

41126
53

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGON**

**“AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO PARA
RECEPCIÓN TRANSFERENCIA DE FRUCTOSA
EN UNA EMBOTELLADORA DE REFRESCO”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
AREA: ELÉCTROCA ELECTRÓNICA

P R E S E N T A :
LUIS HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

ASESOR:
ING. PINEDA DÍAZ ELEAZAR MARGARITO

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO 2003

1-A



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO PARA RECEPCIÓN-TRANSFERENCIA DE FRUCTOSA EN UNA EMBOTELLADORA DE REFRESCO

TEMARIO

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1. CONCEPTOS GENERALES	
1.1 Automatización	3
1.1.1 Realimentación	3
1.1.2 Uso de la informática	4
1.2 Sensores	6
1.2.1 Introducción a los sensores y transductores	6
1.2.2 Medidor de flujo másico	8
1.2.2.1 Teoría de operación	8
1.2.3 Sensor de nivel ultrasónico	11
1.2.4 Medición de temperatura	13
1.2.4.1 Unidades y escalas de medición	14
1.2.4.2 Detector Resistencia Temperatura (RTD)	16
1.2.4.3 Termopozos	19
1.2.5 Sensores inductivos	22
1.2.5.1 Distancias de conmutación	25
1.2.5.2 Elementos que afectan las distancias de conmutación	26
1.2.6 Manómetro de tubo de bourdon	30
1.2.6.1 Principio de operación	30
1.2.6.2 Selección de manómetros de presión	32
1.2.6.2.1 Principios de operación de los sellos químicos	34
1.3 Actuadores	36
1.3.1 Introducción	36
1.3.2 Actuador neumático para válvulas	37
1.3.3 Bomba centrífuga	39
1.3.4 Bomba autocebante	41
1.3.5 Bomba rotatoria	43
CAPITULO 2. DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DEL SISTEMA	
2.1 Ubicación de la embotelladora	46
2.2 Fructosa en refrescos	46
2.3 Símbolos de los equipos y sus etiquetas	50
2.4 Procesos del sistema	54
2.4.1 Recepción de la fructosa	56
2.4.2 Conservación de la fructosa	60
2.4.3 Transferencia de la fructosa	66
2.4.4 Saneamiento del equipo de la fructosa	68

CAPITULO 3. EL CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE SIMATIC S5-100U	
3.1	Introducción 76
3.2	Módulos 77
3.3	Funcionamiento 81
3.4	Configuración eléctrica 85
3.5	Conexión de los módulos entrada / salida 88
3.6	Direccionamiento 91
3.7	Puesta en servicio 96
3.8	Programación del control 101
3.8.1	Introducción 101
3.9	Operandos 103
3.10	Estructura del programa 106
3.11	Operaciones básicas 109
3.11.1	Combinacionales 109
3.11.2	Operaciones de memoria 110
3.11.3	Operaciones de conteo 111
3.11.4	Operaciones de tiempo 113
3.12	Ejemplos de programas 117
CAPITULO 4. AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO	
4.1	Arquitectura del sistema 120
4.2	Lista de entradas y salidas 128
4.3	Diagramas eléctricos 132
4.4	Codificación al lenguaje de programación 147
4.5	Tablero de control 163
CONCLUSIONES	175
BIBLIOGRAFIA	177

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Agradecimientos

A Dios:

Por permitirme la vida, por darme la serenidad, el valor y la sabiduría para afrontar mi existencia, ya que con ello he podido lograr lo que hasta ahora tengo. Por concederme disfrutar este momento tan, importante, anhelado y especial en mi vida.

A mis padres:

Por los grandes sacrificios que realizaron para que yo culminara mis estudios, por todas las lecciones para llevar una vida correcta; y además, por brindarme todo su AMOR y su apoyo incondicional en todo instante.

A mis hermanos:

Por todo su apoyo y ayuda que me brindaron para llegar a este instante, pero sobre todo, por esas grandes conversaciones que tuvimos y por los grandes momentos que hemos compartido, siendo este uno de ellos.

A mis amigos:

Por su confianza y amistad que me han brindado.

A mis profesores:

Por compartir sus conocimientos, su tolerancia y creatividad.

A la ENEP .A.R.I.G.A.:

Por formarme académicamente, dándome los conocimientos teórico-prácticos para el desempeño de mi profesión.

A todos aquellos que han formado parte de mi vida, gracias...

llh

Los hombres razonables se adaptan al mundo.
Los hombres insensatos hacen que el mundo se adapte a ellos.
Por eso el progreso depende de hombres insensatos.

George Bernard Shaw

Somos lo que hacemos día a día.
De modo que la excelencia no es un acto, sino un hábito.
Siembra un pensamiento, cosecha una acción; siembra una acción, cosecha un hábito. Siembra un hábito, cosecha un carácter; siembra un carácter, cosecha un destino.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INTRODUCCIÓN

Actualmente en la industria alimenticia el uso de la fructosa como edulcorante total o en combinación con azúcar se esta empleando mucho para endulzar alimentos enlatados, productos lácteos, repostería y otros alimentos procesados.

Debido a la característica de su alto poder edulcorante y a las ventajas que ofrece sobre el azúcar, hacen de la fructosa un producto ideal para la elaboración de bebidas carbonatadas, siendo en la industria refresquera donde cuenta con una participación muy importante. Sin embargo, el uso de este producto demanda la instalación de equipos para tener un manejo eficiente y poder cumplir con las normas de calidad establecidas.

Basándose en lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivos realizar la automatización para llevar a cabo los procesos de recepción, conservación, transferencia y las operaciones de limpieza de las líneas de producto y equipos de almacenamiento; que son necesarios para el manejo de dicha fructosa.

Cabe mencionar que la automatización de estos procesos se realizará conforme a las necesidades específicas de la "Embotelladora de Cuaulta, Morelos" y cumpliendo las normas que dicta Coca cola de México.

En el capítulo 1 se establecen los conceptos generales de automatización, se explica el funcionamiento de los sensores de flujo másico, de nivel ultrasónico, de temperatura, de inducción, los manómetros de tubo de Bourdon; así como, el principio de operación de los actuadores neumáticos para las válvulas y las características de las bombas centrífugas, autocebantes y rotatorias.

Cómo el producto a manejar es fructosa, en el capítulo 2 se escribe su definición, composición, sus ventajas en la elaboración de refrescos y los cuidados para su conservación; posteriormente, se muestran los símbolos de los equipos

mediante los cuales se representan en los Diagramas de Tuberías e Instrumentación "DTI's" que sirven para realizar la descripción funcional de los procesos que realiza el sistema.

El capítulo 3 es referente al Control Lógico Programable "PLC" utilizado para gobernar las secuencias que ejecuta el sistema. Se describen los módulos que lo componen, su funcionamiento, su configuración eléctrica, su modo de direccionamiento y la puesta en servicio. Con respecto al software para realizar la programación, se utiliza el STEP 5. Se describen los operandos y las formas de representación que maneja el software, se explica el ciclo de ejecución del programa, las operaciones combinacionales, de memoria, de conteo y de tiempo; además se muestran algunos ejemplos de programas.

En el capítulo 4 se desarrolla la metodología para llevar a cabo los objetivos de la tesis, haciendo uso de los conceptos tratados en los capítulos anteriores. Se plantea la arquitectura del sistema donde se ilustran todos los equipos que intervienen en el sistema y su funcionamiento, se definen las señales de entrada y salida que utiliza el PLC y la dirección asignada para realizar su programación. Se realiza los diagramas eléctricos de todos los equipos a controlar, la programación de los procesos con el software Step 5 en su formato de diagrama de escalera o contactos; y finalmente, se explica la forma para operar el sistema a través del uso del tablero de control.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO 1. CONCEPTOS GENERALES

1.1 Automatización

La **automatización** es un sistema diseñado con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas efectuadas por el hombre, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana. Este termino también se refiere para describir sistemas no destinados a la fabricación en los que dispositivos programados o automáticos puede funcionar de manera independiente o semiindependiente del control humano. En comunicaciones, aviación y astronáutica, equipos para conmutación telefónica, los pilotos automáticos y los sistemas automatizados de guía y control se utilizan para efectuar tareas con más rapidez y eficiencia de lo que podría hacer un ser humano.

1.1.1 Realimentación

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Un elemento esencial de todos los mecanismos de control automáticos es el principio de **realimentación**, que permite al diseñador hacer una máquina o proceso capaz de autocorregirse. Un ciclo o bucle de realimentación es un dispositivo mecánico, neumático o electrónico que detecta una magnitud física como una temperatura, una presión, un nivel o una velocidad, la compara con un punto establecido, y realiza aquella acción preprogramada necesaria para mantener la cantidad medida dentro de los límites aceptables.

En la fabricación y en la producción, los ciclos de realimentación requieren la determinación de límites aceptables para que el proceso pueda efectuarse; que estas características físicas sean medidas y comparadas con el conjunto de

límites, y que el sistema de realimentación sea capaz de corregir el proceso para que los elementos medidos cumplan la norma. Mediante los dispositivos de realimentación las máquinas pueden ponerse en marcha, pararse, acelerar, disminuir su velocidad, contar inspeccionar, comprobar, comparar y medir. Estas operaciones suelen aplicarse a una variedad de etapas de producción, por ejemplo el embotellado, la recepción y distribución de materiales, etc.

1.1.2 Uso de la informática

La computadora ha facilitado enormemente el uso de ciclos de realimentación en los procesos de fabricación. En combinación, las computadoras y los ciclos de realimentación han permitido el desarrollo de máquinas controladas numéricamente.

La aparición de las combinaciones de microprocesadores y computadoras ha posibilitado el desarrollo de tecnología de diseño y fabricación asistido por computadora. Empleando estos sistemas el diseñador traza el plano de una pieza e indica sus dimensiones. Una vez terminado el boceto, la computadora genera automáticamente las instrucciones que dirigirán al centro de maquinado para elaborar dicha pieza.

1.1.3 La automatización en la industria

TEST CON
FALLA DE ORIGEN

Muchas industrias están muy automatizadas, o bien utilizan tecnología de automatización en algunas etapas de su proceso. En las comunicaciones, y sobre todo en el sector telefónico, la marcación, la transmisión y la facturación se realiza automáticamente.

El sector petroquímico ha desarrollado un método de flujo continuo de producción, esto es debido a la naturaleza de las materias primas utilizadas. En una refinería

el petróleo crudo entra por un punto y fluye por los conductores a través de dispositivos de destilación y reacción, a medida que va siendo procesado para obtener productos como la gasolina. Un conjunto de dispositivos controlados automáticamente, dirigidos por microprocesadores y controlados por una computadora central, controla las válvulas, calderas y demás equipos, regulando así el flujo y las velocidades de reacción.

Por otra parte, en las industrias: metalúrgica, de bebidas y alimentos envasados, algunos productos se elaboran por lotes. Por ejemplo, se carga en un horno o silo los ingredientes necesarios, se procesan y se obtiene determinado producto. En esta fase es donde se requiere un alto nivel de automatización para que el producto cumpla con las normas de calidad establecidas.

Cada una de las industrias utilizan máquinas automatizadas en su totalidad o en parte de sus procesos de fabricación. Como resultado, cada sector tiene un concepto de automatización adaptado a sus necesidades específicas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.2 SENSORES

1.2.1 Introducción a los sensores y transductores

Todo el control industrial depende de la habilidad para medir el valor de la variable controlada con exactitud y rapidez. De manera general, se ha encontrado que la mejor forma para medir el valor de la variable controlada es convirtiéndola en alguna clase de señal eléctrica y detectarla con un dispositivo de medida eléctrico. Esta técnica es superior a la de convertir el valor de la variable controlada en una señal mecánica dado que las señales eléctricas tienen ciertas ventajas sobre las señales mecánicas:

- Las señales eléctricas pueden transmitirse de un lugar a otro mucho más fácilmente que las señales mecánicas (Todo lo que se necesita es un par de conductores).
- Las señales eléctricas son más fáciles de amplificar y filtrar que las señales mecánicas.
- Las señales eléctricas son fáciles de manipular para averiguar cosas tales como la razón de cambio de la variable, el tiempo de integración de la variable, si la variable ha excedido algún límite, etc.

Los dispositivos que convierten el valor de la variable controlada en una señal eléctrica se denominan **transductores eléctricos**. El número de transductores eléctricos es muy grande. Se han inventado transductores eléctricos para medir prácticamente toda variable física, sin importar qué tan ocultas se encuentren.

Industrialmente las variables físicas más importantes que se encuentran son: posición, velocidad, fuerza, presión, razón de flujo, temperatura, intensidad luminosa, humedad, etc.

Los **sensores** son transmisores de señales. El PLC (Control Lógico Programable) utiliza los sensores para consultar estados en la instalación o en equipos controlables. El PLC trabaja con electricidad, por ello las señales no eléctricas tienen que ser convertidas (por los sensores) en señales eléctricas. De lo contrario el módulo de entrada no sabría interpretarlas.

Los sensores brindan en base a la variable bajo medición, una señal eléctrica, tal como:

- Variación de resistencia
- Variación de capacidad o carga
- Variación de tensión
- Variación de corriente

Los que se pueden obtener a nivel comercial, ofrecen por lo general tres tipos distintos de salida eléctrica:

Salida en baja tensión (algunos minivoltios)

Salida de tensión (algunos voltios)

Salida de corriente normalizada de 4 a 20 mA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.2.2 Medidor de flujo másico

1.2.2.1 Teoría de operación

Para entender el funcionamiento del medidor de flujo másico lo dividiremos en dos conceptos: a) Flujo másico y b) Densidad.

a) Flujo másico

Un sistema de medición se compone de un sensor y un transmisor. Cada sensor tiene uno o dos tubos dentro de una cubierta y operan de acuerdo a la segunda ley de Newton. El principio de operación se ilustra en la fig. 1.1

Fuerza = masa X aceleración ($F = ma$).

En la caja del sensor, los tubos vibran a su frecuencia de oscilación natural (figura A).

El tubo es impulsado por una bobina la cual se encuentra sujeta al mismo. La amplitud de esta vibración es de menos de una décima de pulgada, a una frecuencia de aproximadamente 80 ciclos por segundo.

Cuando el fluido circula dentro del tubo, este se opone a la fuerza causada por la vibración, produciéndose una fuerza resultante. Analizando el caso más simple en los dos extremos del sensor, durante el medio ciclo de vibración en la cual el sensor viaja hacia

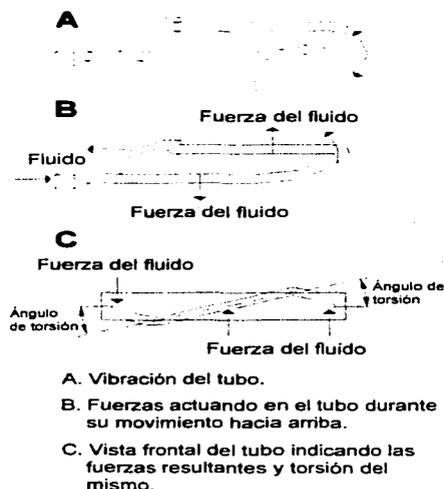


Fig. 1.1 Principio de operación del medidor de flujo másico

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

arriba. (figura B) las fuerzas resultantes ocasionan que el tubo se flexione en el sentido indicado por las flechas. En la figura C se muestra la torsión (exagerada para amplificar), que se presenta al completarse el ciclo de vibración, mediante los movimientos ascendente y descendente en el tubo durante la condición del flujo. Esta característica de torsión se le llama **efecto Coriolis**.

De acuerdo a la segunda ley de Newton, la masa desplazada por unidad de tiempo, es directamente proporcional a la torsión experimentada por el tubo. Se colocan detectores electromagnéticos de velocidad en los dos puntos de máxima deflexión, midiéndose la masa de acuerdo a la diferencia de tiempo entre ellos. Sin flujo no existe torsión, consecuentemente la diferencia de tiempo es cero.

Con flujo existe torsión, resultando una diferencia de tiempo entre las señales de velocidad, esta diferencia de tiempo es directamente proporcional al flujo másico.

b) Densidad

Los tubos del medidor están montados firmemente en un extremo, dejándose libre en el lado de la "U". Este diseño puede considerarse como el arreglo mecánico de un resorte, como se muestra en la figura 1.2

El resorte se hace vibrar a su frecuencia de resonancia, la que es función primordialmente de la masa del conjunto. Se usa una bobina impulsora, y un circuito de retroalimentación

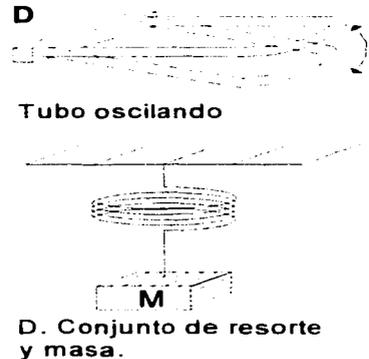


Fig. 1.2 Analogía del tubo del medidor con un arreglo mecánico.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

para llegar a dicha frecuencia de resonancia. Otros factores a considerar son la geometría del conjunto y el material de construcción. La masa del conjunto esta formada por la masa del tubo y la masa del fluido dentro del tubo. Dado que la masa del tubo es constante para un sector determinado, y la masa del fluido es producto de la densidad por el volumen (también constante del sensor), la frecuencia de oscilación es proporcional a la densidad del fluido.

Usando los mismos detectores de velocidad empleados para determinar el flujo másico, se dispone de una señal eléctrica que representa la frecuencia de vibración en condiciones de resonancia del sistema. Se emplea un bulbo de resistencia RTD, para compensar los cambios en el módulo de elasticidad del material del tubo, cuando la determinación de la frecuencia de oscilación se hace a una temperatura diferente de la temperatura a la cual se calibró el sistema.

Se determina continuamente el periodo y la temperatura en el tubo del sensor. La densidad se calcula a una relación lineal entre el periodo al cuadrado y la densidad, considerando las constantes de calibración, y se produce una salida que representa la densidad del fluido.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

c) Ventajas

- Su salida es lineal con el flujo másico
- No requiere compensación por variaciones de temperatura y presión
- Es específicamente adecuado para casos de viscosidad variable

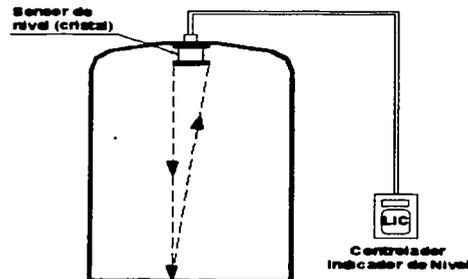
Permite la medición de caudales másicos de líquidos muy difíciles de medir: adhesivos, nitrógeno líquido, fluidos negros, etc.

1.2.3 Sensor de nivel ultrasónico

El principio básico del sensor ultrasónico para la medición de nivel continuo, es que la rapidez a la que viaja el sonido a través del aire, es una constante conocida: 1128 pies/seg a 68 °F (344.1 m/seg a 20 °C).

Un cristal piezoeléctrico situado dentro del sensor, convierte señales eléctricas en una serie de pulsos ultrasónicos (ondas de sonido) las cuales se transmiten a través del aire o vapor a una velocidad predecible y son reflejadas por la superficie del líquido hacia el sensor. El cristal convierte estas nuevas señales en señales electrónicas para su análisis. El tiempo existente entre la transmisión y recepción es proporcional a la distancia entre la cara del sensor y la superficie del líquido e inversamente proporcional a la altura del líquido.

Las señales de regreso son procesadas por un microprocesador, el cual elimina las señales extrañas y calcula el nivel. Esta información es convertida después a una señal analógica de voltaje o corriente y se utiliza para configurar alarmas o indicaciones digitales. En la figura 1.3 se muestra la instalación del sensor de nivel ultrasónico y como viajan las ondas de sonido. El cristal que emite la señal se encuentra en el sensor y el microprocesador que la recibe en el LIC (Controlador Indicador de nivel).



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 1.3 Instalación del sensor de nivel ultrasónico

Ventajas

- No es necesario que exista contacto con el producto
- Fácil calibración
- Bajo mantenimiento (no tiene partes móviles)
- Alta precisión (hasta $\pm 0.1\%$) y amplio rango (hasta 40 m)
- Adecuado para todo tipo de tanques
- Adecuado para todo tipo de líquidos, sólidos, polvos, etc.
- Adecuado para condiciones de proceso hasta 500 psi, 550 °C
- Naturalmente seguro

Desventajas

- Debe utilizarse compensación de temperatura
- Sensible a la formación de espuma en la superficie del líquido
- Sensible a la presencia de partículas o líquido en el camino de la señal
- Requiere una distancia mínima entre el máximo nivel y la cara del sensor (> 45 cm)
- Alto costo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.2.4 Medición de temperatura

La temperatura es una manifestación de la energía interna de una sustancia y nos indica su estado actual. La temperatura afecta todas las variables de un proceso, por esto la temperatura es una de las variables más importantes a observar y controlar dentro de los procesos industriales.

Fenómenos producidos por la temperatura

- Dilatación
- Cambio de estado
- Cambio de volumen
- Milivoltaje
- Cambio de resistencia eléctrica
- Emisión de ondas electromagnéticas

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Transferencia de calor

El calor es transferido en tres diferentes formas: convección, conducción y radiación.

