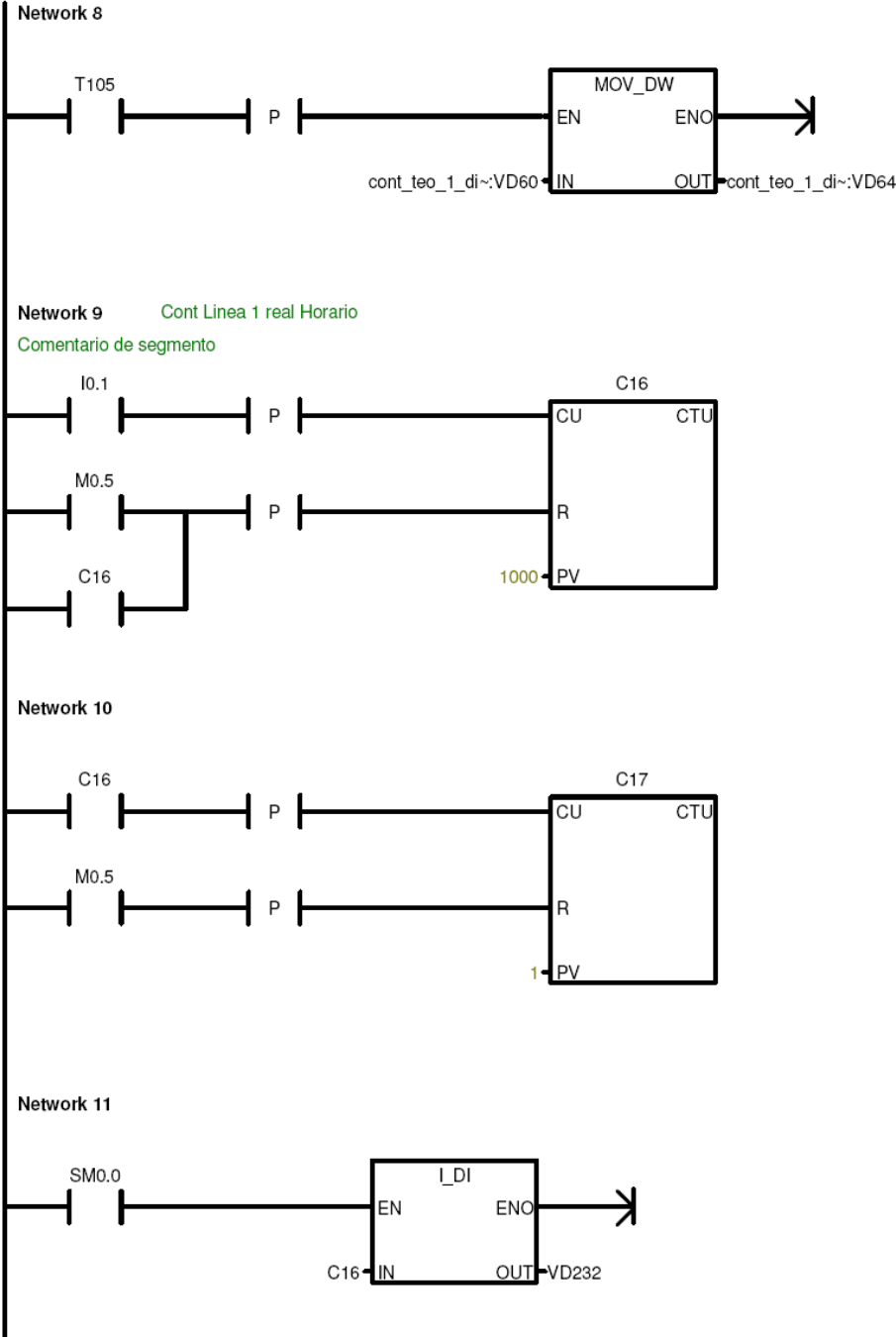
	Symbol	Var Type	Data Type	Comment
	EN	IN	BOOL	
		IN		
		IN_OUT		
		OUT		
LD0	temp1	TEMP	REAL	
LD4	temp2	TEMP	REAL	
LD8	temp3	TEMP	DINT	
LD12	temp4	TEMP	REAL	
LD16	temp5	TEMP	DINT	
LD20	temp6	TEMP	REAL	
LD24	temp7	TEMP	REAL	
		TEMP		