Covección

Cuando el calor es transferido por las moléculas en movimiento con diferente potencial de energía se llama convección. Este movimiento es debido a cambios en la densidad debidos a diferencias de temperatura.

Conducción

Cuando al aplicar calor al extremo de una sustancia u objeto, este se transmite al resto de ella, la transferencia se realiza de molécula en molécula. Los gases y los líquidos son pobres conductores, mientras que los sólidos son buenos conductores del calor.

Radiación

Es cuando la energía calorífica se transmite en forma de rayos. Cuando las moléculas se encuentran en un alto nivel de energía están en un estado inestable, y para lograr un estado más estable, tienen que deshacerse de la energía que les sobra. La manera de deshacerse de esta energía es emitiendo un rayo de energía. La energía así emitida es absorbida por un objeto con menor temperatura. La radiación es emitida por cualquier estado de la materia incluso en el vacío.

1.2.4.1 Unidades y escalas de medición

Cabe establecer que dentro de la industria se manejan dos escalas principales de temperatura que son: los grados Centígrados y los grados Fahrenheit.

Gabriel Fahrenheit (1686-1736) perfeccionó el termómetro de mercurio graduándolo con dos puntos fijos:

- La temperatura de una mezcla de agua, hielo y cloruro de amonio
- La temperatura de la sangre humana

Las distintas unidades de temperatura se definen asignando valores numéricos a los puntos de calibración y difieren entre ellas en dos aspectos básicos:

- La posición del cero de temperatura, y
- El tamaño de la unidad de medición

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Escalas absolutas

Son las que asignan cero unidades de temperatura a un material que no tiene energía térmica, es decir, a un material cuyas moléculas no tienen vibración.

Existen dos escalas de este tipo en uso:

- La que define la unidad °K (grado Kelvin) y
- La que define la unidad °R (grado Rankine)

Difieren únicamente en el tamaño de la unidad de medición.

La escala Kelvin se baso en la Celsius, las temperaturas de medición del agua difieren en 100 °K.

La escala Rankine se basa en la Fahrenheit, las temperaturas de fusión y ebullición del agua difieren en 180 °R.

La equivalencia entre ellas es :

$$T(^{\circ}\text{K}) = (100/180) \cdot T(^{\circ}\text{R})$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Escalas relativas

Las escalas relativas difieren de las escalas absolutas en que **no** mantienen como temperatura cero a aquella en que la energía térmica es nula.

Los casos típicos son:

- La escala Celsius
- La escala Fahrenheit:

Por ejemplo, la cantidad de energía representada por 1°C es la misma que la indicada por 1°K, pero los respectivos ceros están desplazados de modo que:

$$\circ \quad T(^{\circ}\text{C}) = T(^{\circ}\text{K}) - 273.2$$

De manera similar, la cantidad de energía representada por 1°F es la misma que la indicada por 1°R, pero los respectivos ceros están desplazados de modo que:

$$T(^{\circ}\text{F}) = T(^{\circ}\text{R}) - 459.7$$

Finalmente, para transformar entre las escalas Celsius y Fahrenheit se utiliza la siguiente ecuación:

$$T(^{\circ}\text{F}) = 1.8 T(^{\circ}\text{C}) + 32$$

El cero absoluto es la temperatura en la cual el movimiento de las moléculas se detiene por completo. El cero absoluto es -273.2°C en la escala Celsius y -459.7°F en la escala Fahrenheit.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.2.4.2 Detector-Resistencia-Temperatura (RTD)

Un metal es un ejemplo de conductor de estado sólido, los átomos que lo componen ocupan una posición fija en una red cristalina, pero vibran alrededor de dicha posición con una amplitud que depende de su energía térmica.

A 0°K el metal puede conducir electricidad dado que siempre dispone de electrones en su banda de conducción.

Cuando el material dispone de energía térmica finita, los átomos de cristal vibran, aumenta la probabilidad de colisión y este fenómeno tiende a:

- Impedir la libertad de movimiento de los electrones.
- A absorber algo de su energía.

- Hace que el material presente una resistencia eléctrica al flujo de electrones, o sea, a la corriente eléctrica.
- A mayor energía eléctrica del material, mayor temperatura y mayor amplitud de la vibración, resultando en un **aumento de su resistencia con el incremento de la temperatura**.

Las características deseables de un material para su utilización como RTD son:

- Repetibilidad
- Linealidad

Si la temperatura T, de un volumen de un metal dado es constante, su resistencia eléctrica será:

$$R(\text{resistencia}) = \rho(\text{resistividad}) * l(\text{longitud}) / A(\text{área})$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

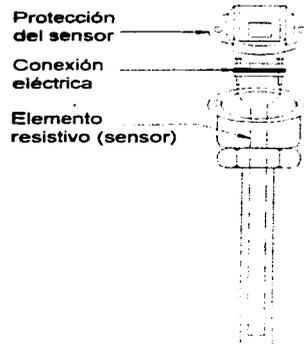
El efecto principal de la temperatura sobre el valor de resistencia se manifiesta a través de los cambios en la **resistividad** ρ del material con la temperatura.

Los RTD's se **construyen** de un material **metálico** cuya resistencia aumenta con la temperatura (figura 1.4). Sólo se debe disponer de una cierta longitud de alambre bobinado sobre alguna forma que permita tener una resistencia suficientemente alta.

Midiendo la resistencia se obtiene una indicación precisa de la temperatura del ambiente. Una alternativa de reciente desarrollo es la tecnología de película delgada, esta permite obtener altas resistencias con menos metal y , por ende, con menos costo.

Los **materiales** de uso habitual para sensores resistivos de temperatura son:

- Platino (Pt)
- Niquel (Ni)
- Cobre (Cu)



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 1.4 Detector Resistencia Temperatura (RTD).

Sensibilidad

La sensibilidad de un RTD se **define** como la **variación media de resistencia** °C, y si fuese válida una aproximación lineal para la curva $R(T)$, la sensibilidad vendría dada en función del parámetro δ_0 , como:

$$S(\text{ohm}/^{\circ}\text{C}) = \text{Incremento } R / \text{Incremento } T$$

Los RTD's se caracterizan por su resistencia a 0°C (32°F), denominada "**punto de congelación**" ó R_0 . La resistencia más común R_0 es 100 ohms, como se observa en la tabla 1.1.

Tipo de RTD	Punto de congelación (R_o)	Material	δ_o Ohm/°C	Rango (°C)
Pt100(3926)	100 ohm	Platino	0.003926	-200 a 630
Pt100(385)	100 ohm	Platino	0.00385	-200 a 800
Ni120(672)	120 ohm	Niquel	0.00672	-80 a 260
Pt200(385)	200 ohm	Platino	0.00385	-200 a 630
Pt500(385)	500 ohm	Platino	0.00385	-200 a 630
Pt1000(385)	1000 ohm	Platino	0.00385	-200 a 630
Cu10(427)	9.035 ohm*	Cobre	0.00427	-100 a 260
Pt100(3916)	100 ohm	Platino	0.003916	-200 a 630

* 10 ohm a 25 °C

Tabla 1.1. Tipos de RTD.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.2.4.3 Termopozos

Los termopozos son accesorios para proteger instrumentos de temperatura, son recomendables para los procesos donde la presión, la velocidad o viscosidad y los materiales corrosivos y abrasivos están presentes individualmente o combinados.

Un termopozo adecuadamente seleccionado protegerá el termómetro de un posible daño resultante de esas variables de proceso. Además, un termopozo permite remover o quitar el instrumento de temperatura para reemplazarlo, repararlo o probarlo sin afectar el proceso del sistema. En la figura 1.5 se muestran las configuraciones de los termopozos.

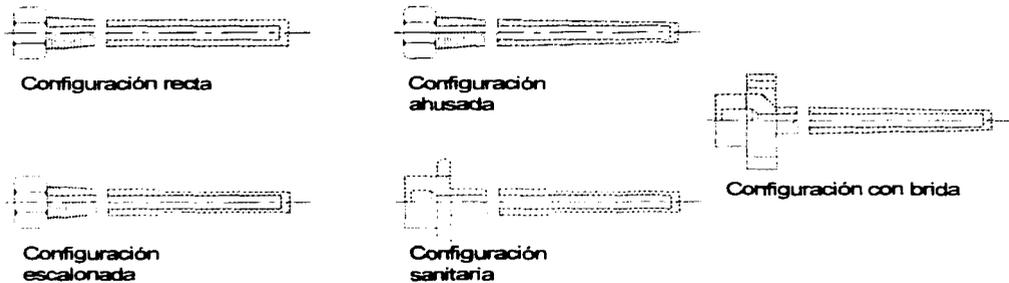


Fig. 1.5. Configuraciones de los termopozos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Terminología de los termopozos

Conexión a proceso. Es el medio externo para conectar el termopozo al proceso en el sistema de tubería.

Conexión al instrumento. Rosca interna para conectar el instrumento de temperatura al termopozo.

Dimensión "U". Longitud del pozo insertado en el sistema de tubería. Es la medida desde la base de la conexión al proceso hasta el final del extremo del pozo.

Dimensión "T". También llamada "lagging extensión" (longitud adicional). Longitud extendida entre la conexión del instrumento y la conexión del proceso para adaptar el recipiente o aislar la tubería. La longitud estándar es 3".

Dimensión "S". Longitud de inserción del instrumento dentro del termopozo.

Diámetro del orificio. Es la dimensión del orificio interno para ajustar el diámetro del bulbo del instrumento. Los tamaños del diámetro varían de $\frac{1}{4}$ " a $\frac{3}{8}$ ".

Diseño escalonado. También llamado de final reducido "reduced tip". El diámetro exterior es reducido del final de $2 \frac{1}{2}$ " de la dimensión "U" del diámetro de la raíz hasta $\frac{1}{2}$ ". El diseño escalonado esta disponible con un tamaño de orificio de 0.260" únicamente.

Diseño recto. El diámetro exterior es el mismo desde el diámetro de la raíz hasta el diámetro del final.

Diseño ahusado. El diámetro exterior es gradualmente reducido desde el diámetro de la raíz hasta el diámetro del final. El diseño ahusado es recomendable para trabajos pesados, aplicaciones caracterizadas por alta vibración, presión, temperatura y/o viscosidad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.2.5 Sensores inductivos

Los sensores inductivos son dispositivos que detectan (sin contacto) la presencia de objetos metálicos en su proximidad, emitiendo una señal eléctrica. Se utilizan generalmente en procesos de mando para garantizar el desarrollo secuencial de las acciones.

Descripción funcional

Si en el campo de la distancia de conmutación se acerca cualquier objeto metálico a la superficie activa del detector, entonces se produce una señal eléctrica en el sensor y se transmite al control del sistema. El funcionamiento del sensor se ilustra en la figura 1.6.

El funcionamiento es satisfactorio si quedan cubiertos $2/3$ de la superficie activa.

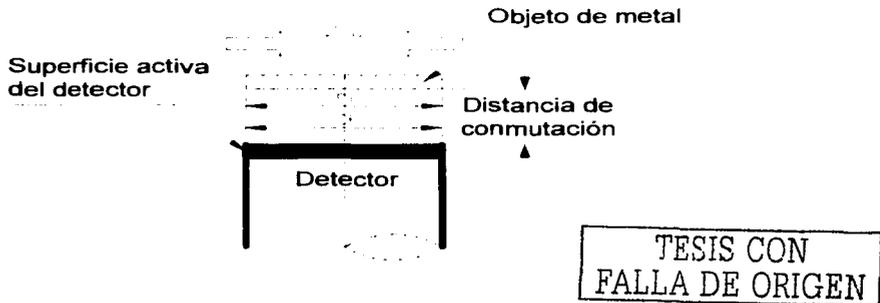


Fig. 1.6 Funcionamiento del sensor

El sensor inductivo se compone básicamente de 4 elementos, los cuales son:

1. Superficie activa
2. Oscilador
3. Etapa de conmutación
4. Etapa de salida

Estos elementos se ilustran en la figura 1.7.

Al sólo dar alimentación, el oscilador comienza a oscilar y consume una corriente conocida.

El campo electromagnético producido por la bobina, se concentra por un núcleo de ferrita. Esa será la superficie activa del sensor.

Si en la proximidad de esta superficie activa se encuentra un objeto de material de conducción eléctrica, se inducen corrientes parásitas. La pérdida de energía lleva a una disminución de esas líneas de fuerza y desciende la amplitud del oscilador, que es evaluado por la etapa de conmutación que al alcanzar una cierta amplitud, conduce la etapa de salida. Como la línea de fuerza y con ello la amplitud del oscilador depende de la distancia del objeto conductor de la superficie activa, se recibe una señal de salida, cuando la distancia desciende un cierto valor (de la distancia de conmutación).

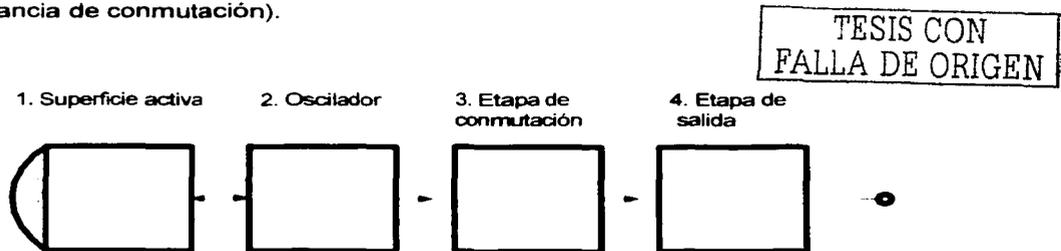


Fig. 1.7 Partes del sensor inductivo.

Los sensores inductivos se caracterizan por lo siguiente:

- Detectan todos los objetos que conducen electricidad y que atraviesan el campo magnético de alta frecuencia del oscilador o que se detienen dentro de este. Para ello no es necesario que se produzca un contacto dentro del sensor.
- Funcionan sin contacto, por lo que no se ejerce fuerza de ningún tipo sobre la unidad controladora o las piezas detectadas.
- No necesitan estar dotados de elementos de detección mecánica. En consecuencia, se puede prescindir de los rodillos, o palancas que son usuales en los detectores mecánicos de final de carrera.
- El sensor inductivo funciona sin contacto, es decir que la operación de conmutación está a cargo de elementos electrónicos.

Por lo tanto, los sensores inductivos ofrecen las siguientes ventajas:

- Ausencia de desgaste mecánico, y en consecuencia, larga durabilidad.
- No se producen interrupciones del funcionamiento porque los contactos no se ensucian, queman o sueldan.
- Ausencia de rebotes.
- Elevadas frecuencias de hasta 3000 Hertz.
- Insensibles frente a vibraciones.
- Montaje en posiciones distintas.
- Totalmente cubiertos, por lo que ofrecen una elevada categoría de protección.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.2.5.1 Distancias de conmutación

Distancia teórica de conmutación S_n :

La distancia teórica de conmutación es aquella distancia a la cual una placa de medición que se aproxima a la superficie activa del detector provoca un cambio de señal. Esta distancia no considera tolerancias de fabricación o desviaciones ocasionadas por las temperaturas o tensiones.

Distancia real de conmutación S_r :

Es la distancia determinada aplicando la tensión nominal de funcionamiento y a una temperatura de 20 °C. El valor de esta distancia puede variar en $\pm 10\%$ en relación con la distancia teórica de conmutación.

Distancia útil de conmutación S_u :

Es la distancia aprovechable de un sensor específico, definido dentro de un marco determinado de tensiones y temperatura. El valor de esta distancia puede variar en $\pm 10\%$ en relación con la distancia real de conmutación.

Distancia segura de conmutación S_a :

Es la distancia de trabajo del sensor bajo condiciones de funcionamiento admisibles. Esta distancia equivale a un valor entre cero y valor mínimo de la distancia útil. Las distancias de conmutación se muestran en la figura 1.8.

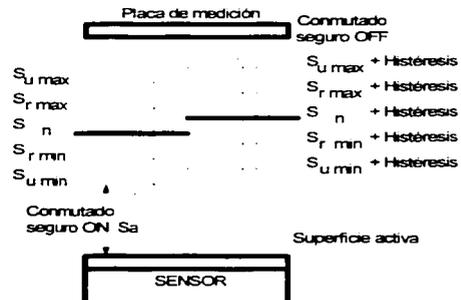


Fig. 1.8 Distancias de conmutación.

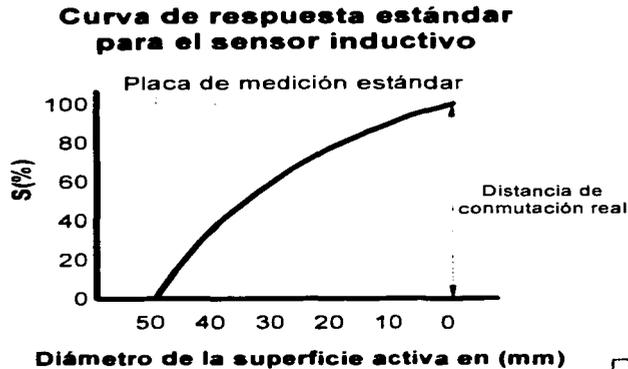


Fig. 1.9 Gráfica de los sensores inductivos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la figura 1.9 se muestra la curva de respuesta estándar para los sensores inductivos. Como se observa la distancia de conmutación real depende de que tan cerca se aproxime el objeto de medición (placa metálica) a la superficie activa del sensor.

1.2.5.2 Elementos que afectan las distancias de conmutación

Histéresis H

Distancia entre dos puntos de conmutación, cuando la placa de medición se aproxima o se aleja del sensor. Se indica en relación a la distancia de conmutación real " S_r ", medida a una temperatura ambiente de 23 °C y la distancia operativa de medición.

Conectado seguro off

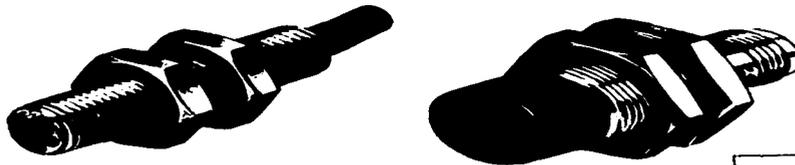
Un sensor esta conectado de forma segura, cuando la distancia entre la placa de medición y la cara sensora responde como mínimo 3 veces a la distancia de conmutación S_n .

Factores que afectan la distancia operativa

La naturaleza del material del elemento amortiguador tiene un papel significativo. Esto se presenta por el factor de reducción.

Cuando menor es el factor de reducción, menor es la distancia operativa para este material específico. Como este factor reducción, en el caso de los sensores inductivos, depende entre otros del material de la carcasa y del apantallado, puede variar según el tipo.

En la figura 1.10 se muestra a forma de los sensores de proximidad inductivos. En la tabla 1.2 se muestran las características más importantes y en la figura 1.11 los esquemas de conexión más comunes.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 1.10 Sensores de proximidad inductivos de forma cilíndrica.

Sensores inductivos		
Modo de conexión	Por cable 2 x 0.5 mm ²	Por conector
Referencias		
Tipo 2 hilos CA ó CD NA	XS1-M18MA230	XS1-M18MA230K
Tipo 2 hilos CA ó CD NC	XS1-M18MA250	XS1-M18MA250K
Protegido contra corto circuito NC	XS1-M18MB250	XS1-M18MB250BK
Tipo 3 hilos CD PNP NA	XS1-M18PA370	XS1-M18PA370K
Peso (Kg)	0.120	0.060
Características		
Grado de protección	IP68	Según conector
Alcance nominal (S _n)	5 mm	
Campo de funcionamiento	0 ... 4 mm	
Temperatura de funcionamiento	-25 ... +80 °C	
Señalización del estado de salida	LED rojo	LED 4 posiciones a 90°
Tensión asignada de alimentación	24...240 VCA(50/60 Hz) ó 24...210 VCD	
Intensidad	5 ... 300 mA ó 5 ... 200 mA	
Frecuencia máxima de conmutación	25 Hz (CA) ó 200 Hz (CD)	

Tabla 1.2 Características de los sensores inductivos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tipo 2 hilos, salida CA ó CD



Tipo 2 hilos, salida CA



Tipo 3 hilos, salida CD



Donde:

BN = Polo positivo

BU = Polo negativo

BK = Señal de salida de control

Fig. 1.11 Esquemas de conexión de los sensores inductivos.

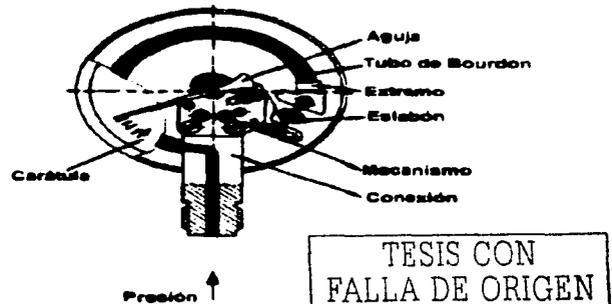
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.2.6 Manómetro de tubo de Bourdon

1.2.6.1 Principio de operación

La figura 1.12 ilustra el principio de operación del manómetro de tubo de Bourdon. Estos manómetros se utilizan ampliamente en todas las ramas de la industria. La construcción es sencilla pero rígida, y la operación no requiere suministro de corriente. El elemento de tubo Bourdon esta directamente expuesto al medio que se va a medir, normalmente esta hecho de bronce o de acero inoxidable según lo exija la aplicación. Excepto para manómetros de presión absoluta.

Fig. 1.12 Manómetro de tubo de Bourdon. Principio de operación.



El elemento de medición del tubo de Bourdon esta hecho de un tubo de pared delgada que esta doblado en semicírculo (tubo en forma de C) ó enrollado en espiral (tubo de seguridad). Cuando se aplica la presión al sistema de medición a través de la conexión, la presión hace que el tubo de Bourdon se endereze, produciendo así en el extremo final un movimiento hacia arriba (o hacia abajo para medición de vacío). El movimiento del extremo se transmite mediante el eslabón al mecanismo. El mecanismo convierte el movimiento lineal del extremo del tubo de Bourdon en movimiento rotacional que a su vez hace que la aguja indique la presión medida.

Los manómetros de tubo de Bourdon están diseñados para medir presión y vacío y generalmente son adecuados para medir gases o líquidos limpios.

Se utilizan varios tipos de tubos de Bourdon. Los tubos de Bourdon en forma de C se utilizan típicamente para los rangos de hasta 800 psi (libras por pulgada cuadrada). Los rangos mayores utilizan tubos de Bourdon en espiral para seguridad. Generalmente, todos los manómetros de tubos de Bourdon pueden resistir presiones hasta 30% por encima de su rango completo sin un cambio en la calibración. Los tubos de Bourdon en forma de C y en espiral se muestran en la figura 1.13.



Tubo Bourdon
en forma de C



Enrollado en espiral
(tubo de seguridad)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 1.13 Tubos de Bourdon.

1.2.6.2 Selección de manómetros de presión

Cuando se selecciona un manómetro de presión, es importante tener en cuenta los siguientes factores para obtener seguridad y precisión:

- a) Composición del fluido
- b) Temperatura del fluido
- c) Condiciones ambientales
- d) Rangos de presión
- e) Condiciones que afectan el uso del sistema

a) Composición del fluido

Como el elemento sensor de un manómetro puede exponerse directamente al medio medido, se deben considerar las características de este medio. Puede ser corrosivo, puede solidificarse a varias temperaturas o puede contener sólidos que dejan depósitos dentro del elemento sensor. Para líquidos de presión que no se solidifican bajo condiciones normales o no dejan depósitos, es aceptable un manómetro de tubo de Bourdon. De otro modo debe utilizarse un sello químico.

Los sellos químicos

Los sellos químicos también llamados sellos de diafragma, se utilizan para aislar los manómetros y los transmisores de los medios muy viscosos y/o corrosivos. Los cuerpos de sellos químicos estándar y los diafragmas están hechos de acero inoxidable; no obstante, hay una variedad de materiales para satisfacer las exigencias de la mayoría de las aplicaciones.

Ejemplos de aplicaciones típicas de sellos químicos:

- ❖ Cuando el medio es **corrosivo** y puede dañar un elemento sensible como un tubo de Bourdon, un interruptor, o un diafragma del transmisor.
- ❖ El medio es altamente **viscoso** o tiende a cristalizarse o polimerizarse y puede atascar la entrada de presión de un manómetro, un interruptor, o un transmisor.
- ❖ El medio **no es homogéneo** o contiene materia suspendida como pulpa de madera que puede atascar la entrada de la presión de un manómetro.
- ❖ La **temperatura** del medio puede ser demasiado alta para un manómetro estándar o transmisor y no pueda operar adecuadamente.
- ❖ Se requiere **lectura remota**. Un sello químico con línea capilar puede permitir la instalación remota de un manómetro.
- ❖ El nivel de **líneas de limpieza sanitarias** es crítico. La instalación de sello un plano o en línea evita espacios muertos o cavitaciones.
- ❖ El medio es **tóxico o peligroso** y puede contaminar el medio ambiente. Un sello químico adecuado puede dar mayor protección.
- ❖ La aplicación requiere **alta protección** de sobre-presión. Un sello químico con una superficie de diafragma contorneado puede permitir protección contra presión excesiva y protege el instrumento.

1.2.6.2.1 Principio de operación de los sellos químicos

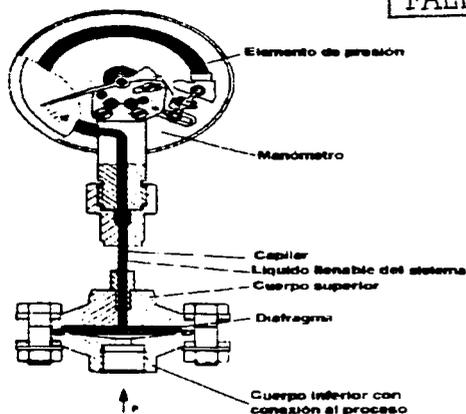
La figura 1.14 ilustra el principio de operación de un conjunto de sello químico. Un instrumento de medición de la presión como el manómetro convencional o el transmisor electrónico de presión se instala directamente en el sello químico o se conecta al sello por medio de un capilar.

Un diafragma dentro del sello químico separa el manómetro / transmisor del fluido. Cualquier parte del sello químico (por ejemplo, diafragma, cuerpo inferior, aros de sellamiento) que se expondrá al fluido se selecciona de materiales resistentes a la presión, la temperatura y posible ataque químico por el fluido.

El sello químico también está lleno de líquido transmisor o *líquido llenable del sistema*. La presión aplicada por el medio de presión al diafragma del sello se transmite hidráulicamente al elemento de presión del manómetro / transmisor generando de este modo una lectura de la presión.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 1.14 Sello químico.
Principio de operación.



b) Temperatura del fluido

El vapor u otros medios calientes pueden elevar la temperatura de los componentes del manómetro por encima de los límites seguros de trabajo de las uniones selladas. En estos casos se recomienda que se utilice u sifón, torre de enfriamiento o sello químico junto con el manómetro.

c) Condiciones ambientales

El rango normal de temperatura ambiente de los manómetros es -40°F a $+160^{\circ}\text{F}$ (-40°C a $+71^{\circ}\text{C}$) para manómetros secos, y -4°F a $+140^{\circ}\text{F}$ (-20°C a $+60^{\circ}\text{C}$) para los manómetros con glicerina. El error producido por los cambios de temperatura es $+0.3\%$ o -0.3% por 18°F de subida o bajada respectivamente. La temperatura de referencia es 70°F (20°C). La corrección es para la temperatura del manómetro y no para la temperatura del medio medido. La instalación remota del manómetro utilizado con sello químico y línea capilar es una alternativa para aplicaciones con temperatura ambiente extrema. También se debe tener en cuenta los efectos de la humedad y el clima. Los manómetros llenos de líquido evitan la acumulación de condensación. Para el uso al aire libre, se recomienda que los manómetros esten dentro de cajas de acero inoxidable, bronce o plástico.

d) Rangos de presión

Generalmente, se selecciona un rango de presión igual a dos veces la presión de trabajo. La presión de trabajo en todos los casos debe limitarse a 75% del rango del manómetro. Donde se encuentra presión y pulsación alternantes, la presión de trabajo se debe limitar a 2/3 del rango del manómetro.

e) Condiciones que afectan el uso del sistema

En aplicaciones que implican fluctuación o pulsación severa de presión, se recomienda el uso de restrictores y/o amortiguadores. Además, los manómetros de líquido (generalmente llenos de glicerina) aumentan la vida útil en estas condiciones.

1.3 Actuadores

1.3.1 Introducción

Los actuadores son los elementos ejecutivos, estos toman señales binarias de los módulos de salida y las amplifican para tener a las señales de conmutación o las convierten en señales para otras formas de energía.

Existen actuadores eléctricos, electrónicos, electrohidráulicos y electroneumáticos. Estos elementos pueden generar conmutaciones así como desplazamientos lineales y rotativos.

Ejemplos de actuadores:

Dispositivos de indicación

- Lámparas piloto
- Zumbadores
- Timbres

Cilindros neumáticos (con sistemas de válvulas)

- Cilindros de simple o doble efecto
- Cilindros con vástago doble
- Cilindros multiposición

Electromotores

- Motores de corriente continua
- Motores de corriente alterna
- Motores (a pasos) de posicionamiento

Actuadores hidráulicos (con sistemas de válvulas)

- Cilindros de simple o doble efecto
- Válvulas reguladoras de caudal
- Motores hidráulicos

1.3.2 Actuador neumático para válvulas

Principio de funcionamiento

Las válvulas se controlan por mando a distancia mediante un actuador o bien manualmente por medio de un asa. El actuador se hace en tres versiones estándares:

- Normalmente cerrado
- Normalmente abierto
- Activación aire – aire

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El actuador está diseñado de forma que un movimiento axial de un pistón se transforma en la rotación de 90°C de un eje. El par de torsión de un actuador aumenta cuando el disco de la válvula entra en contacto con el anillo de cierre de la válvula. El asa para la operación manual bloquea mecánicamente la válvula en su posición abierta o cerrada. Las asas están diseñadas de acuerdo al tamaño de la válvula para ajustar o regular la medida del caudal.

El **diseño** de estas válvulas existen en tres versiones:

- Para tubos ISO (Organismo Internacional de Estándares)
- Para tubos DIN (Normas Europeas)
- Para conexiones bridadas

La válvula consta de dos mitades de cuerpo, disco o papalote, manguitos para el husillo del disco y el anillo de cierre. La válvula se monta por medio de tornillos y tuercas. El actuador va adaptado a la válvula mediante un soporte y tornillos. El asa de manejo manual se adapta a la válvula por medio de un sistema de tapa / bloque y un tornillo. Cabe mencionar, que en estas válvulas pueden montarse

unidades de control para indicación y control del aire comprimido. La unidad indicadora se adapta lateralmente entre el actuador y la válvula; y existe con microinterruptores o interruptores de proximidad inductivos.

En la figura 1.15 se muestra una válvula de mariposa manual y la válvula de mariposa con actuador.



a)



b)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 1.15 Válvula de mariposa a) con actuador
b) manual.

1.3.3 Bomba centrífuga

El bombeo se define como la adición de energía a un fluido para moverse de un punto a otro.

Una bomba centrífuga es una máquina que consiste en un conjunto de paletas rotatorias encerradas dentro de una cubierta o coraza. Las paletas imparten energía al fluido por la fuerza centrífuga. Así, una bomba centrífuga se compone de dos partes principales. 1) **Un elemento giratorio**, incluyendo impulsor y una flecha y , 2) **Un elemento estacionario**, compuesto por una cubierta.

- Las bombas centrífugas proporcionan un flujo sostenido, a presiones uniformes sin variaciones de presión. Provee la máxima flexibilidad posible desarrollando:
 - Una presión específica máxima de descarga en cualquier condición de operación con caudal controlado, ya sea por variación de velocidad o estrangulación.

En una bomba centrífuga se fuerza el líquido, ya sea por medio de presión atmosférica o de otra clase, a un conjunto de paletas giratorias. Estas paletas constituyen un impulsor que descarga líquido a una velocidad mayor en su periferia. Esta velocidad se convierte entonces en energía de presión por medio de un conjunto de paletas que rodean la periferia del impulsor.

El impulsor de una bomba centrífuga descarga el líquido a una velocidad alta. Una función de la cubierta de la bomba es reducir esta velocidad y convertir la energía cinética en energía de presión por medio de una "voluta" o de un conjunto de paletas o álabes.

La cubierta o caja de la bomba de *voluta*, recibe su nombre de la envoltura en forma de espiral que rodea el impulsor. Esta sección de la cubierta recoge el líquido descargado por el impulsor y convierte la ***energía de velocidad*** en ***energía potencial***.

La voluta de una bomba centrífuga aumenta en área de su punto inicial hasta que circunda los 360° alrededor del impulsor y luego se ensancha a la abertura final de descarga. En la figura 1.16 se ilustra una bomba centrífuga tipo sanitaria.

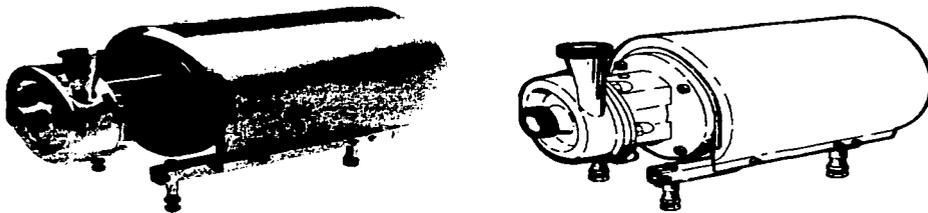


Fig. 1.16 Bomba centrífuga tipo sanitaria.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.3.4 Bomba autocebante

La bomba centrífuga normal no puede manejar aire o vapores. A menos que este colocada debajo de su fuente de abastecimiento y se cuente con algunos medios para llenar tanto la bomba como su tubería de succión con líquido, es decir, **cebarla**. Este requerimiento es especialmente importante en la industria donde se utilizan bombas para desalojar líquido y aire al mismo tiempo.

Una bomba **autocebante** es la que desaloja aire de sus conductos si le entra aire y reanuda la descarga del líquido bombeado sin atención del exterior. Por lo tanto, su requerimiento básico es que el líquido bombeado arrastre aire (en forma de burbujas) para que el aire se salga de su lado de succión. Se debe permitir que se separe el aire del líquido una vez que la mezcla de los dos se descargó por el impulsor y se debe permitir que escape el aire separado o que sea arrastrado por la descarga de la bomba.

Una bomba autocebante, por lo tanto, requiere un separador de aire que se instale en el lado de descarga para efectuar esa separación.

Existen muchas formas de hacer una bomba centrífuga autocebante siendo las más importantes:

- 1) Recirculación de la descarga retornando a la succión.
- 2) Recirculación dentro de la descarga y del impulsor.

En el cebado de recirculación dentro de la descarga, el líquido cebante se mezcla con el aire dentro del propio impulsor o en su periferia.

Cebado

Una bomba centrífuga se ceba cuando los conductos de la bomba se llenan con el líquido que se va a bombear. El líquido reemplaza el aire, gas o vapor en los conductos. La expulsión del aire, gas o vapor puede hacerse manual o automáticamente, dependiendo del equipo o controles usados.

Las bombas de desplazamiento positivo si están correctamente selladas, bombearán aire como líquido y, por ello, expulsarán cualquier cantidad de aire que haya en la línea de succión.

Cavitación

Ya que los líquidos son fluidos que se vaporizan, se presenta el fenómeno de la cavitación, la cual se define como la vaporización local de un líquido debido a las reducciones locales de presión, por la acción dinámica del fluido. Este fenómeno está caracterizado por la formación de burbujas de vapor en el interior o en las proximidades de una vena fluida.

La condición física más general para que ocurra la cavitación es cuando la presión en cualquier punto es menor que la presión de vaporización del líquido. La presión de vaporización de un líquido para cierta temperatura, es la presión a la cual un líquido se convierte en vapor cuando se le agrega calor.

La cavitación de una bomba se nota cuando hay una o más de las siguientes señales: ruido, vibración, disminución de la capacidad de carga y eficiencia y, con el paso del tiempo provoca picaduras y erosión en el impulsor.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.3.5 Bomba rotatoria

Las bombas rotatorias son unidades de desplazamiento positivo, las cuales se componen de una caja fija que contiene engranes, aspas, pistones, levas, segmentos, tornillos, etc. En lugar de "aventar" el líquido como en una bomba centrífuga, una bomba rotatoria lo atrapa y lo empuja contra la caja fija descargando un flujo continuo. Generalmente se le considera para desplazar líquidos viscosos.

Características

Las bombas rotatorias descargan un gasto casi constante independientemente de las presiones variables de descarga. El desplazamiento de una bomba rotatoria varía en forma directamente proporcional con la velocidad, sólo que la capacidad puede verse afectada por viscosidades y otros factores. Los líquidos gruesos y viscosos pueden limitar la viscosidad de la bomba en altas velocidades debido a que el líquido no puede fluir a la carcasa con la rapidez necesaria para llenarla completamente.

El desplazamiento o pérdida en capacidad por los claros entre la carcasa y el elemento rotatorio, suponiendo capacidad constante varía al aumentar la presión de descarga. Por ejemplo, en la gráfica de la figura 1.17 a 600 RPM (revoluciones por minuto) y 0 Kg/cm² de presión de descarga, la capacidad es de 6.82 lps (litros por segundo), pero a 21 Kg/cm² y a la misma velocidad, la capacidad es de 5.8 lps. La diferencia, 1.0 lps es el deslizamiento o pérdida.

Aplicaciones

La mayor parte de las bombas rotatorias son autocebantes, y pueden de ser necesario, trabajar con gas o aire. Las aplicaciones típicas incluyen el paso de líquidos de todas las viscosidades, procesos químicos, alimentos, descarga de barcos, lubricación a presión, pintura a presión, sistemas de enfriamiento, servicio

de quemadores de aceite, manejos de grasa, gases licuados (propano, butano, amonio, freón, etc.), y un gran número de otros servicios industriales. Cuando han de bombearse líquidos a una temperatura mayor de 82 °C, debe consultarse al fabricante para obtener sus recomendaciones. En la figura 1.18 se ilustra la bomba rotatoria.

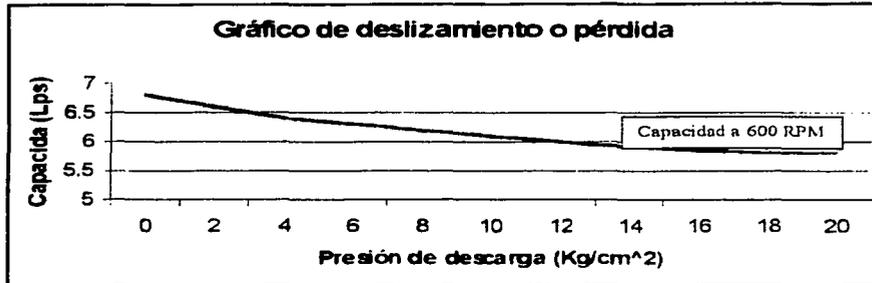


Fig. 1.17 Gráfica de deslizamiento de la bomba rotatoria.

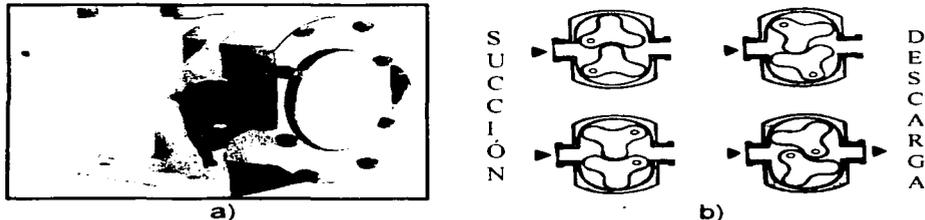


Fig. 1.18 a) Bomba rotatoria o de desplazamiento positivo.

b) En esta figura se observa como el líquido es atrapado desde el lado de la succión y empujado en trayectoria circular hacia fuera, y como es atrapado nuevamente al engranar los dientes de la bomba.

Beneficios **Protege el producto:**

El movimiento circular sencillo de la bomba reduce la posibilidad de crear partículas metálicas debido al contacto de rotor con rotor. El desgaste normal de la bomba no cambia el espacio crítico que existe entre rotores.

 Resistencia extra a la corrosión:

La carcasa, los rotores y los componentes del sello están hechos de acero inoxidable, esta disponible opcionalmente para aquellas aplicaciones en que no se deseen tener partes pintadas.

 Versatilidad:

Estas bombas ofrecen un alto rango de tamaños y opciones para responder a unas necesidades de proceso muy específicas. Los sellos mecánicos se encuentran disponibles en una combinación de carbono, acero inoxidable fundido con óxido de cromo y carburo de silicio. Se puede proporcionar los rotores para altas temperaturas con el fin de obtener un margen extra o se puede proporcionar los rotores de lóbulo sencillo para poder manejar de una forma más suave partículas de gran tamaño. Para responder a necesidades especiales se dispone de unas carcasas reforzadas, toma de entradas rectangulares, montura vertical y opción de válvula integrada para alivio de presión. Todos los motoredutores estándar pueden ser utilizados.

 Una instalación flexible:

La caja de engranes permite una montura superior, inferior o de lado. Esto junto con la rotación bidireccional facilita una flexibilidad total en cuanto a la instalación.

CAPITULO 2. DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DEL SISTEMA

2.1 Ubicación de la embotelladora

La embotelladora en la que se va aplicar el control automático se localiza en la siguiente dirección:

Calle San Marcos No. 1
Colonia Manantiales
Cuautla, Morelos
C.P. 562746

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.2 Fructosa en refrescos

La glucosa de maíz con alto contenido de fructosa fue introducida en la industria alimenticia y de bebidas a finales de 1960, y desde entonces su uso ha crecido rápidamente. Además de su uso en la elaboración de refrescos, donde cuenta con la mayor participación en el mercado de edulcorantes nutritivos, el alta fructosa se utiliza ampliamente en alimentos enlatados y horneados, productos lácteos, condimentos, repostería, mermelada y jaleas; conservas y otros alimentos procesados.

Alta fructosa

Existen dos tipos de alta fructosa (**HFCS** = *High Fructose Corn Syrup*) en el mercado: Alta fructosa de 42 y alta fructosa de 55, en cada uno de los casos, el número que los diferencia, indica el porcentaje de fructosa en el jarabe.