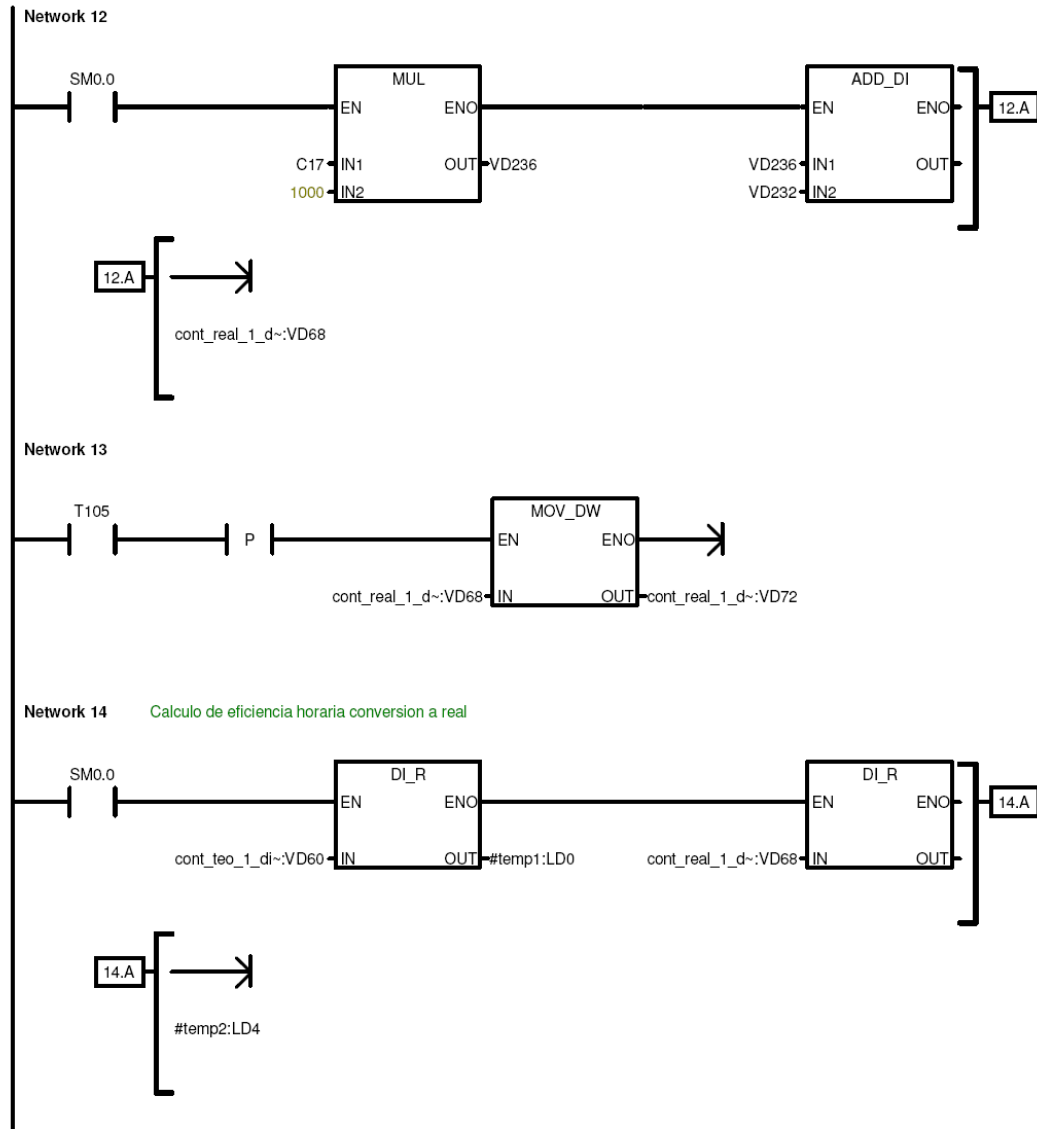
Continuación del apéndice 2



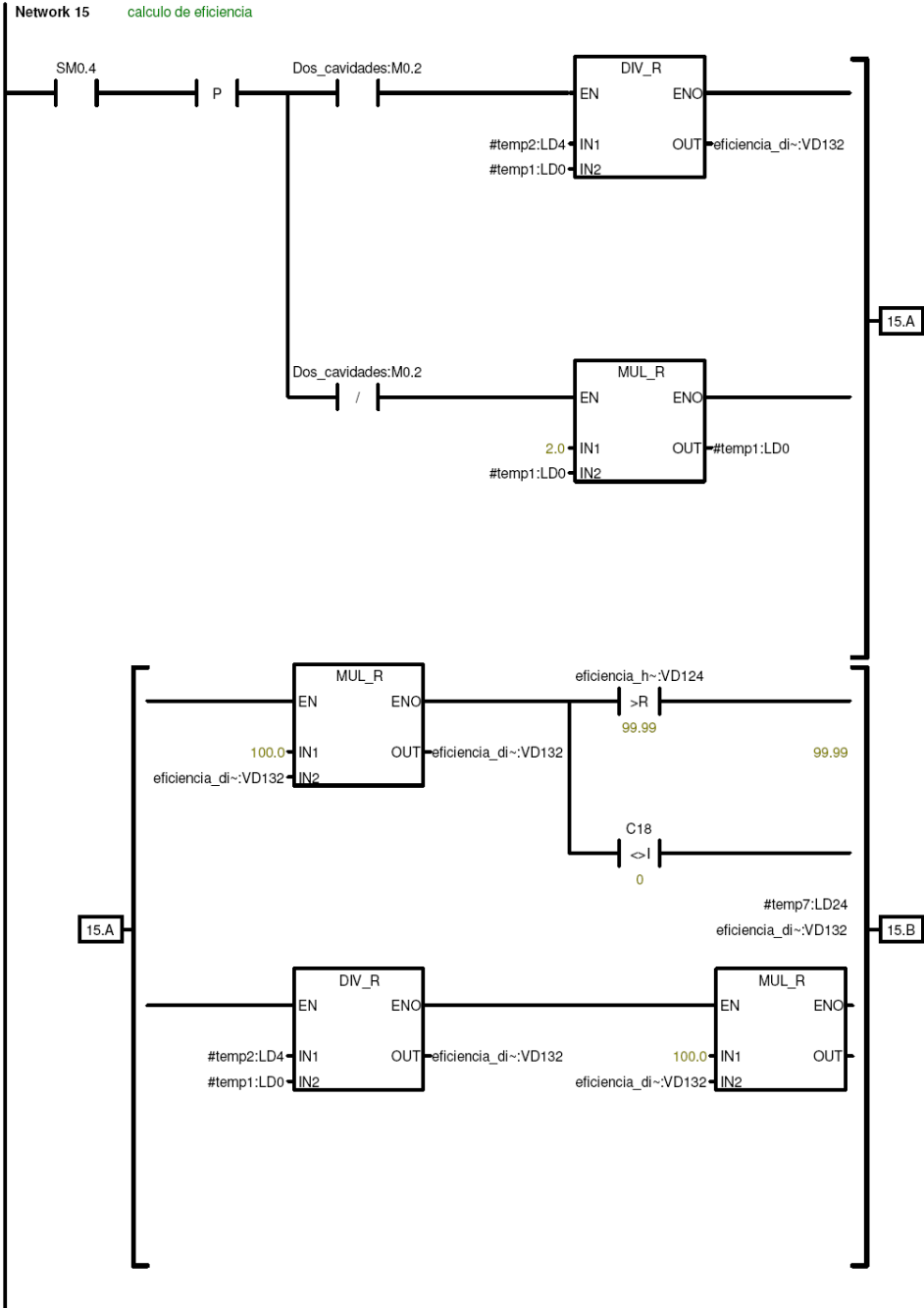
Continuación del apéndice 2



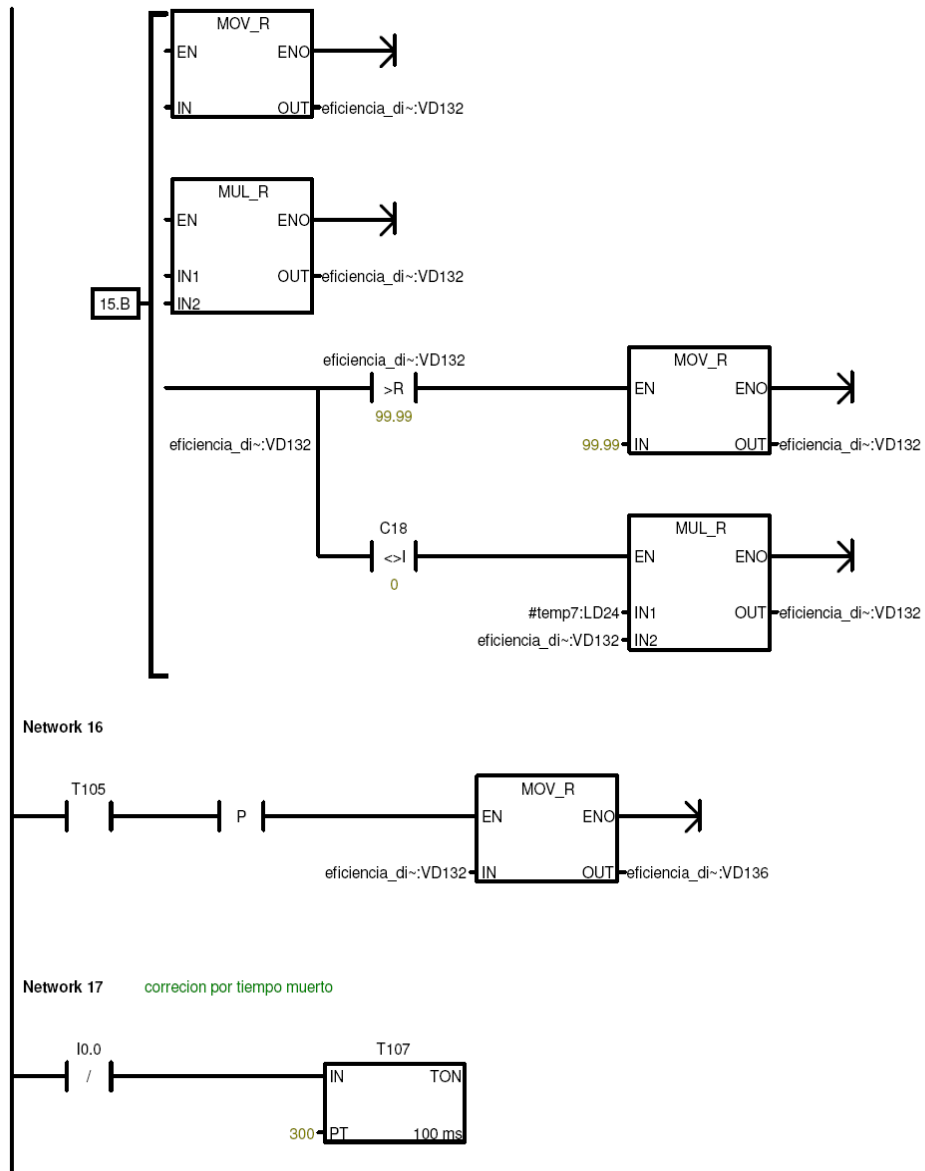
Continuación del apéndice 2



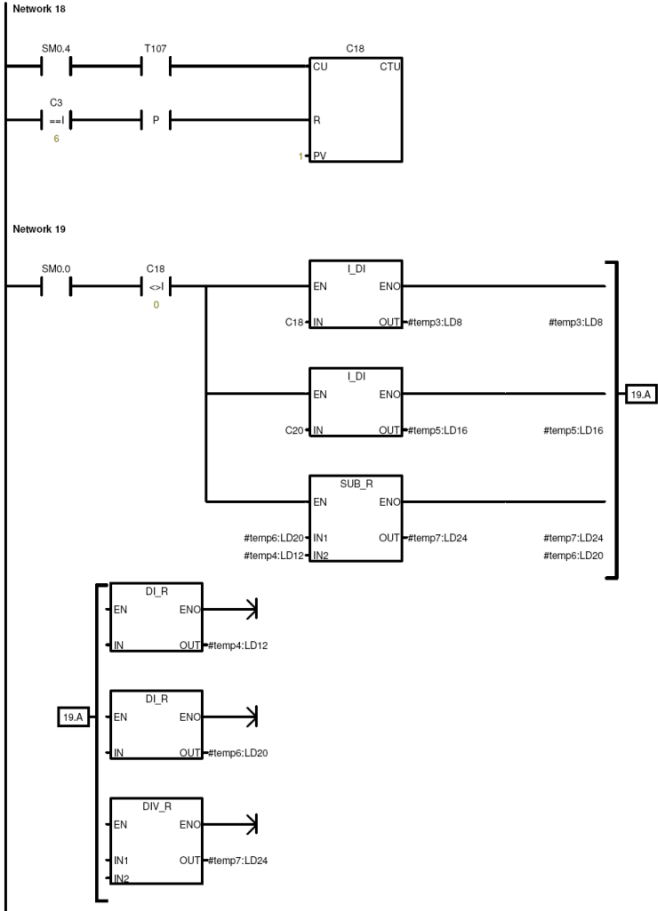