El jarabe de maíz tiene un alto contenido de fructosa de segunda generación, contiene el 55% de fructosa y el 41% de dextrosa en comparación con el 42% de fructosa en los productos de primera generación.

Se produce a través de un proceso de conversión enzimática de varias etapas. En base a este sistema se obtienen niveles de pureza extraordinarios, especialmente en lo que a color, claridad, sabor y contenido de cenizas se refiere. Alta fructosa 55 reúne todos los estándares que para edulcorantes líquidos se han establecido por la Asociación Nacional de Refrescos, incluyendo los estándares microbiológicos y límites de sedimentos vigentes.

ANÁLISIS TÍPICO

Sólidos	77%
Densidad a 80°F	11.51 (lb/gal)
Viscosidad a 80°F	670 cps
Humedad	23%
Color	35 RBU
Fructosa	55%
Dextrosa	41%
Altos sacáridos	4%
Ceniza sulfatada	0.05%

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Aplicaciones

Alta fructosa 55 reemplaza el azúcar invertido y la sacarosa en muchas aplicaciones alimenticias. Desarrollado para cubrir la necesidad de un jarabe con mayor poder edulcorante y mayor contenido de sólidos que el jarabe de alta fructosa de 42%, alta fructosa 55 puede ser utilizado como edulcorante único en muchos alimentos, frecuentemente eliminando la necesidad de mezclas.

La característica de su alto poder edulcorante hacen de fructosa 55, un producto edulcorante ideal para bebidas carbonatadas, productos lácteos, mermeladas, jaleas y conservas. El alto contenido de sólidos inicial incrementa la eficiencia del

proceso de evaporación, produciendo capas dulces que tienden a hacer al producto más resistente al *crecimiento microbiano*.

Ventajas de la aplicación de alta fructosa en refrescos:

- ☑ **Claridad y color.** Alta fructosa 55 tiene una claridad libre de turbidez y claro color como el agua.
- ☑ **Sabor y olor.** Es suave y extremadamente dulce. No cubre ni oculta el sabor o bouquet de otros ingredientes.
- ☑ **Pureza.** Es refinada a través de dos métodos: *Intercambio iónico y Filtración al carbón* para lograr un bajo contenido de cenizas, sin sedimentos.
- ☑ **Estabilidad.** Adecuadamente almacenado, alta fructosa 55 resiste al crecimiento microbiano, a la coloración y a la cristalización.
- ☑ **Manejo.** Debe estar almacenado de 75 a 85°F (24 a 30°C). Dentro de este rango puede ser manejado en la mayoría de los sistemas para glucosas, y con algunas ligeras modificaciones, en la mayoría de los sistemas para azúcares líquidos.

Manejo y almacenamiento

Se recomienda que la alta fructosa se almacene a temperaturas entre 75 a 85°F (24 a 30°C). Dentro de este rango el desarrollo del color y la cristalización son mínimos. Para su almacenamiento se puede utilizar tanques y tubería de acero inoxidable o acero al carbón con un material no reactivo.

Los dos factores principales involucrados en el mantenimiento de los tanques son:

- El calentamiento y la
- Ventilación

Problemas con cualquiera de estos dos factores pueden resultar en un jarabe decolorado ó contaminado.

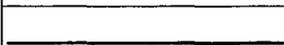
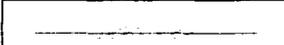
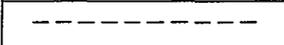
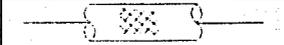
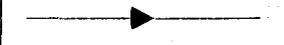
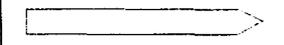
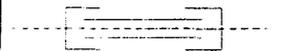
Bombeo y tubería

Para obtener un bombeo confiable y limpio, se requiere de una *bomba de desplazamiento positivo* con una velocidad de RPM (revoluciones por minuto) baja y equipada con una válvula de relevo de presión.

El control de bombeo se obtiene con medidor equipado con un apagador automático y un interruptor para gobernar el circuito. La variedad de tamaños, capacidades de sistemas y mezclas de productos de las plantas, hacen posible describir un sistema de tubería típico. El tamaño de tubería se establece de planta en planta, tomando en cuenta los volúmenes del producto.

2.3 Símbolos de los equipos y sus etiquetas

En la tabla 2.1 se muestran los símbolos de los equipos y sus etiquetas que se utilizarán en los *Diagramas de Tuberías e Instrumentación* (DTI's) para describir las diferentes secuencias de los procesos del sistema.

SÍMBOLO	ETIQUETA	DESCRIPCIÓN
		Línea de proceso.
		Señal neumática.
		Señal eléctrica.
		Línea aislada.
		Dirección del producto.
		Entrada o salida de producto.
		Manguera de acoplamiento.
		Conexión férula, tipo clamp.
		Reducción concéntrica.
		Esprea.

continua

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

SÍMBOLO	ETIQUETA	DESCRIPCIÓN
		Trailer pipa, vista posterior.
	VCK	Válvula check ó unidireccional.
	VBM	Válvula de bola manual.
	HV	Válvula manual tipo mariposa.
	TCV	Válvula de control de temperatura.
	VMA	Válvula con actuador tipo mariposa.
	SV	Válvula de seguridad.
	FM	Filtro malla.
	DE	Deareador.
	HI	Intercambiador de calor.
	BP	Bomba de desplazamiento positivo.
	BA	Bomba autocebante.

continua

SÍMBOLO	ETIQUETA	DESCRIPCIÓN
		Instrumento localizado en campo.
		Controlador del instrumento.
		Propela de agitación tipo marina.
	AG	Motor del agitador.
	TB	Tablero de distribución.
	TC	Tablero de control.
	FE	Sensor de flujo (elemento primario).
	FT	Transmisor de flujo.
	FIC	Controlador Indicador de Flujo
	FV	Válvula de flujo.
	FY	Convertidor corriente-presión (válvulas operadas por solenoide).
	HS	Interruptor manual (selector).
	LAL	Alarma por bajo nivel.
	LAH	Alarma por alto nivel.
	LIC	Controlador Indicador de Nivel
	LSL	Interruptor de bajo nivel.
	LSH	Interruptor por alto nivel.
	PB	Botón pulsador.
	PI	Indicador de presión.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

continua

SIMBOLO	ETIQUETA	DESCRIPCIÓN
	TY	Convertidor corriente-presión (válvula de control de temperatura).
	TCV	Válvula de control de temperatura.
	YIC	Indicador controlador de estado de posición para válvulas y bombas.
	YS	Interruptor de estado de operación para bombas.
	YY	Controlador auxiliar de estado de bombas (relevador).
	ZS	Interruptor de posición.
	ZSL	Interruptor de posición, en el caso de las válvulas indica: válvula cerrada o cerrando.
	ZSH	Interruptor de posición, en el caso de las válvulas indica: válvula abierta o abriendo.
	RCIP	Línea de retorno de CIP (Cleaning in place = Limpieza en sitio)
	SCIP	Línea de suministro de CIP.

Tabla 2.1. Símbolos para diagramas de tubería e instrumentación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.4 Procesos del sistema

Excepto por la conexión de la manguera a la pipa que transporta a la fructosa y por la apertura de algunas válvulas manuales, los procesos que se realizan en la recepción – transferencia de la fructosa de manera automática son:

- 1.- Recepción de la fructosa.
- 2.- Conservación de la fructosa.
- 3.- Transferencia de la fructosa.
- 4.- Operaciones de limpieza de silo y líneas de producto.

La planta cuenta con el equipo necesario para desarrollar cada uno de los procesos en forma manual. A continuación se hace referencia al equipo existente:

1.- Recepción de la fructosa

- Bomba de desplazamiento positivo para la descarga de HFCS.
- Equipos e instrumentos de control.
- Un medidor de flujo másico.
- Tubería y accesorios para la integración con un tablero de distribución, un sistema de limpieza, un sistema de drenado y el sistema de transferencia de fructosa.
- Válvulas automáticas y manuales.

2.- Conservación de la fructosa

- Un silo de acero inoxidable, vertical, aislado con capacidad de 16000 galones.
- Un sistema de agitación.
- Una unidad de esterilización ultravioleta.
- Bomba autocebante para retorno de CIP (sistema de limpieza en sitio).

- Equipos e instrumentos de control.
- Tubería y accesorios para la integración con un tablero de distribución, un sistema de limpieza, un sistema de drenado y el sistema de transferencia de fructosa.
- Válvulas automáticas y manuales.

3.- Transferencia de la fructosa

- Una bomba de desplazamiento positivo para la transferencia de HFCS a la sala de jarabe terminado.
- Instrumentos de control.
- Un medidor de flujo másico.
- Tubería y accesorios para la integración con un tablero de distribución, un sistema de limpieza, un sistema de drenado y el sistema de transferencia de fructosa.
- Válvulas automáticas y manuales.

4.- Limpieza del área de fructosa

- Un tablero de distribución equipado con 5 boquillas, 5 válvulas, sensores de proximidad tipo inductivo y conectores para boquillas.
- Tubería y accesorios para la integración con las áreas de recepción – transferencia de HFCS.
- Accesorios e instrumentos de control para el enlace con el sistema de CIP.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.4.1 Recepción de la fructosa

A continuación se describen los pasos que se deben seguir para realizar el proceso de recepción de la fructosa hacia el silo:

- Se verifica la conexión de la manguera de carga de la pipa hacia la válvula identificada con la etiqueta **FRU** (fructosa) localizada en la alcoba de recepción (Figura 2.1). La manguera utilizada es de tipo sanitario (grado alimenticio) con tapones de acero inoxidable en ambos extremos.

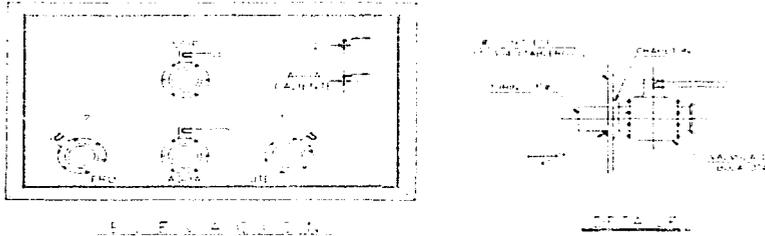


Fig. 2.1 Alcoba de recepción y detalle de instalación de válvula.

- Se verifica la apertura de todas las válvulas manuales que se encuentran en la ruta de recepción. **El diagrama de tubería e instrumentación (DTI)** de esta parte del sistema se ilustra en la figura 2.2.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

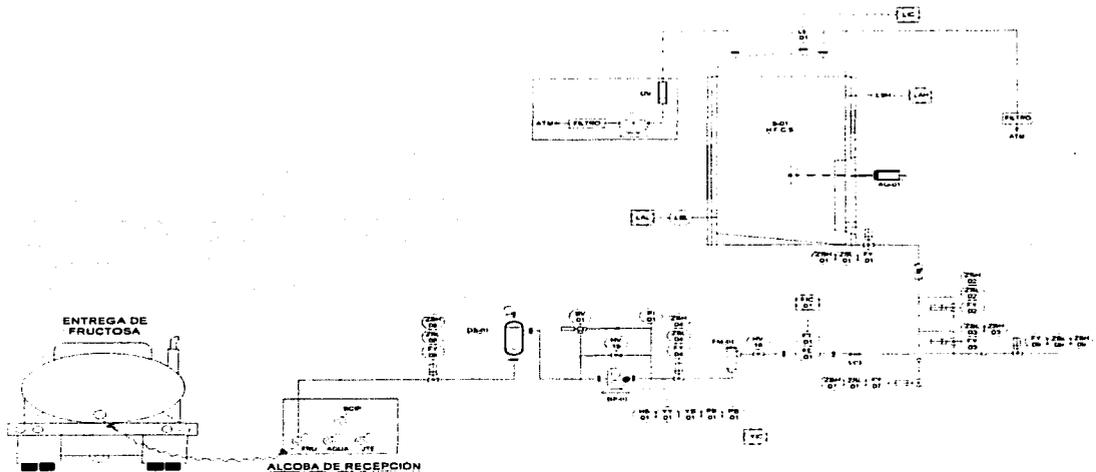


Fig. 2.2 Recepción de la fructosa.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cabe mencionar que los símbolos de los equipos y las etiquetas que se muestran en el DTI de la figura anterior se definieron en la tabla 2.1 de este capítulo.

- Se abre la válvula de seguridad SV-01, el deareador DE-01 tiene la función de expulsar el aire contenido en la tubería.
- La fructosa se recibe con la bomba de desplazamiento positivo BP-01 y se mide con el medidor de flujo másico FE-01.

Debido a que la bomba de desplazamiento positivo casi no varía su capacidad según la presión a una velocidad dada, la estrangulación en la descarga no reduce el flujo sino que hace que aumente la presión en el sistema y se incremente la potencia requerida por la bomba. Por lo cual, se utiliza un arreglo para controlar el flujo de estas bombas.

Este arreglo consiste en el uso de una *válvula de derivación (HV)* "bypass" desde la descarga de la bomba hasta la succión, un *indicador de presión (PI)* y una *válvula de seguridad (SV)*. Este arreglo se ilustra en la figura 2.3 y tiene la finalidad de ajustar la presión y el flujo del proceso que circula a través de la bomba, o bien, dejar fuera del circuito a la bomba por alguna causa.

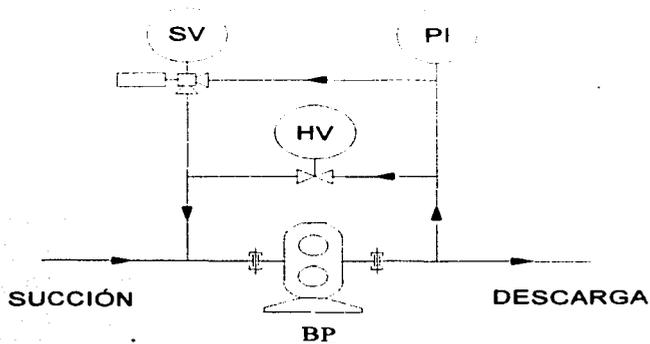


Fig. 2.3 Arreglo de bypass.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Para evitar algún daño en el medidor de flujo másico y eliminar posibles impurezas en la fructosa, existe un filtro malla FM-01 a la entrada de este.
- La estación de recepción de la fructosa cuenta con una línea de suministro de vapor para esterilizar la boquilla de descarga de la pipa.
- También existe una línea de agua tratada para la recuperación de fructosa de las tuberías antes de iniciar una operación de limpieza.
- El silo cuenta con un sensor de nivel continuo, tipo ultrasónico "LE 01" y dos interruptores para alto y bajo nivel "LSL, LSH". Estos proporcionan doble seguridad contra posibles derrames de fructosa. Al momento que la fructosa entra al silo, el sensor LE 01 entra en funcionamiento y envía una señal al transmisor de nivel.

El transmisor de nivel continuo proporciona solamente un estimado del volumen de fructosa contenida en el silo.

- Se verifica que este activo el sistema de esterilización ultravioleta.

Una vez realizado los pasos anteriores, se procede desde el controlador indicador de flujo "FIC 01" a fijar la cantidad de fructosa que se transferirá al silo desde la pipa.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.4.2 Conservación de la fructosa

De acuerdo a la recomendación por parte de ALMEX (Almidones Mexicanos), la fructosa se debe almacenar a temperaturas entre 75 a 85°F (24 a 30 °C) para evitar el desarrollo del color y la cristalización.

A continuación se listan los pasos para conservar la fructosa de manera adecuada:

Para evitar la cristalización

A pesar de que por lo general no sucede, se pueden dar casos de cristalización de la fructosa. Aunque existen varias causas, se convierte en un problema serio sólo si se mantiene sin supervisión.

Cuando la fructosa alcanza temperaturas de 70°F (21°C), puede ocurrir cristalización. Por lo general, ocurre por falta de energía en la planta. Mientras más tiempo se almacena el producto a temperaturas más bajas de las adecuadas, mayor es la cristalización. Si se ignora por mucho tiempo, puede tomar varios días derretir los cristales, y durante este tiempo el color puede subir.

La aplicación de calor adicional es el método recomendado para desbaratar los cristales formados en la fructosa. Una vez recalentado, este producto debe ser utilizado tan pronto como sea posible, antes de utilizar cargas frescas de producto.

Para evitar el color

El color es un parámetro ya que la mayoría de las veces la fructosa se adiciona a otro producto. En este caso, se utiliza para la preparación de jarabe simple (mezcla de agua con azúcar); por lo general, es necesario garantizar que no alterará el color final del producto.

Mientras más tiempo se almacena el producto a temperaturas más bajas de las adecuadas, el color puede subir. Existe una relación definida de tiempo-temperatura en relación con la decoloración de la fructosa. Pro ejemplo, la fructosa -42 almacenada a 100 °F (37.8°C) por cuatro semanas deberá estar extremadamente clara. Si la temperatura estuviese 20 grados arriba de los recomendados durante el mismo periodo de tiempo, se tendría un significativo incremento en el color.

- Basándose en lo anterior, para conservar la fructosa se requiere de un *silo* de acero inoxidable equipado con chaqueta de calentamiento y una capa de aislante para conservar la temperatura.

Si la temperatura desciende por debajo de los 26°C se admite agua caliente a la chaqueta del silo y se arranca el agitador hasta que se recupere la temperatura de 28°C, al mismo tiempo que se homogeniza la fructosa.

- Para conservar la temperatura de la fructosa se requiere de un sensor y un control de temperatura. El sistema de control de temperatura se explica de acuerdo al DTI de la figura 2.4.

El sistema de control de temperatura se compone de los siguientes equipos:

- 1.- Un elemento de temperatura tipo RTD.
- 2.- Un intercambiador de calor.
- 3.- Un transductor electroneumático.
- 4.- Una válvula de control de vapor.
- 5.- Un controlador indicador de temperatura.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

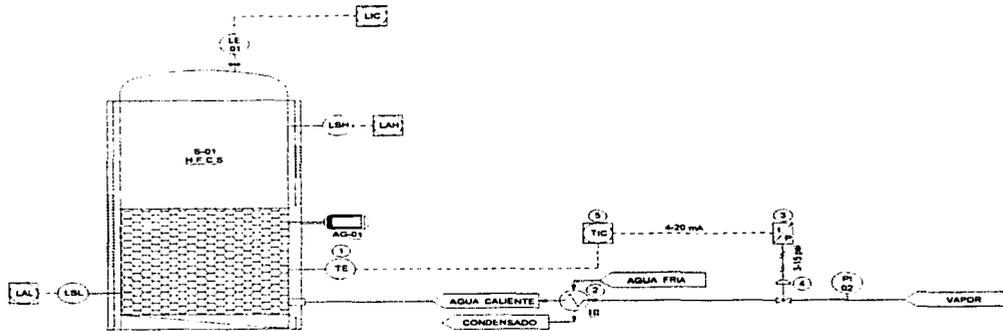


Fig. 2.4 Diagrama de control de temperatura de la fructosa.

1.- Elemento de temperatura

El elemento de temperatura es del tipo RTD (Detector – Resistencia – Temperatura), tiene la función de transmitir la temperatura instantánea de la fructosa al controlador.

2.- Intercambiador de calor HI (Heat Interchanger)

El intercambiador de calor realiza el calentamiento del agua mediante el uso de vapor, de acuerdo al punto de ajuste establecido por el control de temperatura "FIC", para este caso el ajuste es a 28°C.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.- Transductor electroneumático

El transductor electroneumático tiene la función de convertir la señal de corriente de 4 a 20 mA (miliamperes) proveniente del controlador de temperatura a una señal neumática de 3 a 15 psi (libras por pulgada cuadrada). Esta señal neumática se transmite directamente al actuador de la válvula de control de vapor.

4.- Válvula de control de vapor

La válvula de control tiene la función de regular el flujo de vapor que se aplica al intercambiador de calor de acuerdo a la señal neumática que envía el transductor electroneumático. Basándose en lo anterior se logra el equilibrio del agua caliente, y por lo tanto, el equilibrio de la temperatura de la fructosa.

5.- Controlador indicador de temperatura FIC

Este instrumento tiene la función de mostrar y regular automáticamente la temperatura de la fructosa, sólo se necesita configurar algunos parámetros y establecer el punto de ajuste del sistema.

- El segundo punto factor importante para conservar la fructosa es la **ventilación**. Los altos niveles de azúcar con bajo peso molecular contenidos en la fructosa, prohíbe el crecimiento microbiano. Una medida adicional para mantener la fructosa libre de cualquier contaminación se establece a través del uso de sistemas de ventilación ultravioleta. El sistema de ventilación ultravioleta inyecta aire estéril al tanque, reduciendo enormemente el número de bacterias aeróbicas, espuma, etc., presentes, al mismo tiempo que remueve la condensación que facilita la fermentación y el crecimiento de bacterias, por lo cual:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- El silo se equipa con un sistema de filtrado y esterilización de aire (unidad UV-ultravioleta) asegurando que la entrada de aire este lo más lejos posible de la salida de aire y que el sistema opere continuamente, lo anterior se ilustra en la figura 2.5.

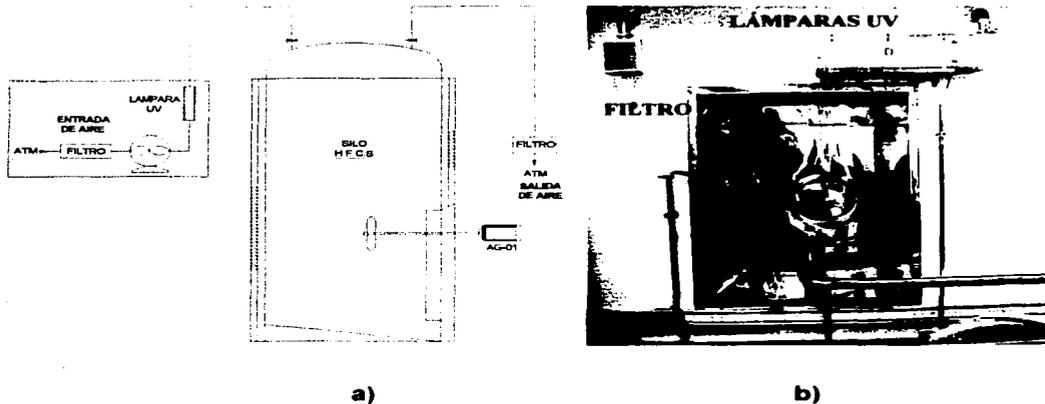


Fig. 2.5 Sistema de esterilización (lámparas ultravioleta).

En la figura a) se muestra el DTI del sistema UV y en la figura b) se ilustra la forma como queda instalado el sistema.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- La fructosa se agita durante la recepción y 45 minutos cada 45 horas, siempre y cuando el nivel permanezca por encima del agitador.

- El silo no se vacía completamente a menos que se desee lavarlo. El sensor de nivel continuo y los interruptores para bajo y alto nivel, previenen que el silo se vacíe completamente durante la transferencia de producto a la sala de jarabes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.4.3 Transferencia de la fructosa

Para realizar el proceso de transferencia de la fructosa, se verifica la apertura de las válvulas manuales y automáticas localizadas en la ruta del sistema, ver el DTI de la figura 2.6; además que el nivel de fructosa en el silo se encuentre por lo menos a un metro por encima del agitador AG-01.

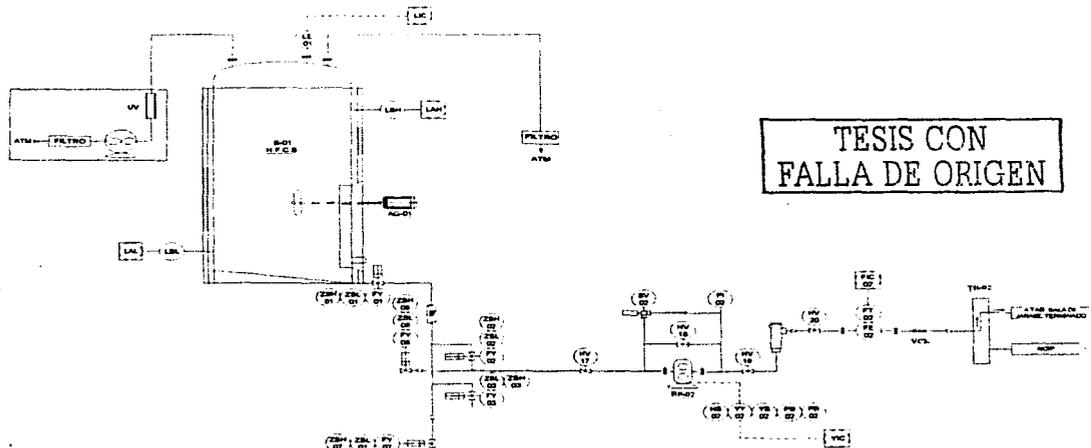


Fig. 2.6 Transferencia de la fructosa a la sala de jarabe terminado.

La transferencia de la fructosa se realiza del silo hacia el tablero de boquillas TB-02, en este tablero el operador realiza la conexión para enviar la fructosa a la sala de jarabe terminado. El jarabe terminado se compone de jarabe simple (mezcla de agua con azúcar y fructosa) y el concentrado del sabor de refresco a elaborar en proporciones definidas.

- El envío de la fructosa al tablero de boquillas TB-02 se realiza siempre que el sensor de nivel continuo LE-01 detecte la existencia del nivel de fructosa requerido en el silo (un metro por encima de la propela del agitador). Una vez cumplida esta condición se accionan las válvulas de mariposa automáticas FY-01 y FY-02, éstas se encargan de suministrar flujo a la válvula manual HV-19 para que enseguida llegue el flujo a la bomba de desplazamiento positivo BP-02, la cual también cuenta con el arreglo de "bypass" descrito anteriormente. A la descarga de BP-02 se localiza la válvula manual HV-21 y junto con la válvula HV-19 se utilizan para aislar el arreglo de bypass del circuito, o bien para realizar operaciones de mantenimiento a los equipos localizados en este arreglo.

El envío de fructosa se controla mediante un segundo medidor de flujo másico FE-02, el cual también se le protege con un filtro malla FM-02 a la entrada y una válvula manual HV-22. La cantidad de fructosa a transferir la define el operador con referencia a la marca de refresco a elaborar; dicha cantidad se fija en el controlador indicador de flujo (FIC-02) y una vez cumplidos los permisivos anteriores basta pulsar el botón de STAR para iniciar el proceso de transferencia.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.4.4 Saneamiento del equipo de la fructosa

Antes de describir esta etapa del proceso se definirán algunos conceptos importantes que se utilizarán con frecuencia.

Equipo de saneamiento en planta "CIP"

C.I.P. : Siglas que en inglés significan "*Cleaning In Place*" (limpieza en el lugar o en sitio). Este es el nombre con el que se designa a un sistema cuya finalidad es la limpieza de equipos de proceso en el lugar donde estos se encuentran instalados.

¿Qué es método CIP?

CIP es la pronunciación corta del concepto en inglés. *Limpieza en sitio* es la acción de limpiar y sanear todo equipo de proceso y tubería por bombeo o esparado de soluciones químicas y/o agua a través de los mismos.

Limpieza

Se entiende como el lavado de las superficies de los equipos y tuberías que están en contacto con el producto, ingredientes y suciedad en general. La reacción físico – química entre el detergente y la suciedad, desprenderá a ésta de las superficies y será arrastrada por el flujo de la solución limpiadora.

Saneamiento

Se entiende como la remoción de hongos, levaduras y bacterias de la superficie del equipo.

Saneamiento químico

Cuando el sanitizante es un producto químico, al entrar en contacto con las superficies del equipo destruye el crecimiento de micro – organismos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Saneamiento en caliente

Es cuando el sanitizante es agua caliente a una temperatura de 85 a 95° C. El efecto de calor que propaga el agua en la superficie y en todo el equipo destruye el crecimiento de micro – organismos.

Existen dos métodos para sanear el equipo de proceso:

Método CIP de tres pasos

Paso 1.- Enjuague con agua tratada a temperatura ambiente.

Paso 2.- Limpieza y saneamiento con agua caliente a 85°C.

Paso 3.- Etapa de enfriamiento – enjuague de 60 a 35°

Método CIP de cinco pasos

Paso 1.- Enjuague con agua tratada a temperatura ambiente.

Paso 2.- Limpieza con detergente caústico a 65°C.

Paso 3.- Enjuague con agua tratada a 35°C.

Paso 4.- Saneamiento con agua caliente a 85°C.

Paso 5.- Enfriamiento – enjuague de 60 a 35°C.

Bajo condiciones normales el equipo utilizado para almacenar la fructosa no requiere sanitización o limpieza rutinaria. Los altos niveles de azúcares con bajo peso molecular contenidos en la fructosa, como se menciono anteriormente, prohíben el crecimiento microbiano. La rutina de limpieza puede causar más daño que beneficio si los procedimientos de limpieza no se realizan adecuadamente. Restos de agua en el tanque pueden causar una disolución aislada de la siguiente carga del producto, permitiendo la fermentación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Como parte del calendario de mantenimiento, todas las porciones del sistema y del producto deben ser inspeccionadas visualmente en busca de algún olor a cerveza. Si se sospecha de algún problema, se deben tomar muestras del tanque y de líneas para analizarse.

Cabe mencionar que el sistema de CIP que se utilizará ya se encuentra funcionando en la planta y sólo se hará la integración hacia el equipo de fructosa.

- Para efectos de limpieza, el área de fructosa se divide en tres circuitos independientes, que son:

1.- Limpieza del silo; ver el DTI de la figura 2.7.

2.- Limpieza de la línea de recepción de la fructosa; ver el DTI de la figura 2.8.

3.- Limpieza de la línea de transferencia de la fructosa hacia la sala de jarabes; ver el DTI de la figura 2.9.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.- Limpieza del silo

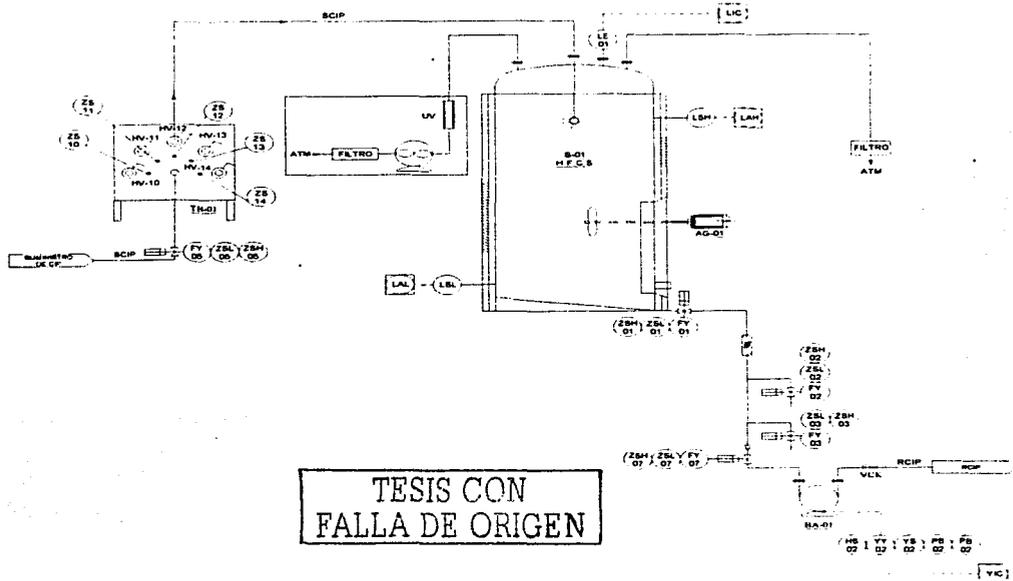


Fig. 2.7 Trayectoria para la limpieza del silo.

Para aplicar el sistema de CIP al silo, se deben cumplir las siguientes condiciones:

- El silo debe estar completamente vacío, esta condición se confirma con la alarma de nivel bajo "LAL" que proporciona el sensor LE-01 y el interruptor de nivel LSL, además de visualizar en el display del controlador indicador de nivel LIC una lectura de "cero nivel".
- En el tablero de boquillas TB-01 se realiza la conexión del cabezal de suministro de CIP (SCIP) con la válvula manual HV-12.

- Se desconecta el sistema de esterilización ultravioleta y el sensor de nivel ultrasónico.
- La solución limpiadora pasa de válvula automática FY-05 a la válvula manual HV-12. Realizada la conexión correspondiente en TB-01, la solución de limpieza pasa directamente al silo; el silo se encuentra a presión atmosférica. La solución de limpieza entra al silo a través de una boquilla o esprea, la cual tiene la función de expulsar la solución en todas direcciones cubriendo así toda la superficie del tanque a una determinada presión y durante un tiempo establecido.
- Una vez concluida la etapa de CIP, la solución limpiadora se expulsa por medio de las válvulas automáticas FY-01 y FY-07 pasando por la bomba autocebante BA-01 hacia el cabezal RCIP (Retorno de CIP).

2.- Limpieza de la tubería de recepción de la fructosa

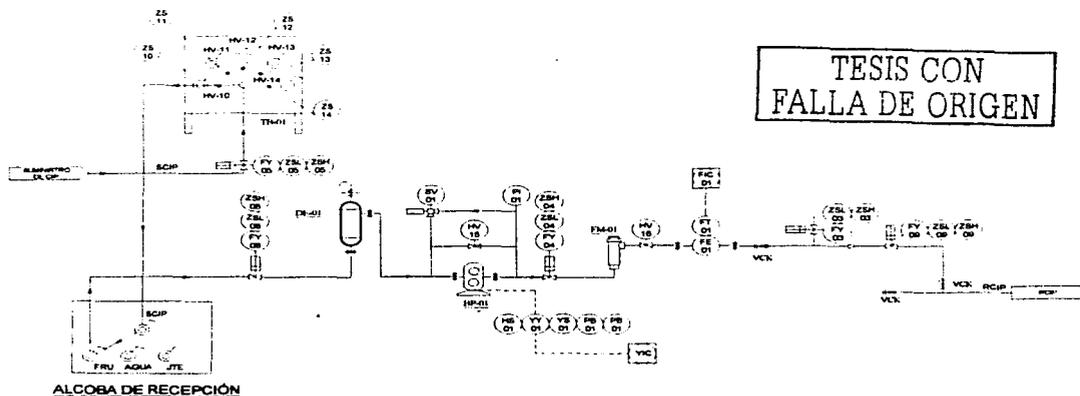


Fig. 2.8 Limpieza de tubería de recepción de la fructosa.

- Para la limpieza de la tubería de recepción de la fructosa, la solución limpiadora pasa nuevamente por el tablero de boquillas TB-01, pero ahora se une con la válvula manual HV-10. Esta acción envía la solución limpiadora a la alcoba de recepción. En la alcoba de recepción el operador realiza la conexión del cabezal de suministro se CIP "SCIP" con la válvula identificada con la etiqueta **FRU**. La solución pasa a la tubería de recepción de fructosa en la que se encuentra la válvula automática FY-08, la cual debe estar abierta, luego pasa al deareador DE-01, el cual elimina el aire que se encuentra en la tubería, posteriormente pasa al arreglo de bypass, a la válvula FY-04 y al filtro malla FM-01. Para dejar pasar la solución limpiadora al medidor de flujo FE-01 debe estar abierta la válvula manual HV-16, en esta línea se localiza una válvula check, la cual permite el paso del flujo sólo en una dirección. Por último pasa a la válvula automática FY-09 y a otra válvula check llegando al cabezal de retorno de CIP "RCIP". Cabe mencionar que se debe verificar que la válvula automática FY-03, se encuentre cerrada, ya que es parte de otro circuito.

3.- Limpieza de la tubería de transferencia de fructosa

- Para realizar la limpieza de la tubería de envío de la fructosa a la sala de jarabes, el operador realiza la conexión del cabezal de suministro de CIP (SCIP) a la válvula manual HV-11 localizada en el tablero de boquillas TB-01; posteriormente se inicia la apertura de las válvulas manuales: HV-11, HV-17, HV-18, HV-19, HV-20 y el cierre de las válvula automática: FY-02. Una vez cumplidas las condiciones anteriores se realiza la apertura de las válvula automática FY-05. La acción de apertura y cierre de las válvulas se confirma con la señal que emiten los sensores de proximidad inductivos localizados en el actuador neumático de cada válvula.

- Cuando se cumplen las condiciones anteriores el control lógico programable del sistema (PLC) emite una señal (permiso) al sistema de control del CIP para iniciar la limpieza de la tubería.

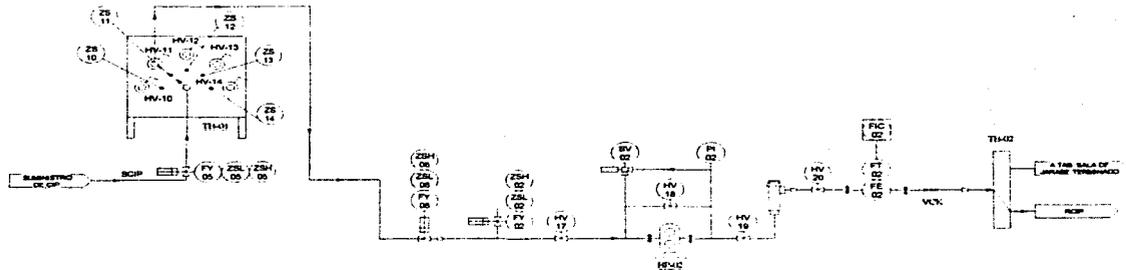


Fig. 2.9 Limpieza de la tubería de envío de fructosa.

- Debido a que la limpieza de este circuito se recomienda que se realice cada 6 meses o más, se propone un tablero de boquillas que distribuya las soluciones a cada uno de los circuitos, este tablero se ilustra en la figura 2.10.
- Todos los circuitos del parca de fructosa se deben lavar en una sola jornada de limpieza, pues cuando se esta lavando alguno de ellos, no se debe realizar ninguna otra operación de recepción o transferencia.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- El sistema se diseño para que al concluir las operaciones de saneamiento se pueda drenar el agua de cada una de las líneas de producto de suministro y retorno de soluciones de limpieza.

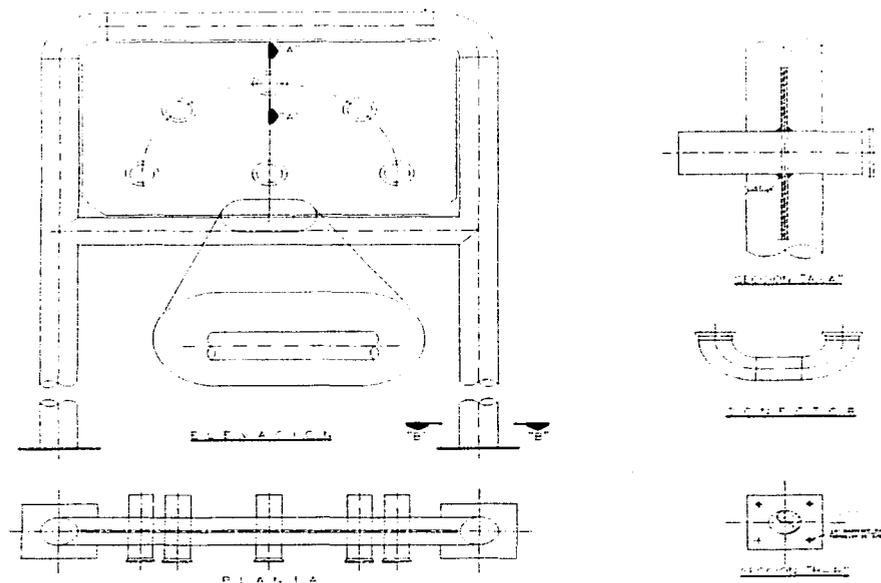


Fig. 2.10 Tablero de boquillas TB-01.

Tablero de boquillas o de distribución: Es la denominación dada a una placa de acero inoxidable en la que se encuentran instaladas válvulas, tuberías y sensores de proximidad, que permiten la interconexión del sistema de CIP con los diferentes circuitos o secuencias del sistema.

CAPITULO 3. EL CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE SIMATIC S5-100U

3.1 Introducción

Los autómatas programables de la familia Simatic S5 ofrecen soluciones rentables para resolver de la tarea de mando más simple a las funciones de control más completas. En la figura 3.1 se muestran los diferentes tipos que componen a esta familia.

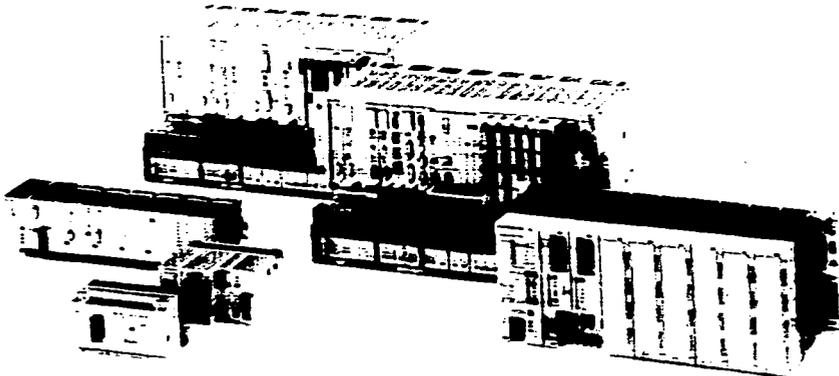


Fig. 3.1 Autómatas programables de la familia Simatic S5.

El **S5-100U** es el autómata programable más pequeño y económico de la familia Simatic S5. Está diseñado para resolver pequeñas tareas de automatización. Su rentabilidad comienza cuando debe controlar a más de cinco funciones. Este pequeño autómata programable tiene las siguientes características:

Estructura modular.

La estructura modular permite una configuración máxima de hasta 256 entradas y salidas digitales. El S5-100U se adecua por ello para controles de máquinas, así como para la automatización y vigilancia de procesos de tamaño medio. La posibilidad de expansión por pequeños escalones y la gran variedad de tipos de módulos permiten adaptar siempre el S5-100U a cualquier sistema de control.

Construcción robusta y fácil montaje.

Todos los módulos son bloques pequeños, manejables y robustos. Funcionan sin necesidad de usar ventilador, su electrónica es inmune a las interferencias. Los módulos se conectan en elementos de bus, donde se atornillan a prueba de vibraciones.