Continuación del apéndice 2



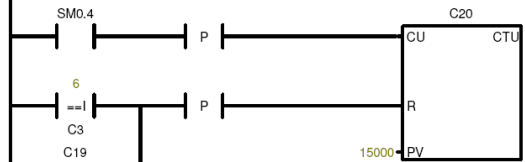
Continuación del apéndice 2



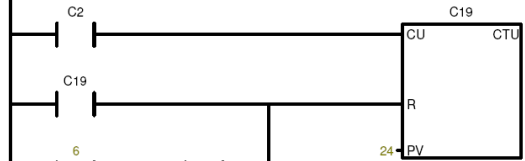
Continuación del apéndice 2



Network 20 CONTROL DE TIEMPO PARA EFICIENCIA POR PARO DE MÁQUINA



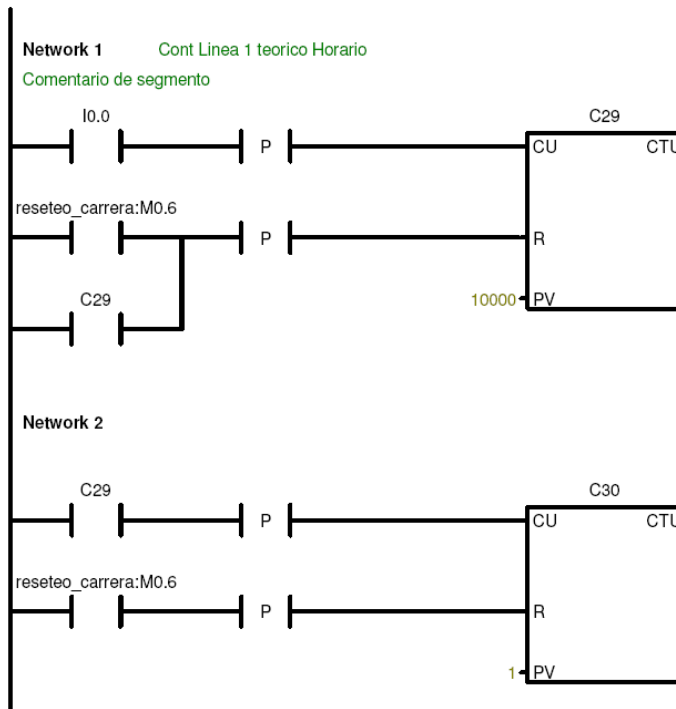
Network 21



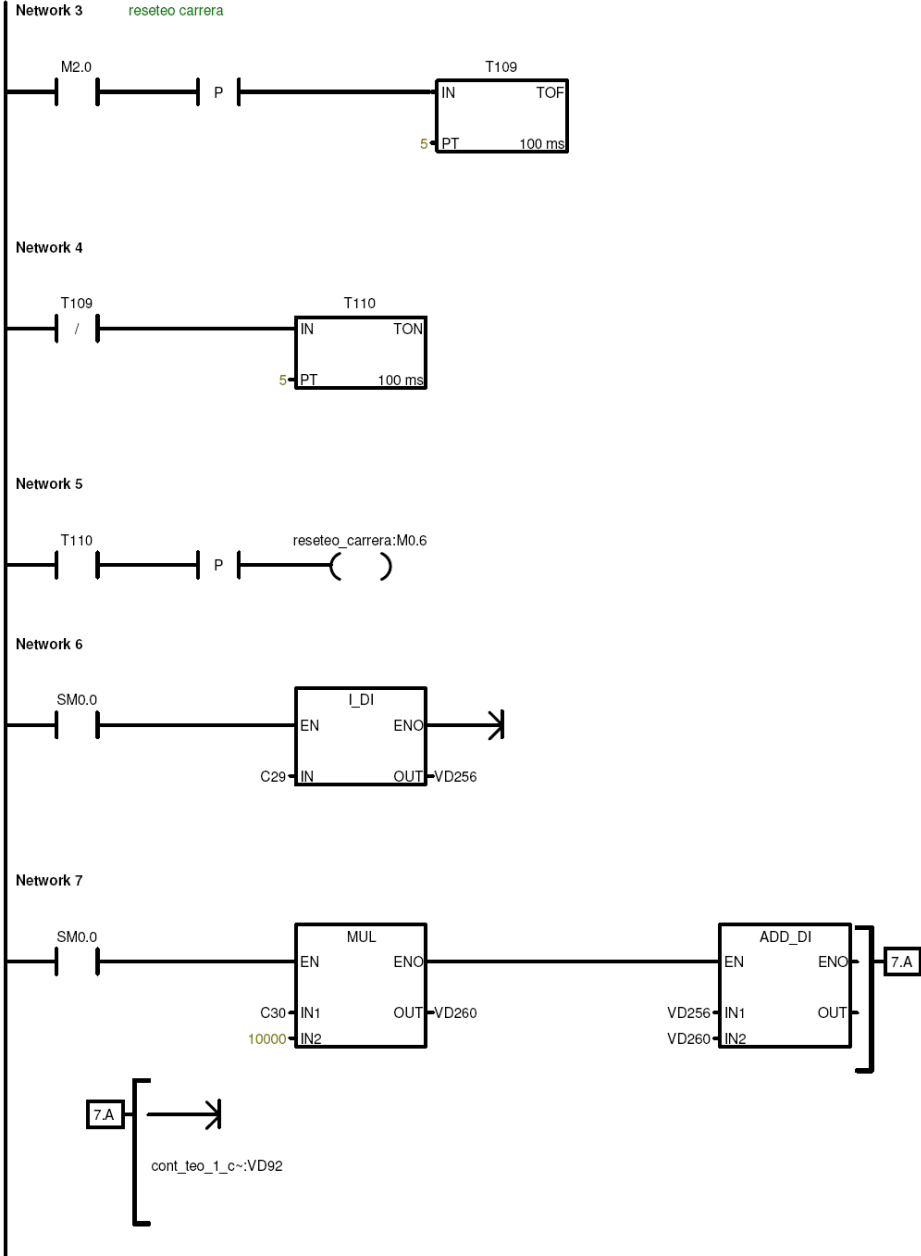
Continuación del apéndice 2

Block: Conta_batch_1
 Author:
 Created: 14.07.2009 12:05:22
 Last Modified: 23.07.2009 17:41:27

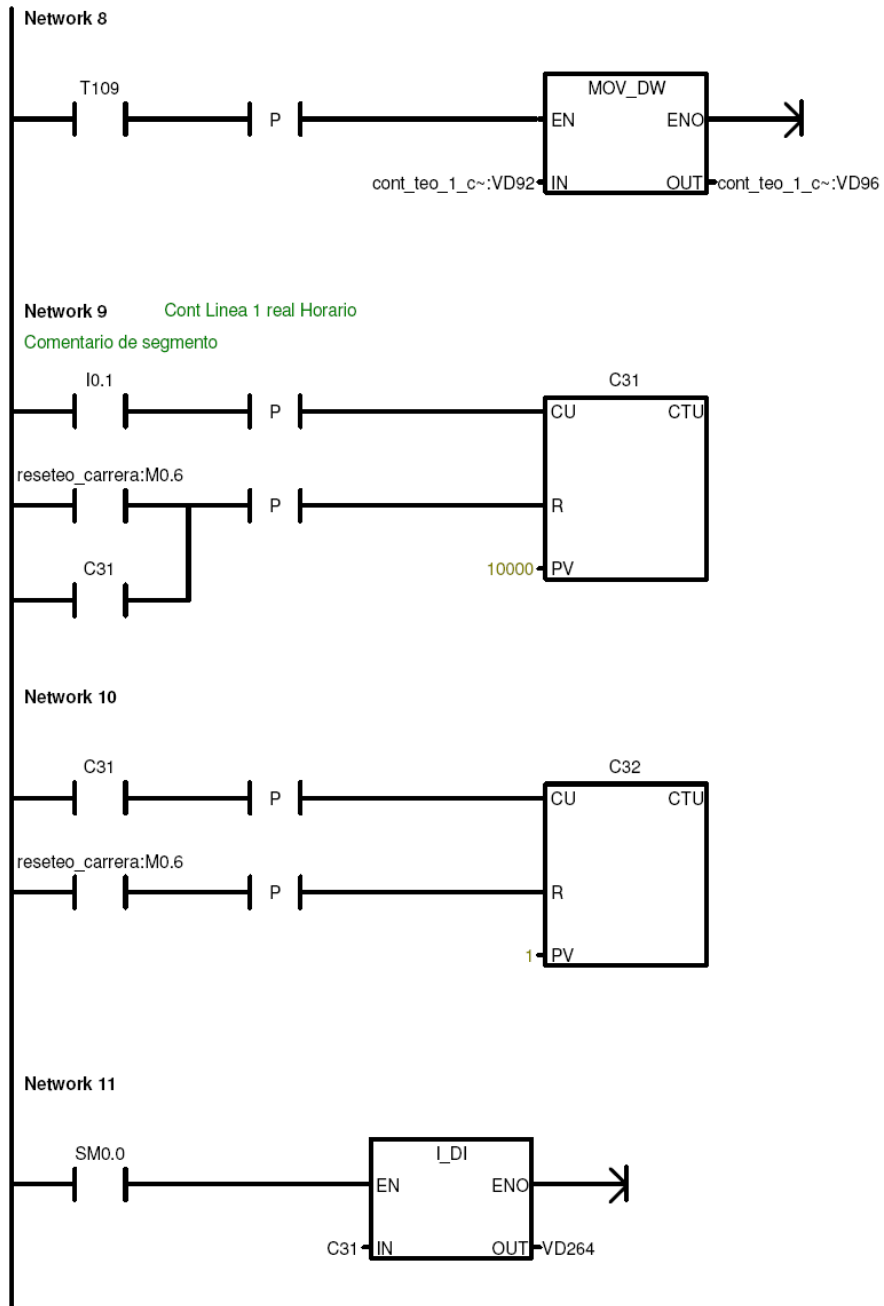
	Symbol	Var Type	Data Type	Comment
	EN	IN	BOOL	
		IN		
		IN_OUT		
		OUT		
LD0	temp1	TEMP	REAL	
LD4	temp2	TEMP	REAL	
LD8	temp3	TEMP	DINT	
LD12	temp4	TEMP	REAL	
LD16	temp5	TEMP	DINT	
LD20	temp6	TEMP	REAL	
LD24	temp7	TEMP	REAL	
		TEMP		