Los elementos de bus se enganchan sobre un carril normalizado. El aparato puede configurarse en una o varias líneas, y montarse en forma vertical u horizontal.

Fácil programación.

Como lenguaje de programación se utiliza el **STEP 5**, el cual cuenta con extenso juego de instrucciones. Se dispone de tres formas de programación: Por *diagrama de escalera* o contactos, *diagrama de funciones* y por *lista de instrucciones*.

3.2 Módulos

El S5-100U se compone de seis diferentes módulos, los cuales se muestran en la figura 3.2.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

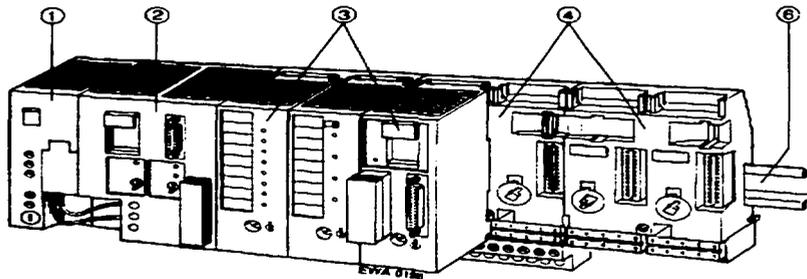


Fig. 3.2 Autómata programable S5-100U.

1.- Fuente de alimentación "PS930"

El S5-100U puede operar con una fuente de 24 VCD para alimentar la CPU (Unidad Central de Proceso). También se le puede aplicar una tensión de entrada de 115 a 230 VCA, trabaja con una intensidad $< 1A$, tiene una protección contra corto circuito a través de un fusible de 1A.

2.- Unidad Central de Proceso "CPU".

Esta unidad ejecuta el programa de mando. Cuando no existe voltaje de alimentación una batería interna protege el contenido de la memoria. En la figura 3.3 se muestra la CPU del S5-100U.

3.- Módulos periféricos.

Estos módulos permiten el intercambio de información entre la CPU y la periferia del proceso (emisores de señal, actuadores, convertidores de medida, etc.) .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

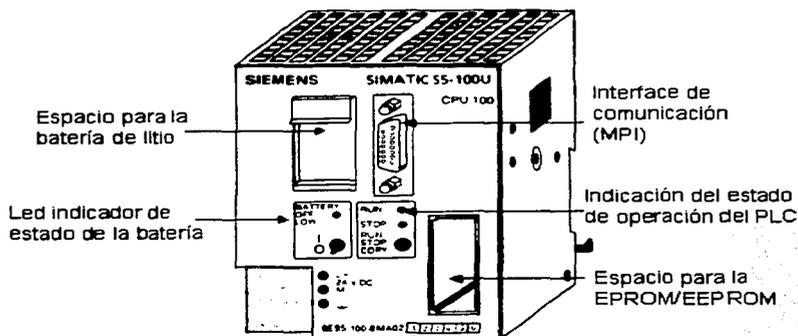


Fig. 3.3 Unidad Central de Proceso del S5-100U.

Datos técnicos de la CPU:

Memoria interna: RAM 1024 instrucciones

Cartucho de memoria: EPROM / EEPROM

Tiempo de ejecución por bit: 70 μ s

Tiempo de ejecución por palabra: 125 μ s

Número de marcas o banderas: 1024

Número máximo de entradas y salidas digitales: 256

Número máximo de entradas y salidas analógicas: 8

Tensión de entrada: 24 VDC

Tensión de salida: 9 V

Corriente de salida: <1 A

Protección contra corto circuito: electrónica clase 1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los módulos digitales son los siguientes:

- **Módulos digitales de entrada y salida con 4, 8 ó 16 canales.** Adecuados para tareas de mando sencillas en las cuales solo aparecen estados de señal "0" y "1".
- **Módulos analógicos de entrada y salida.** Permiten detectar y generar magnitudes variables (corrientes , tensiones).
- **Módulos de temporizadores.** Permiten ajustar temporizaciones sin ajustar el programa.
- **Módulos de contadores.** Este módulo permite contar impulsos de hasta 500 Hertz de frecuencia. Es posible ajustar valores de preselección sin necesidad de modificar el programa.
- **Módulo de contador rápido / lectura de recorrido.** El contador rápido puede usarse para captar impulsos de alta frecuencia (25 a 500 Khz) y para la lectura de recorrido de tareas de posicionamiento.
- **Módulo de comparadores.** Permiten vigilar si se sobrepasa un límite ajustado (corriente o tensión).
- **Módulo simulador.** Permite generar señales digitales de entrada y visualizar señales digitales de salida.
- **Módulo de diagnosis.** Permite controlar el funcionamiento del bus periférico.
- **Procesador de comunicaciones (CP).** Permite listar mensajes con fecha y hora a través de una impresora, así como establecer el acoplamiento con sistemas de control externos.
- **Módulos inteligentes (IP).** Se utilizan para tareas especiales, por ejemplo, regulación de temperatura, posicionamiento, etc., se dispone también de módulos preprocesadores de señal.

4.- Módulo de interfases (IM).

Estos módulos permiten configurar el autómatas para extenderlos en varias filas y de esta manera aumentar su capacidad de entradas y salidas.

5.- Carril normalizado.

Es la base sobre la que se monta el autómata.

3.3 Funcionamiento

Las unidades funcionales que componen al simatic S5-100U se muestran en la figura 3.4 y a continuación se describe la operación de cada uno.

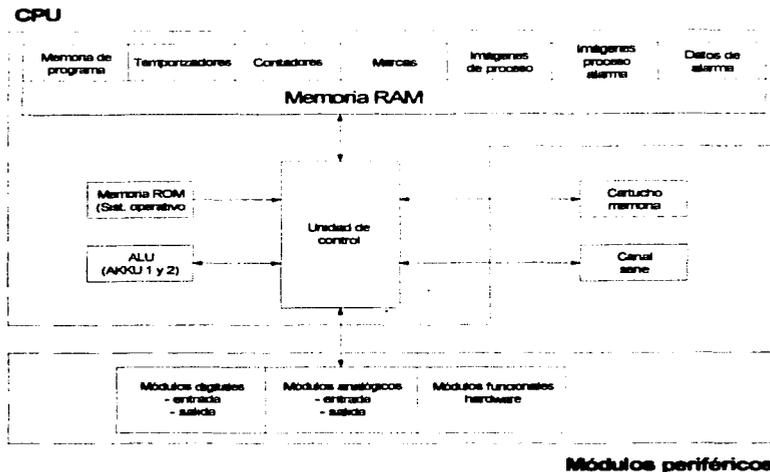


Fig. 3.4 Unidades funcionales del S5-100U.

Memoria de programa (EEPROM / EPROM)

Para conservar fuera del autómata un programa a prueba de fallas de alimentación, es necesario transferirlo a un cartucho de memoria EPROM ó EEPROM. Los programas grabados en estos cartuchos pueden copiarse en la memoria interna del programa, la cual es un área reservada de la memoria RAM interna de la CPU.

La memoria RAM tiene las siguientes características:

- Su contenido puede modificarse rápidamente.
- Si falla la alimentación y no hay batería, se pierde su contenido.

Sistema operativo (Memoria ROM)

El sistema operativo incluye programas de sistemas que fijan la ejecución del programa de usuario, la gestión de entradas y salidas, el reparto de memoria, la gestión de datos, y similares.

El sistema operativo es fijo y no puede modificarse.

Imágenes de proceso (IPE, IPS)

Los estados de señal de los módulos de entrada y la salida se depositan en la CPU dentro de las denominadas "imágenes de proceso". Se trata de zonas reservadas en la memoria RAM de la CPU.

- Imagen de proceso de las entradas (IPE). La tabla de imagen de proceso de entrada es la ubicación en la que se almacena el estado de las señales de todas las entradas de la CPU.
- Imagen de proceso de las salidas (IPS). La tabla de imagen de proceso de salidas contiene los valores de salida que resultan de la ejecución del proceso. Estos valores de salida se envían a las salidas actuales al final de cada ciclo de exploración del programa.

Temporizadores, contadores y marcas

La CPU ofrece internamente temporizadores, contadores y marcas (posiciones de memoria para almacenar estados de señal) direccionables a través del programa de mando.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los temporizadores y contadores pueden cargarse, borrarse, arrancarse y pararse desde el programa. Los valores de tiempo (temporización) y de contaje (valor de contador) se almacenan en zonas reservadas de la memoria RAM.

Otra zona de la memoria RAM permite almacenar informaciones, por ejemplo, resultados intermedios, en calidad de marcas. Las marcas pueden direccionarse de bit a bit, byte a byte o de palabra a palabra.

Si está colocada la batería de respaldo, entonces algunas marcas y estados de contadores contenidos en la memoria RAM interna se mantiene incluso aunque la tensión de alimentación falle. En este caso se trata de marcas y contadores remanentes, es decir, no volátiles.

La tabla 3.1 muestra la cantidad de marcas, contadores y temporizadores remanentes y no remanentes (se mantiene / no se mantiene su contenido al desconectar la alimentación) para las CPU's 100-103.

Operando	Remanente	No remanente		
	CPU 100 ... 103	CPU 100	CPU 102	CPU 103
Marcas	0.0 ... 63.7	64.0 ... 127.7		64.0 ... 255.7
Contadores	0 ... 7	8 ... 15	8 ... 31	8 ... 127
Temporizadores	-----	0 ... 15	0 ... 31	0 ... 127

Tabla 3.1 Operandos remanentes y no remanentes.

Unidad Aritmética y Lógica (ALU)

La unidad aritmética y lógica se compone de dos acumuladores, AKKU 1 y 2, que procesan las operaciones por bytes y por palabras. En la figura 3.6 se muestra el funcionamiento de la ALU.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

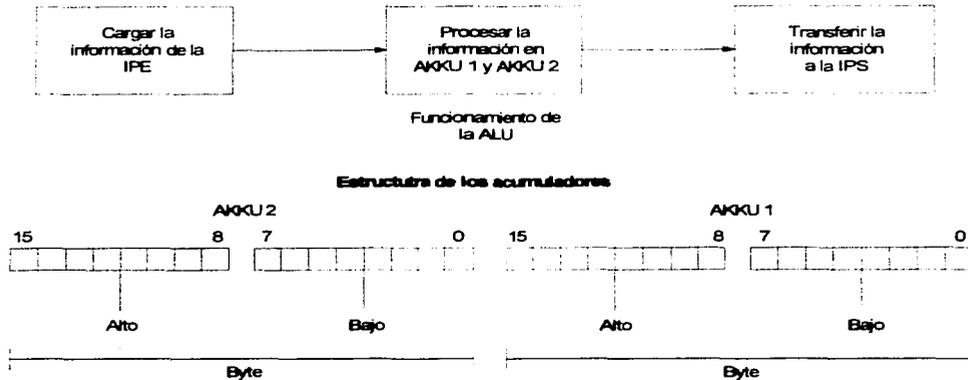


Fig. 3.5 Ejemplo de funcionamiento de la ALU y estructura de los acumuladores.

Unidad de control (procesador)

El programa llama sucesivamente las instrucciones contenidas en la memoria del programa y las ejecuta. Para ello se procesa la información contenida en la imagen de proceso de entrada (IPE) y se consideran los valores temporizadores y contadores, así como los estados de señal de las marcas internas. Posteriormente ejecuta el programa de usuario con las instrucciones respectivas, y finalmente genera la imagen de proceso de salida (IPS), la cual es enviada a los módulos de salida.

Bus periférico

El bus periférico constituye la vía eléctrica por la que se intercambian todas las señales entre la CPU y los módulos periféricos de entrada / salida. El bus periférico del S5-100U es un bus con las siguientes características:

- Su estructura modular permite una exacta adaptación a cualquier tarea de mando.
- No es necesario ajustar direcciones en los módulos periféricos.
- No es necesario ningún conector terminador.

La transmisión de datos se realiza a través de una cadena de registros de desplazamiento. Cada puesto de conexión de un elemento de bus tiene asignados cuatro bits de datos y un bit de verificación para vigilar la transmisión por el bus.

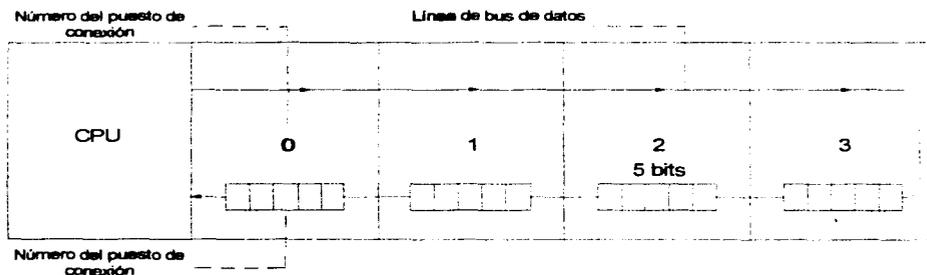


Fig. 3.6 Estructura del bus periférico.

3.4 Configuración eléctrica

El sistema eléctrico completo del S5-100U se compone de los siguientes circuitos de alimentación independientes:

- El circuito de alimentación de la CPU (24 VCD).
- El circuito de alimentación de los emisores (24 VCD).
- El circuito de carga de los actuadores (24 VCD ó 115 a 230 VCA).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Circuito de alimentación para el control en DC

Este circuito alimenta la CPU, los elementos de bus, el canal para el aparato de programación y los circuitos de los módulos periféricos. Si se utiliza la fuente de alimentación PS930 de 24 VCD a 1 A esta garantizada la alimentación interna de los módulos periféricos (9V) hasta un consumo total de 1 A. este circuito de alimentación esta unido con el carril a través del resorte de puesta a tierra de la CPU. El carril debe incluirse en las medidas de protección contra interferencias, y tiene que conectarse a tierra. El módulo de alimentación y sus datos técnicos se muestran en la figura 3.7.

Datos técnicos

Tensión de entrada:	115 / 230 VCA
Tensión de salida:	24 VCD
Frecuencia de la red:	50 / 60 Hz
Potencia:	33 W
Intensidad desalida:	<1 A
Protección contra corto circuito:	Fusible de 1A
Grado de protección:	Clase 1

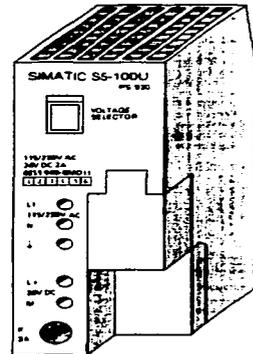


Fig. 3.7 Fuente de alimentación PS930.

Configuración eléctrica global

En las figuras 3.8 y 3.9 se representan dos configuraciones posibles. Para ello es necesario observar lo siguiente:

- Para alimentar al PLC, a los emisores de señal y los actuadores es necesario disponer de un interruptor termomagnético principal (1).
- Si sus línea derivadas tienen una longitud igual o menor de 3 m y está a prueba de cortocircuitos entre fases y tierra, no es necesario disponer de un

interruptor adicional (2) entre la línea de alimentación del PLC y del circuito de carga.

- Para circuitos de carga de 24 VCD se necesita una fuente de alimentación separada (3). Si se utilizan fuentes de alimentación no estabilizadas es necesario disponer a su salida un capacitor de 200 μ F por cada amper de consumo de carga.
- Si se tienen circuitos de carga de corriente alterna con más de cinco bobinas electromagnéticas, se recomienda establecer una separación galvánica a través de un transformador (4).
- Los circuitos de carga deben ponerse a tierra. Prever una unión (5) desmontable con el conductor de protección de la fuente de alimentación de la carga (borne M) o en el secundario del transformador separador.
- Los circuitos de los emisores de señal y de los actuadores deberán llevar un fusible de protección propio (6) y (7).
- En configuraciones de puesta a tierra es necesario unir, con baja resistencia, el carril normalizado con la masa del armario (10).
- Para proteger la tensión de alimentación se precisa otro interruptor termomagnético (9).

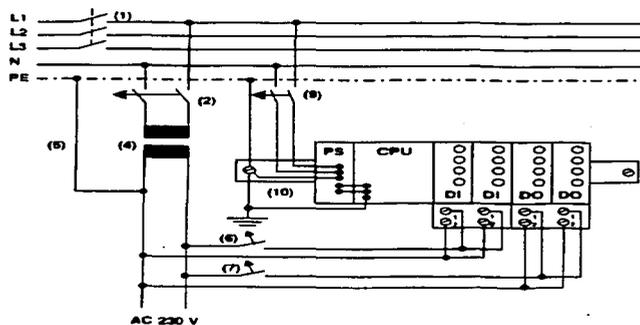


Fig. 3.8 Configuración del S5-100U con fuente de alimentación de 115/230VCA.

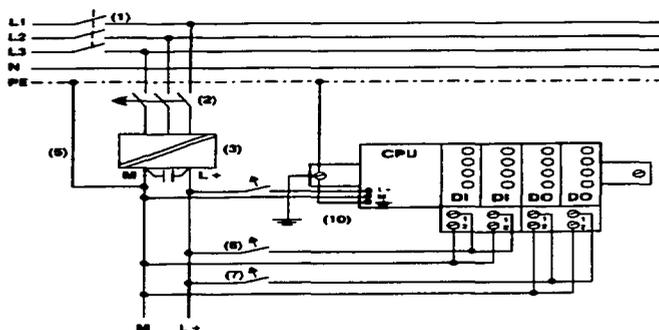


Fig. 3.9 Configuración del S5-100U con fuente de alimentación de 24 VCD.

3.5 Conexión de los módulos entrada / salida

Todos los módulos periféricos se conectan en elementos de bus y el cableado se realiza en los bloques de conexión de cada elemento. En la tabla 3.2 se describe la conexión de los bornes.

Alimentación de carga	Borne 1	Borne 2
24 VCD	L+	M
115 / 230 VCA	L1	N

Tabla 3.2 Conexión de la alimentación de la carga.

Conexión de los módulos digitales de 8 canales

Los ocho canales de un módulo están numerados de la dirección .0 a la .7. Cada canal tiene asignado un borne de conexión. La asignación y el diagrama de conexión de cada borne se muestra en la tabla 3.3.

Dirección	Número de borne
L+	1
M-	2
.0	4
.1	3
.2	6
.3	5
.4	8
.5	7
.6	10
.7	9

Tabla 3.3 Identificación de los bornes de conexión para los módulos de entrada /salida.

Módulos de entrada de 8 canales

En la figura 3.10 se muestra el ejemplo de la conexión de un emisor en la dirección .4 de un módulo de entrada.

Como se observa en la figura, los emisores a conectar se unen a un punto común con el borne 1 a través de la regleta L+ y se cierra el circuito con el borne número 8 (terminal negativa), que corresponde a la dirección .4 de acuerdo a la tabla 3.3.

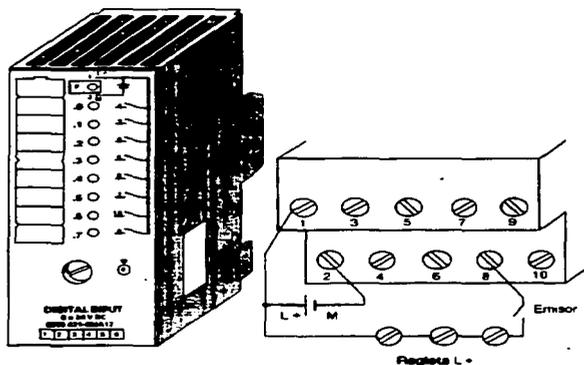


Fig. 3.10 Conexión de un emisor en la dirección .4.

Módulos de salida de 8 canales

Para la conexión de los dispositivos de salida, estos se deben unir a un punto común (parte negativa) en el borne 2 a través de la regleta M.

Ejemplo: Para conectar una lámpara en la dirección .6 de un módulo de salida, se une la terminal negativa de la lámpara a la regleta M (borne 2) y se cierra el circuito con el borne 10, que corresponde a la dirección .6. Esta conexión se muestra en la figura 3.11.

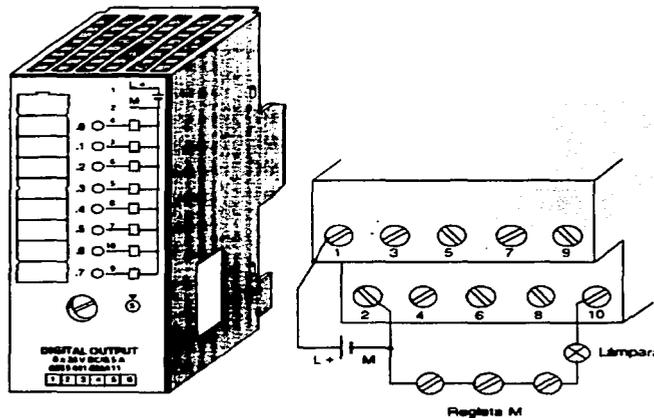


Fig. 3.11 Conexión de una lámpara en el canal o dirección .6.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.6 Direccionamiento

Para poder identificar las entradas y salidas es preciso asignarles determinadas direcciones.

Las direcciones de la periferia dependen del puesto de conexión de los módulos. Esto significa que tan pronto como un módulo se conecte en un puesto de un elemento de bus, el módulo recibe un número de puesto de conexión y con ello se le asigna una dirección de byte fija en una o en las dos imágenes de proceso.