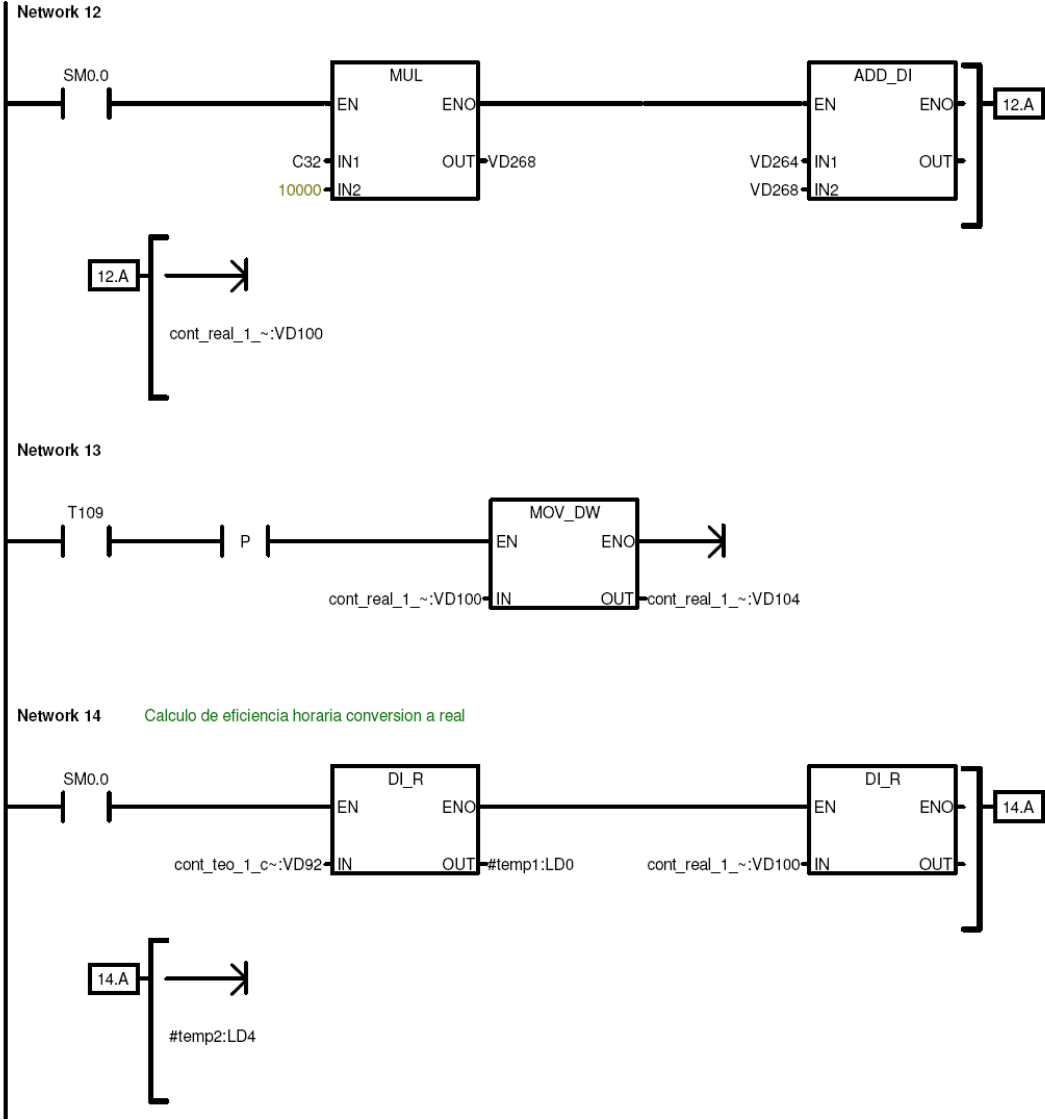
Continuación del apéndice 2



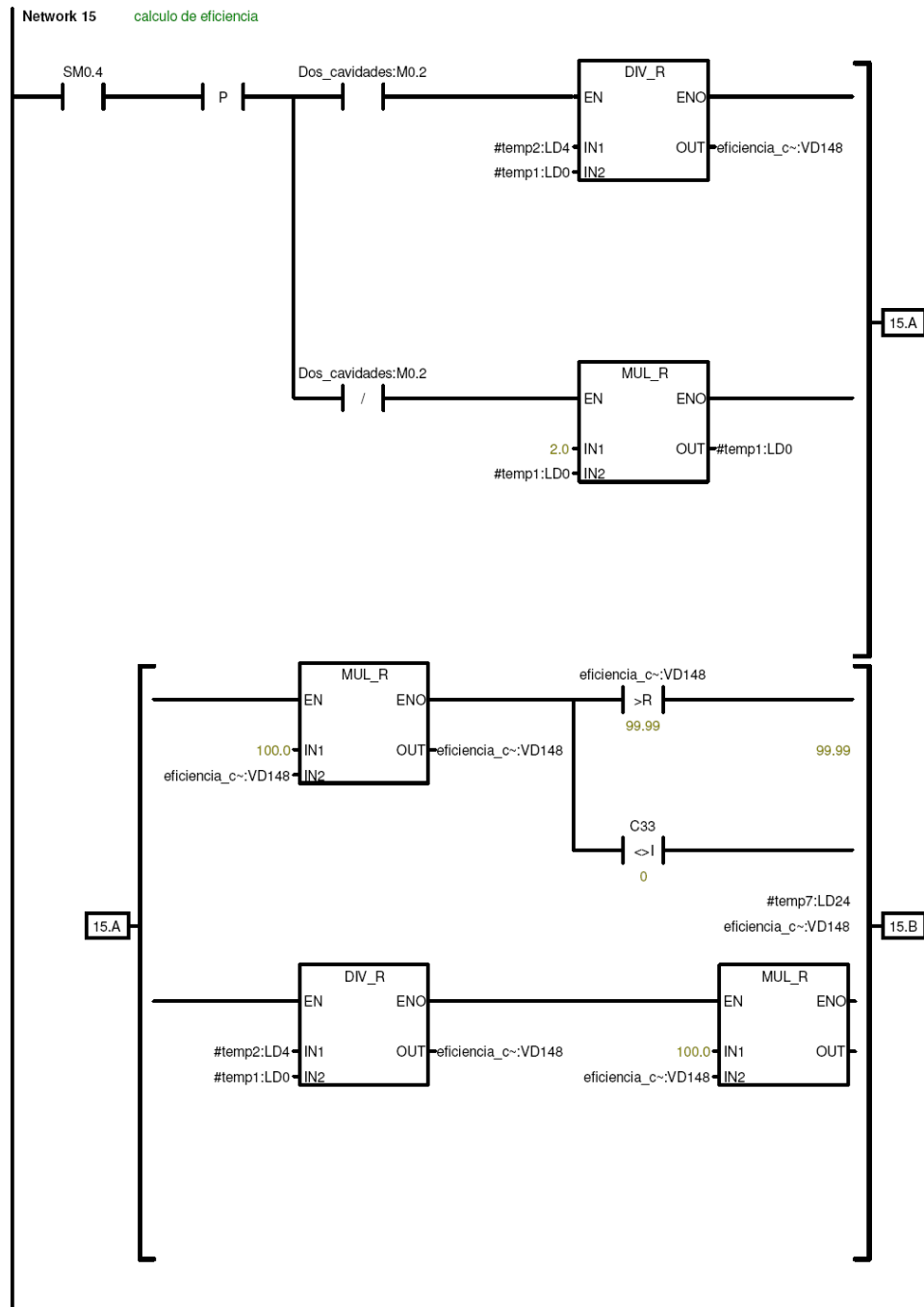
Continuación del apéndice 2



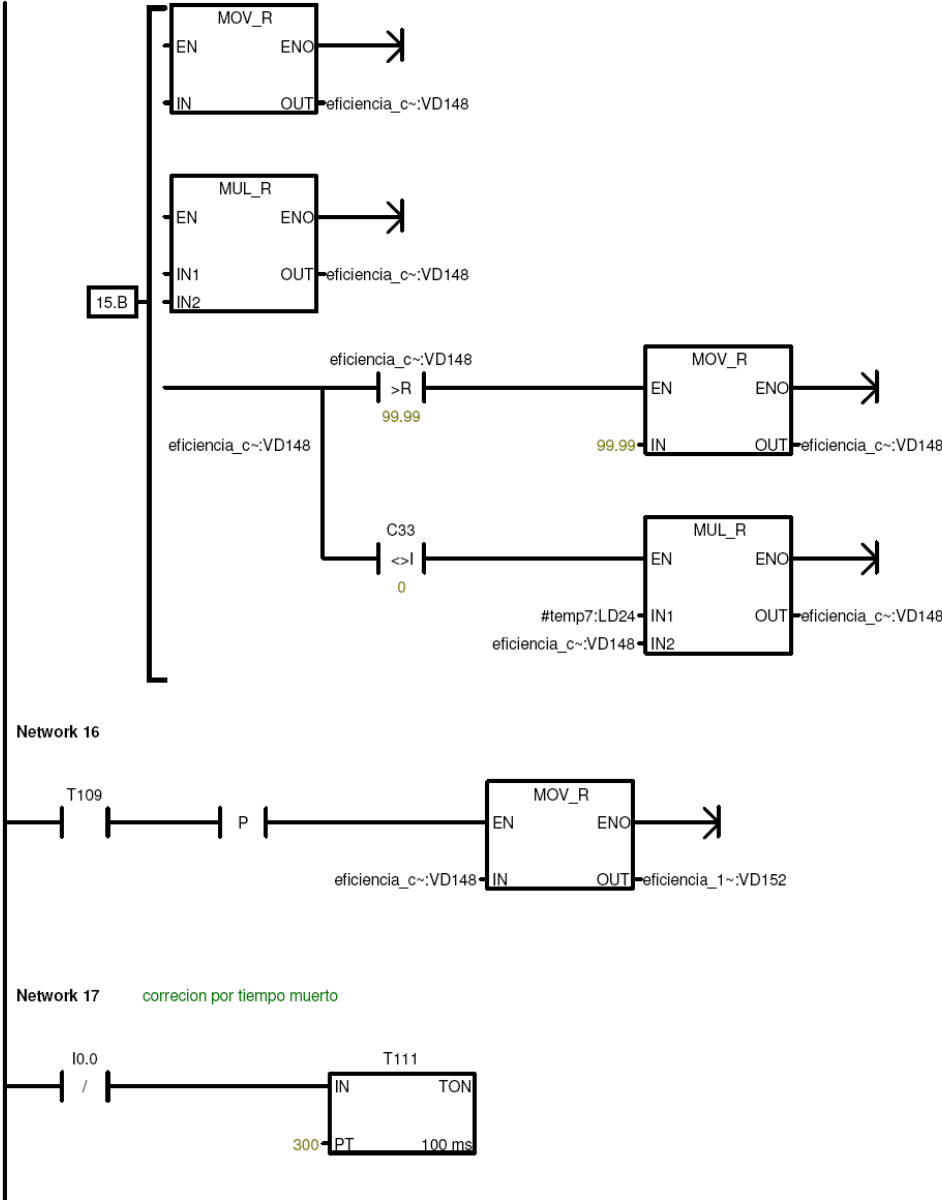
Continuación del apéndice 2



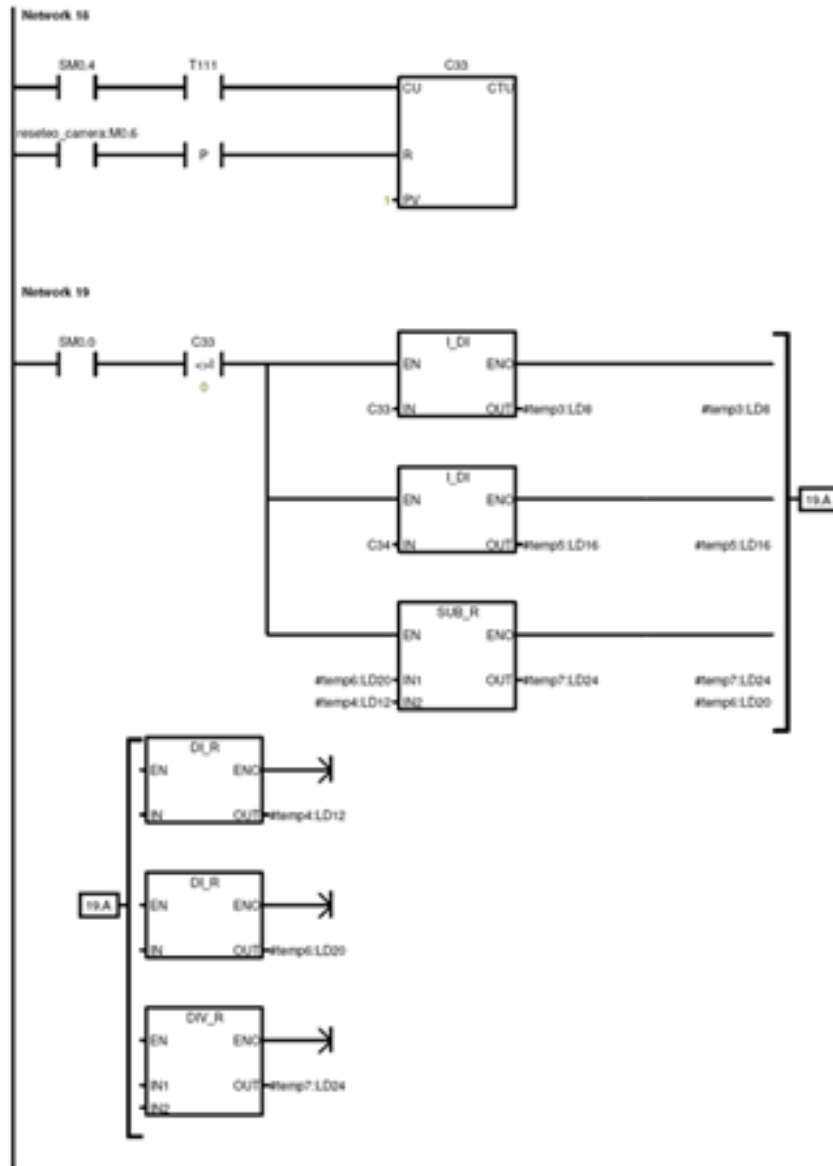
Continuación del apéndice 2