Los emisores de señal y los actuadores se conectan en el bloque de bornes del elemento de bus. Al seleccionar el bloque se asigna el número de canal.

Numeración de los puestos de conexión

El S5-100U puede tener una configuración máxima de cuatro filas. Pueden utilizarse hasta 16 elementos de bus (32 puestos de conexión).

Los puestos de conexión se numeran correlativamente comenzando por el que se encuentra junto a la CPU asignándole el puesto "0". La numeración no depende si hay conectado un módulo o no, ver figura 3.12.

Números de puesto de conexión

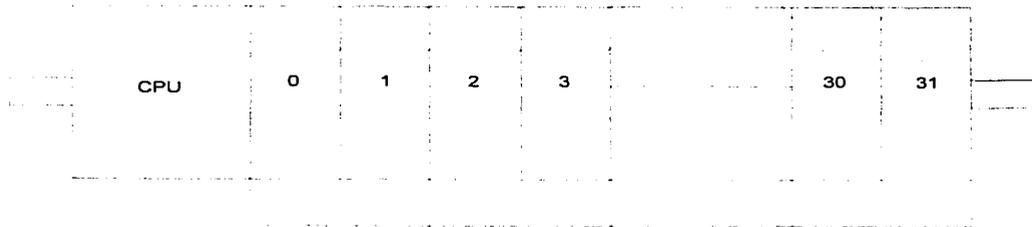


Fig. 3.12 Numeración correlativa de los puestos de conexión.

Si el autómata se configura en varias filas, la numeración de las filas de ampliación prosigue en el puesto de conexión situado a la izquierda como se muestra en la figura 3.13.

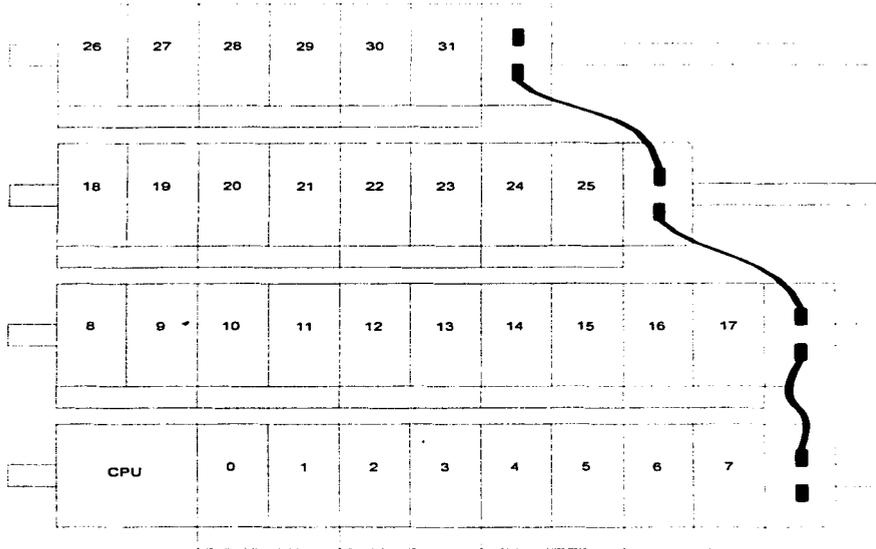


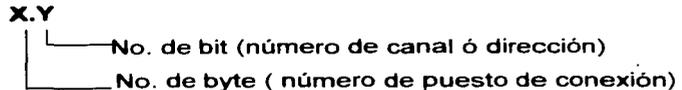
Fig. 3.13 Numeración de los puestos de conexión utilizando varias filas.

Al ampliar el autómata es preciso colocar los nuevos elementos de bus en la fila superior y a la derecha. De no hacerlo se modifican los números de puestos de la conexión de los elementos de bus situados a la derecha de la ampliación. Esto debe considerarse en el programa de mando.

Los módulos digitales pueden conectarse en cualquier puesto de 0 a 31.

A un módulo digital o desde un módulo digital sólo es posible transmitir por cada canal dos estados de información, "0 ó 1" (conectado, desconectado).

Cada canal de un módulo digital se representa mediante un bit. Por ello, a cada bit hay que asociar un número determinado. Esta numeración se realiza de la siguiente forma:



La dirección "X.Y" de un módulo digital consta de dos partes:

Dirección de byte X (número de puesto de conexión)

La dirección de byte coincide con el número de puesto en el que está conectado el módulo que puede ser de 0 a 31.

Número de canal Y (dirección de bit)

El número de canal resulta de considerar donde se han conectado los actuadores o los emisores en el bloque de borne.

Todos los sensores en el sistema están conectados al PLC por medio de los módulos de entradas y todos los actuadores y luces de indicación están conectadas a través de los módulos de salidas. Para habilitar un sensor y ser direccionado en el programa, necesita identificarse por medio de un nombre o una dirección. La dirección proporcionada a un sensor depende de la entrada del módulo al cual esta conectado. En el caso de un S5-100U, todos los módulos de entradas poseen direcciones fijas dependiendo del slot o lugar en el que se encuentren.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las entradas en un módulo son siempre en grupos de *bytes*. Esto significa que las 8 entradas en cada grupo siempre tienen la misma dirección de *byte*. Las primeras 8 entradas del primer módulo de conexión situado junto a la CPU posee la dirección de *byte* "0".

Con la finalidad de distinguir entre las entradas o salidas con la misma dirección de *byte*, basta numerarlas de la 0 a la 7, de tal forma que cada entrada o salida tienen una dirección de *byte* y una dirección de *bit*.

Ejemplo: La dirección de entrada **I 2.3** se refiere a un módulo de entrada localizado en el puesto de conexión número 3 y en el canal 3, como se muestra en la figura 3.14.

Byte →	0	1	2	3	4	5	6	7
	INPUT	INPUT	INPUT	INPUT	OUTPUT	OUTPUT	OUTPUT	OUTPUT
CPU	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2	.2
	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3
	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4
	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5
	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6
	.7	.7	.7	.7	.7	.7	.7	.7

Fig. 3.14 Localización de la dirección **I 2.3**.

Módulos analógicos

Los módulos analógicos a diferencia de los digitales sólo pueden conectarse en los 8 primeros puestos del 0 al 7. A un módulo analógico o desde un módulo analógico es posible comunicar 65536 bits de datos diferentes que es lo que se puede transmitir con una palabra de 16 bits. Mientras que en los módulos digitales sólo es posible comunicar los bits "0 ó 1" por cada canal.

Características:

- Por cada puesto de conexión se reservan ocho bytes (cuatro palabras).
- Por cada canal se reservan dos bytes (una palabra).

- El margen de direcciones abarca del byte 64 (puesto 0, canal 0) al byte 127 (puesto 7, canal 3).

En la figura 3.15 se muestra la asignación de las direcciones para los módulos analógicos.

No. de puesto de conexión		0	1	2	3	4	5	6	7	No. de canal
CPU	64 + 65	72 + 73...	80 + 81...	88 + 89...	96 + 97...	104 + 105...	112 + 113...	120 + 121...		0
	66 + 67									1
	68 + 69									2
	70 + 71	78 + 79...	86 + 87...	94 + 95...	102 + 103...	110 + 111...	118 + 119...	126 + 127...		3

Fig. 3.15 Asignación de direcciones para los módulos analógicos.

Ejemplo1: ¿Qué bytes ocupan la dirección del canal 0 de un módulo analógico conectado en el puesto 5?.

Solución: Los bytes 104 + 105

Ejemplo2: ¿Dónde se localiza la dirección de un módulo analógico que ocupa los bytes 70+71?.

Solución: La dirección se encuentra en el canal 3 del puesto de conexión 0.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.7 Puesta en servicio

A continuación se describen los mandos de la CPU y los pasos que se deben seguir para cargar el programa y poner en servicio al PLC.

Mandos indicadores de la CPU

El interruptor CON/DES sirve para conectar o desconectar el regulador de tensión del autómatas.

El interruptor de **selector de modo** permite elegir entre los modos de operación "RUN" y "STOP". El modo de "ARRANQUE" lo ejecuta la CPU automáticamente al pasar de "STOP" a "RUN". Estos mandos se muestran en la figura 3.16.

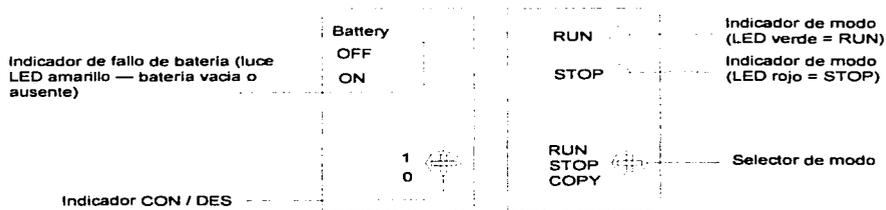


Fig. 3.16 Mandos indicadores de la CPU.

En modo "STOP"

- No se ejecuta el programa.
- Se mantienen los valores de los temporizadores, contadores, marcas e imágenes de proceso presentes al entrar en el estado "STOP".
- Están bloqueados los módulos de salida (estado de señal "0").
- Al pasar de "STOP" a "RUN" se ponen a "cero" las imágenes de proceso, los temporizadores, las marcas y los contadores no remanentes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En modo "RUN"

- El programa se ejecuta cíclicamente.
- Se cargan los estados de señal de los módulos de entrada.
- Se direccionan los módulos de salida.
- El modo "RUN" puede ajustarse también tras el "borrado total", esto es, con la memoria de programa vacía.

En modo de "ARRANQUE"

- El sistema operativo procesa el block de datos DB1 y acepta los parámetros.
- Se procesan los módulos (software) de arranque OB 21 y OB 22 que son los blocks de organización.
- La duración de arranque no está limitada, puesto que no hay una vigilancia de tiempo de ciclo.
- Durante el arranque están bloqueados los módulos de entrada y salida.

Cambio de modo de operación

El modo de operación puede cambiarse por las siguientes causas:

- Por el accionamiento del selector de modo.
- Por intervención de un aparato de programación, si el autómata está en modo "RUN".
- Por perturbaciones que lleven al autómata al modo "STOP".

Borrado total del autómata

Antes de almacenar un programa nuevo se recomienda ejecutar la función de "borrado total". Con ello se borra lo siguiente:

- La memoria del programa del autómata.
- Todos los datos (marcas, temporizadores y contadores).
- Todos los identificadores de error.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cabe mencionar que si no se realiza el borrado total, permanecen en la memoria del autómata datos antiguos aunque se sobrescriba el programa.

Pasos para realizar el **borrado total**:

- 1.- Se coloca en "STOP" el selector de modo.
- 2.- Se saca la batería.
- 3.- Se pone en posición "0" el interruptor CON/DES.
- 4.- Se pone en posición "1" el interruptor CON/DES.
- 5.- Se vuelve a colocar la batería.

También se puede realizar la función de borrado total desde el software de programación a través del menú correspondiente.

En la tabla 3.4 se muestra la secuencia de la puesta en marcha del autómata.

Requisitos	Observaciones	Indicadores
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comprobar el montaje mecánico y el cableado. 	El borne "M" del módulo debe unirse con el módulo "M" de la CPU.	
Interruptor CON/DES en "0", poner selector de modo en "STOP".		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conectar la fuente de alimentación y de la carga. 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Luz en los indicadores de perturbación rojos de los módulos periféricos.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Poner interruptor CON/DES en "1". 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Luce el led rojo de la CPU, en led amarillo luce cuando no hay batería.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conectar el aparato de programación en la CPU. 		

continua

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Carga del programa en el autómata

Al realizar la carga se trasfiere el programa a la memoria del autómata. La primera posibilidad es cargar el programa desde el aparato de programación conectado al autómata en modo online. A continuación se describe en la figura 3.17 la otra forma que existe para cargar el programa contenido en un cartucho de memoria.

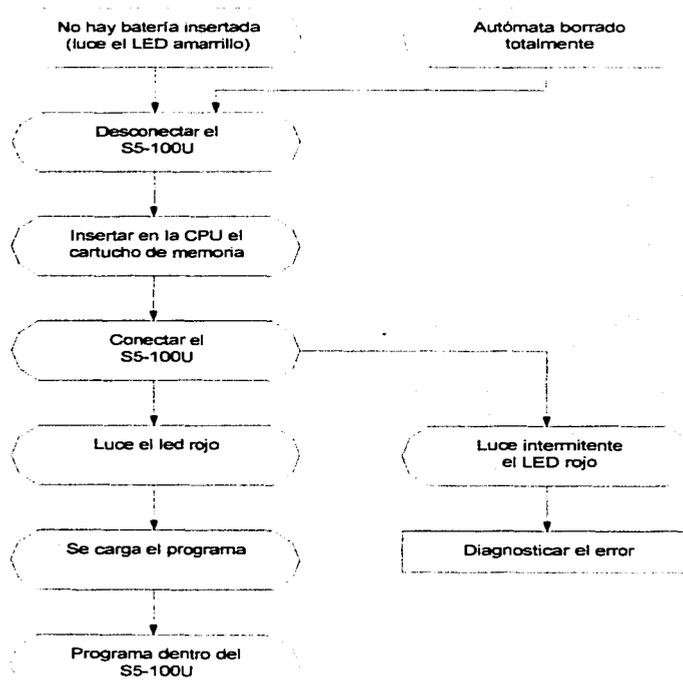


Fig. 3.17 Carga del programa en forma manual.

3.8 Programación del control

A continuación se describen los operandos y las formas de representación que se utilizan para realizar los programas, así como la estructura y los módulos de organización que tiene el lenguaje de programación STEP 5.

3.8.1 Introducción

En los autómatas programables (PLC's) las tareas de automatización se formulan en programas de mando. En éstos se escribe una serie de instrucciones de cómo el autómatas debe mandar o ejecutar el proceso. Para que el autómatas pueda "entender" el programa, éste debe estar escrito siguiendo una serie de reglas prefijas y en un lenguaje determinado. Para la familia Simatic S5 se ha desarrollado el lenguaje STEP 5.

Formas de representación

El Step 5 permite adecuar los requerimientos de una aplicación a un programa. Con el lenguaje de programación Step 5 son posibles las siguientes formas de representación:

Diagrama de escalera o contactos (LAD = Ladder Diagram)

Es una representación gráfica de un programa con símbolos eléctricos. Los símbolos representan una consulta de un estado de voltaje (voltaje presente, voltaje no presente) de un sensor o elemento de control.

Diagrama de funciones (CFS = Control System Flowchart)

Es una representación gráfica de la tarea de automatización usando operaciones lógicas. Las entradas se muestran a lado izquierdo del símbolo y las salidas a la derecha.

Lista de instrucciones (STL = Statement List)

Es el programa representado por una lista de instrucciones. Todas las instrucciones disponibles en Step 5 pueden ser programadas y vistas en STL.

Cabe mencionar que no todas las funciones de STL pueden convertirse a formas gráficas como CFS y LAD. Sin embargo, *todos los programas creados en LAD ó CFS pueden convertirse a STL*. En la figura 3.18 se muestran los tres modos de representación que utiliza el Step 5.

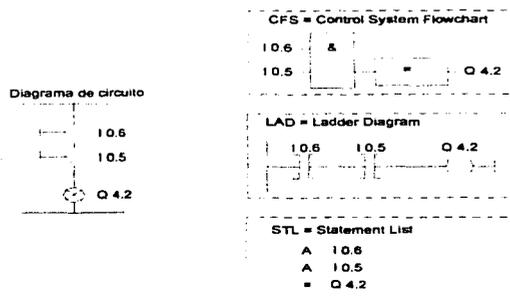


Fig. 3.18 Modos de representación del Step 5.

Estados de señal como una señal binaria .

Los sensores pueden tener solamente dos estados de señal, "1 ó 0". Cuando un contacto normalmente cerrado (NC) es activado, tiene un estado de señal de "0" y cuando esta desactivado, tiene un estado de señal de "1". Estos estados de señal que pueden adquirir se llaman señales binarias o **bits** (dígitos binarios). Este termino se utiliza en el mundo de procesamiento de datos para definir a la unidad más pequeña de información. Los bits no solo describen los estados de las señales de las entradas y salidas, sino también los estados de los elementos utilizados en el procesamiento de señales en el controlador programable, tales como banderas. El intercambio de información dentro del controlador programable se lleva a cabo a través de bits. Un grupo de 8 bits es llamado **byte**. En la tabla 3.5 se muestran los rangos de voltaje de entrada que reconoce el autómata para interpretarlos como "0 ó 1".

Rango de voltaje de entrada	24 VCD	115 VCA	230 VCA
Estado de señal "1"	13 ... 30 VCD	85 ... 135 VCA	170 ... 268 VCA
Estado de señal "0"	-30 ... +5 VCD	0 ... 40 VCA	0 ... 70 VCA

Tabla 3.5 Rangos de voltaje en los módulos de entrada.

3.9 Operandos

El lenguaje de programación STEP 5 cuenta con diversos operandos, los cuales se describen en la tabla 3.6.

Símbolo	Operación	Comentario
I	Entradas	Interfases del proceso al autómatas.
Q	Salidas	
F	Marcas ó banderas	Memorias para resultados binarios intermedios.
D	Datos	Memorias para resultados digitales intermedios.
T	Temporizadores	Memorias para la realización de temporizaciones.
C	Contadores	Memorias para la realización de contadores.
K	Constantes	Valores numéricos fijos.
OB,PB,SB, FB,DB	Módulos de software	Auxiliares para estructurar el programa.
A	Operaciones lógicas	Operación AND.
AN		Operación NAND.
O		Operación OR.
ON		Operación NOR.
A(Combinación AND de expresiones entre paréntesis.
O(Combinación OR de expresiones entre paréntesis.
)	Conclusión de una operación entre paréntesis.	
S	Operación de memoria	Poner el operando a "1".
R		Poner el operando a "0".

continua

Símbolo	Operación	Comentario
L IB	Operaciones de carga	Carga una entrada de tamaño byte.
L QB		Carga una salida de tamaño byte.
L IW		Carga una entrada de tamaño word (palabra).
L QW		Carga una salida de tamaño word (palabra).
L FB		Carga en el AKKU 1 un byte de marcas.
L FW		Carga en el AKKU 1 una palabra de marcas.
L DL		Carga en el AKKU 1 una palabra de datos en el byte izquierdo.
L DR		Carga en el AKKU 1 una palabra de datos en el byte derecho.
T IB	Operaciones de transferencia	Transfiere el contenido del AKKU 1 a un byte de entrada.
T QB		Transfiere el contenido del AKKU 1 a un byte de salida.
T IW		Transfiere el contenido del AKKU 1 a una palabra de entrada.
T QW		Transfiere el contenido del AKKU 1 a una palabra de salida.
T FB		Transfiere el contenido del AKKU 1 a un byte de marcas.
T FW		Transfiere el contenido del AKKU 1 a una palabra de marcas.
SP	Operaciones de tiempo	Temporizador de pulso.
SE		Temporizador de pulso extendido.
SD		Temporizador tipo "On Delay".
SS		Temporizador tipo "Stored on Delay".
SF		Temporizador tipo "Off Delay".

continua

Símbolo	Operación	Comentario
CU	Operaciones de conteo	Contador ascendente.
CD		Contador descendente.
+F	Operación aritmética	Suma de números.
-F		Resta dos números.
I=	Operaciones de comparación	Igualdad.
><		Diferente.
>=		Mayor o igual que.
>		Mayor que.
<=		Menor o igual que.
<		Menor que.
JC	Operación de salto	Salto condicional.
JU		Salto incondicional.
BE	Operaciones de retorno	Fin de módulo.
BEC		Terminación de módulo en forma condicional.
BEU		Terminación de módulo en forma incondicional.
NOP 0	Operaciones nulas	Todos los bits borrados.
NOP 1		Todos los bits activados.
KT	Formato de datos	Datos de tiempo.
KC		Datos de conteo.
KH		Datos en código hexadecimal.
KF		Datos en código decimal.
KM		Datos en código binario.
STP	Operación de stop	El ciclo es terminado.

Tabla 3.6 Lista de operandos básicos.

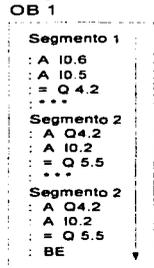
3.10 Estructura del programa

En el S5-100U un programa puede realizarse en un formato *lineal* o *estructurado*. A continuación se describen cada uno de estos conceptos.

Programación lineal

Para procesar tareas simples de automatización basta con programar las instrucciones correspondientes en una sección (módulo). El **OB1** "Módulo de Organización Principal" se emplea para este propósito, ya que es ejecutado siempre por el procesador de manera cíclica, tras la última instrucción vuelve a ejecutarse la primera. Un programa lineal tiene la ventaja de que se ejecuta más rápido que un programa estructurado, ya que las instrucciones de salto consumen más tiempo para su ejecución. El OB1 debe finalizarse, como todos los módulos, usando la instrucción "BE".

Programación lineal



Programación estructurada

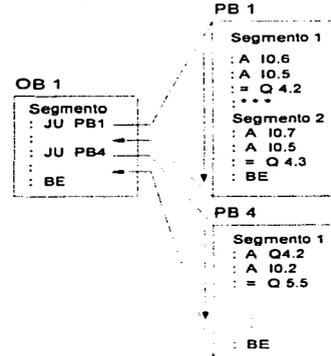


Fig. 3.19 Formas de programación.