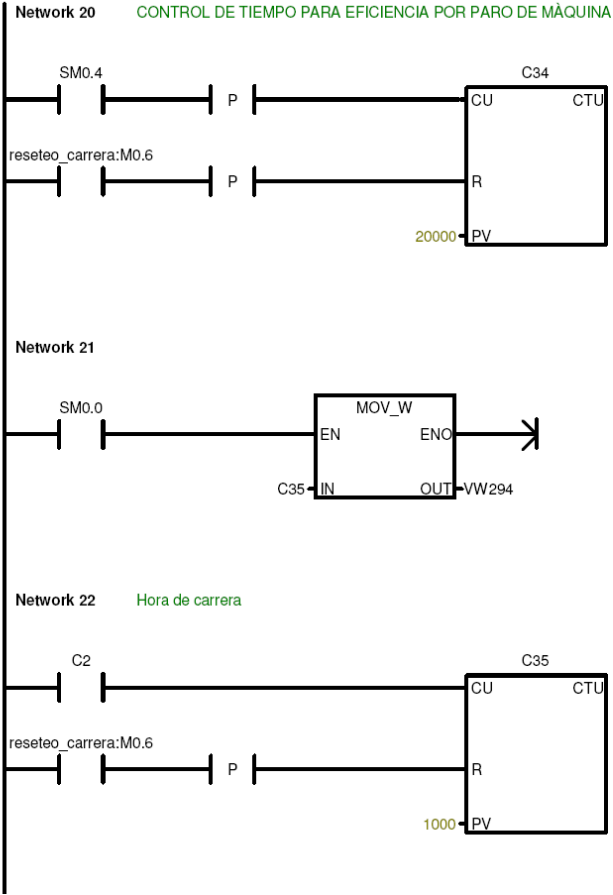
Continuación del apéndice 2



Continuación del apéndice 2



Continuación del apéndice 2



Fuente: elaboración propia.