Programación estructurada

Para resolver tareas complejas es más conveniente dividir el programa global en secciones o módulos con entidad propia.

Este procedimiento tiene las siguientes ventajas:

- ☑ Programación más simple y clara, incluso en programas de gran tamaño.
- ☑ Posibilidad de estandarizar partes del programa.
- ☑ Facilidad para efectuar modificaciones.
- ☑ Pruebas y puesta en servicio más simple.
- ☑ Utilización de subprogramas, ya que un módulo puede ser llamado desde diferentes puntos.

En el lenguaje de programación STEP 5 existen cinco módulos de programación que lo componen. Estos módulos se muestran en la figura 3.20.

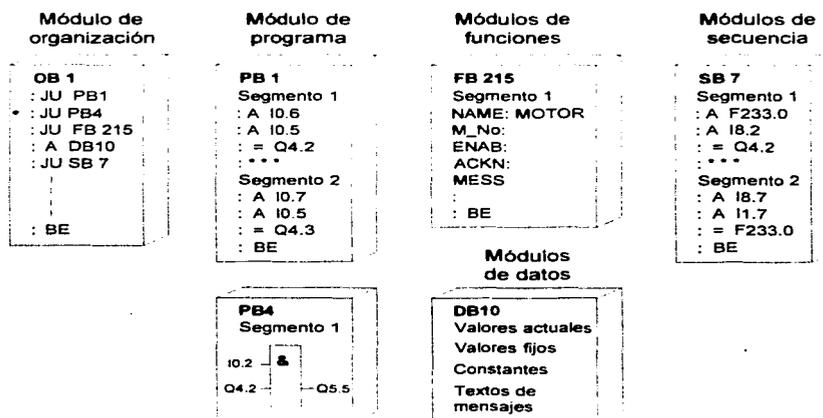


Fig. 3.20 Tipos de módulos o bloques.

Ejecución del programa

El OB1 pertenece a un grupo de módulos o bloques de organización, que a diferencia de otros bloques, son llamados automáticamente por el sistema operativo. En otras palabras, el sistema operativo le indica al procesador que debe ejecutar el OB1 tan pronto como es almacenado en la memoria. El programa en el

OB1 es responsable de asegurar que los otros bloques en la memoria del PLC sean procesados. En este caso, el usuario describe las instrucciones apropiadas en el OB1. Estas instrucciones son llamadas instrucciones de salto. Las instrucciones de salto "JU" son aquellas que le indican al procesador "saltar a" bloques particulares y ejecutar el programa contenido en esos bloques.

Ejemplo: El OB1 contiene la siguiente operación de salto, JU PB1.

JU representa un salto incondicional al bloque especificado, en este caso al PB1, posteriormente el programa contenido en PB1 es almacenado en la memoria del PLC y ejecutado.

Si existen múltiples instrucciones de salto en el OB1, el procesador ejecuta cada instrucción en secuencia, una después de la otra. Iniciada la instrucción de JU, el control pasa al bloque relevante y el programa contenido en el se ejecuta. Cuando la última instrucción, el comando BE (Block End), ha sido procesada, el control pasa de regreso del PB al OB1 y se ejecuta la instrucción de salto. La instrucción BE es llamada también

instrucción de retorno. Si existe una instrucción de BE en un bloque de organización, el procesador sale del bloque y regresa el control al sistema operativo. Después de ejecutar cualquiera de las rutinas del sistema, el procesador inicia la ejecución del programa una vez más desde el comienzo. Un procedimiento como este se llama **ciclo**. Desde el punto de vista del procesador, esto puede ser visto como una **ejecución cíclica del programa**, ver figura 3.21.

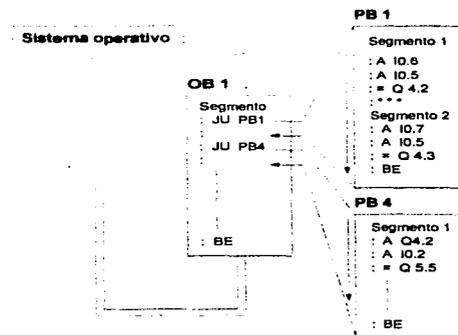


Fig. 3.21 Ejecución cíclica del programa y del OB1.

3.11 Operaciones básicas

Las operaciones básicas comprenden funciones ejecutables en módulos de organización, de secuencia y funcionales. Con excepción de la suma (+F), la resta (-F) y de las operaciones organizativas, pueden ingresarse y sacarse en las tres formas de representación: STL, CFS y LAD. Estas operaciones se describen a continuación con ejemplos.

3.11.1 Combinacionales

Operación AND

La salida 1.0 tiene estado de señal '1' cuando las tres entradas tienen señal '1'.

La salida tiene señal '0' siempre que como mínimo una entrada tenga señal '0'.

Es indiferente la cantidad de consultas y la secuencia de instrucciones de combinación. La operación AND se muestra en la figura 3.22.

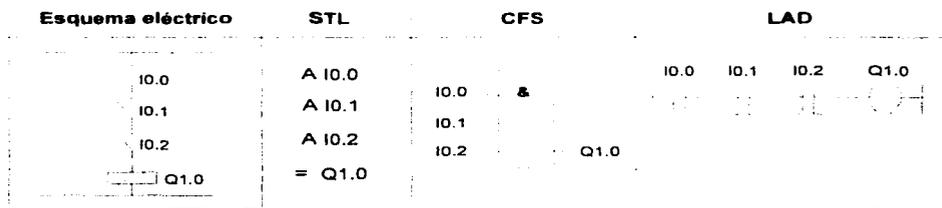


Fig. 3.22 Operación And.

Operación OR

En la salida 1.0 aparece estado de señal '1' cuando mínimo una de las entradas tiene estado de señal '1'. En la salida 1.0 aparece estado de señal '0' cuando todas las entradas tienen simultáneamente estado de señal '0'. Es indiferente la cantidad de consultas y la secuencia de su programación, ver figura 3.23.

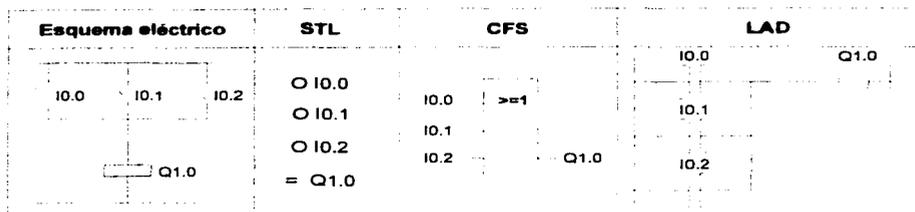


Fig. 3.23 Operación OR.

3.11.2 Operaciones de memoria

Estas operaciones permiten memorizar el resultado de la operación en el procesador.

Biestable SR (borrado prioritario)

El estado de señal '1' en la entrada 0.1 activa el biestable Q1.0 (estado de señal '1'). Si el estado de señal en I 0.1, cambia a '0' se mantiene el estado de Q1.0, es decir, la señal se memoriza.

Aplicando estado de señal '1' en la entrada 0.0 se borra (resetea) el biestable. Si se aplican *simultáneamente las señales de activación (I0.1) y de borrado (I0.0)*, al ejecutar el programa actúa la consulta programada en último lugar (en este caso A I0.0), por lo tanto, la salida Q1.0 tiene borrado prioritario, ver figura 3.24.

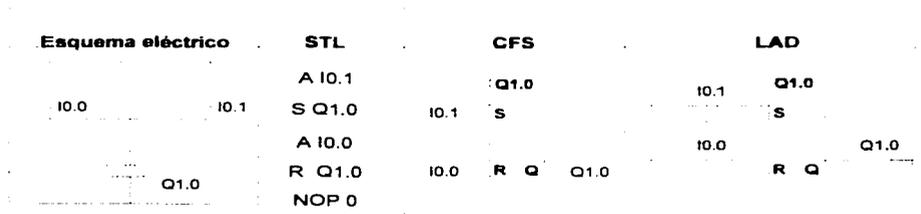


Fig. 3.24 Biestable SR.

Biestable RS con banderas (activado prioritario)

El estado de señal '1' en la entrada 0.0 activa el biestable F1.7 (estado de señal '1'). Si el estado de señal en I0.0, cambia a '0', se mantiene el estado de F1.7, es decir, se memoriza la señal.

El estado de señal '1' en I0.1 provoca el borrado del biestable (estado de señal '0'). Si la señal en I0.1 cambia a '0', F1.7 mantiene su estado de señal '0'. Si *ambas entradas se ponen a '1', se activa el biestable (activado-Set-prioritario)*. Se consulta el estado de señal de la bandera (marca), y se transfiere a la salida Q 1.0. Esta operación se muestra en la figura 3.25.

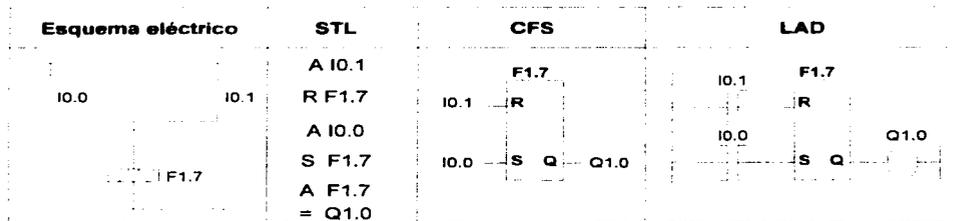


Fig. 3.25 Biestable RS con banderas.

3.11.3 Operación de conteo

Es posible contar hacia delante (incrementar) y hacia atrás (decrementar). El margen esta comprendido entre 0 y 999.

Las entradas y salidas del contador se describen a continuación:

- CU** Count Up (cuenta ascendente). Cuando el Resultado Lógico de la Operación (RLO) cambia de '0' a '1' el contador es incrementado en 1.
- CD** Count Down (cuenta descendente). Cuando el RLO cambia de '0' a '1' el contador es decrementado en 1.

- S** Cuando el RLO cambia de '0' a '1' en la entrada **Set** el contador toma el valor fijado por **CV**.
- CV** **Counter Value** (valor del contador). Este contiene el set point del contador.
- R** **Reset counter**. Cuando el RLO de esta entrada es '1', el contador es puesto a '0' en su valor presente.
- BI** **Binary count**. La salida actual es mostrada en código binario.
- DE** **BCD count**. La cuenta actual es mostrada en código BCD (Décimal Codificado en Binario).
- Q** Estado del contador en binario. Muestra el estado binario ('0' o '1') del contador. El estado binario es '0' si la cuenta es 0 y '1' si la cuenta es ≥ 1 (1 a 999).

El S5-100U cuenta con 15 contadores (C0 a C14). La forma de cargar un valor de contador es con la instrucción **KC** (constante de contador). En la figura 3.26 se muestra el diagrama de un contador con sus entradas y salidas.

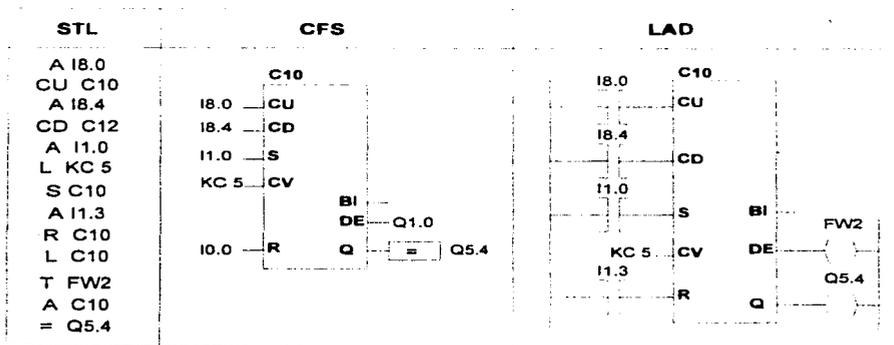


Fig.3.25 Representación del contador.

3.11.4 Operaciones de tiempo

Este tipo de operaciones permite realizar y vigilar secuencias cronológicas. El valor de tiempo se carga con la instrucción **KT** (Valor constante de tiempo). En el siguiente ejemplo se muestra el formato para cargar una temporización de 40 segundos.

L KT 40.2

L	Operación de carga
KT	Operando de tiempo
40	Temporización (0...999)
.2	Base de tiempos (0...3)

Base de tiempos:

Base	0	1	2	3
Factor	0.01 s	0.1 s	1 s	10 s

KT 40.2 corresponde, de acuerdo a la tabla de base de tiempos, multiplicar :
 $40 \times 1 \text{ s} = 40 \text{ Segundos}$. Este resultado es consecuencia de sustituir la base 2 por su factor equivalente en tiempo que es 1 segundo.

Funciones disponibles para el temporizador

La programación de temporización en STEP 5 es similar a la de los contadores. La elección de una función depende de la tarea a realizar. Los PLC's Simatic S5 ofrecen **cinco** diferentes funciones, que a continuación se describen.

1.-Pulse (SP). La salida de un temporizador seleccionado como pulso, con un flanco positivo a la entrada de arranque, mantiene su estado en '1' cuando el timer ha sido arrancado (1). La salida es apagada por las siguientes situaciones: el

tiempo ha concluido (2), ó la señal de arranque es puesta a '0' (3) ó la entrada reset del timer tiene un estado de '1' (4). La representación del temporizador SP y sus gráficas se muestran en la figura 3.27.

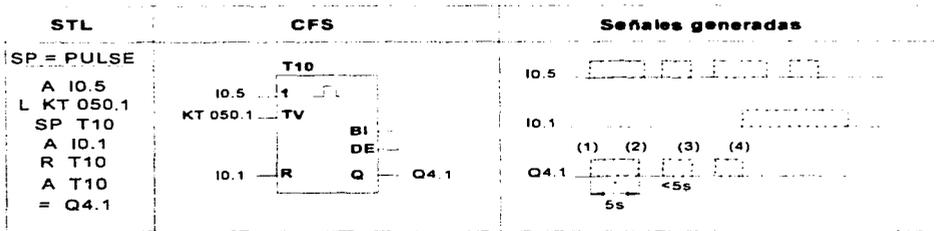


Fig. 3.27 Temporizador tipo Pulse.

2.- Extended Pulse (SE). La salida de este timer es '1' cuando ha sido arrancado (con un flanco positivo en la entrada de arranque). La salida es apagada cuando: el tiempo ha concluido (2) ó la entrada reset del temporizador es activada (3). Desactivar la entrada de arranque mientras el temporizador esta corriendo no provoca que la salida se apague (desenclave) (4). El temporizador continua corriendo. Si la señal en la entrada de arranque cambia de '0' a '1' otra vez mientras el temporizador esta corriendo, el temporizador se resetea (5), ver gráfica de la figura 3.28.

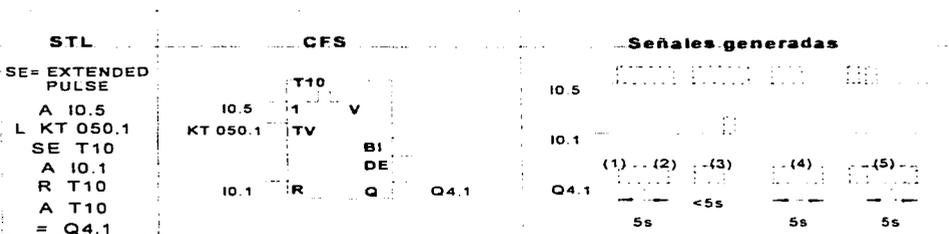


Fig. 3.28 Temporizadores tipo Extended Pulse.

3.- ON Delay (SD). La salida de este timer, con flanco positivo a la entrada de activación, solamente toma el estado de '1' después que el temporizador ha sido arrancado cuando: el tiempo programado ha sido concluido y la entrada de activación todavía se conserva en '1' (1).

La salida se apaga cuando: la entrada de arranque es desactivada (2) ó la entrada reset tiene su estado en '1' (3).

La desactivación de la entrada de arranque sólo detiene el conteo cuando la señal de entrada cambia otra vez de '0' a '1', el temporizador comienza otra vez. La salida no se activa hasta que el temporizador termina (4). Tan pronto como la entrada reset esta en estado '1', el valor del temporizador es puesto a '0' (4). El temporizador se mantiene aun cuando la entrada reset no se mantenga por mucho tiempo (sólo se activa por un flanco positivo en la entrada de arranque), el símbolo y las gráficas de este temporizador se muestran en la figura 3.29.

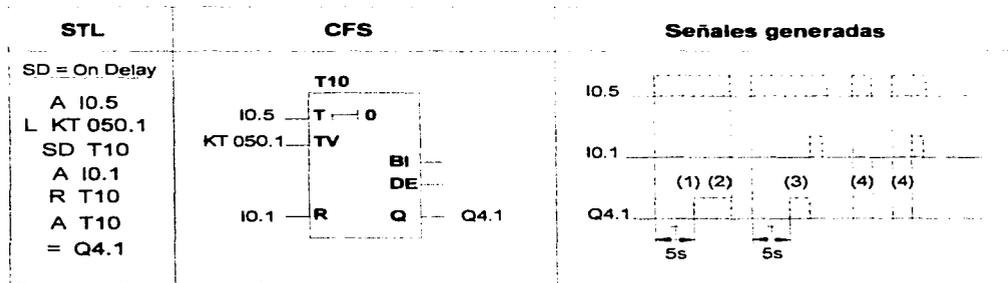


Fig. 3.29 Temporizador tipo On Delay.

4.- Stored On Delay. La salida de este temporizador no toma el estado de '1' después de ser arrancado sino que hasta el tiempo programado ha concluido (1). Sólo se necesita un pequeño pulso para arrancar el timer. La instrucción de arranque es almacenada o enclavada (2).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La salida sólo se apaga con la entrada reset (3). Si la instrucción de arranque se activa mientras el temporizador esta corriendo, el tiempo programado comienza nuevamente (4), ver figura 3.30.

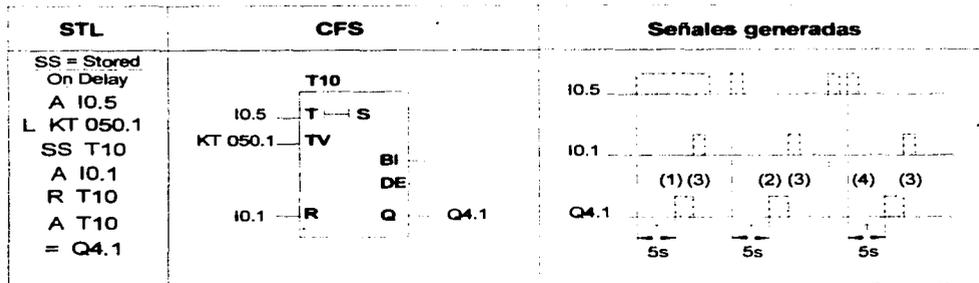


Fig. 3.30 Temporizador tipo Stored On Delay.

5.- Off Delay (SF). Cuando la entrada de arranque es '1' la salida de este temporizador inmediatamente toma el estado de '1' (1). El temporizador se activa cuando la entrada de arranque es desactivada, un cambio de señal de '1' a '0', es decir, un **fianco negativo**. La salida se mantiene en '1' hasta que el tiempo programado a terminado (2). El desactivar la entrada de arranque provoca que la salida se desactive después del tiempo especificado.

La salida del temporizador también es desactivada cuando la entrada del reset tiene un estado de '1' (3). Si se da otra instrucción para activar el el temporizador mientras esta corriendo, se detiene el temporizador e inicia otra vez (4). Si ambas entradas de arranque y reset se activan, la salida del temporizador no arranca hasta que la entrada reset, que es la que tiene prioridad, se desactive (5). Este temporizador se muestra en la figura 3.31.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

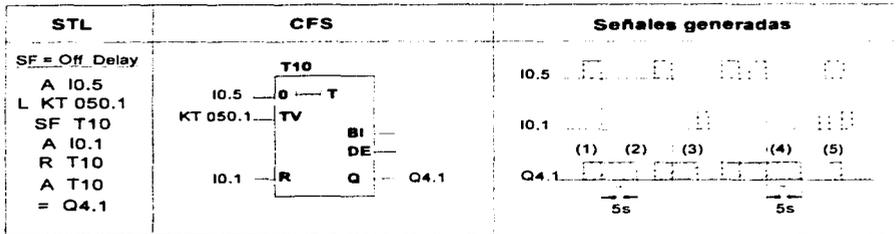


Fig. 3.31 Temporizador tipo Off Delay.

3.12 Ejemplos de programas

Ejemplo 1. Se tiene un tanque de combustible cuya lógica es la siguiente:

Con un botón de arranque (I 8.0) se activa la bomba 1 (Q12.0) y permanecerá encendida aunque el botón de arranque regrese a su posición original; cuando en el tanque se detecte nivel alto (I9.1) la bomba se apagará y cuando se detecte nivel bajo (I9.2) la bomba se activará nuevamente. El sistema debe contar con un botón de paro de emergencia (I8.1) para desactivar la bomba. La bomba tiene la condición de no encender hasta que la válvula 1 (I9.0) este abierta. La figura 3.32 muestra el diagrama a bloques del enunciado.

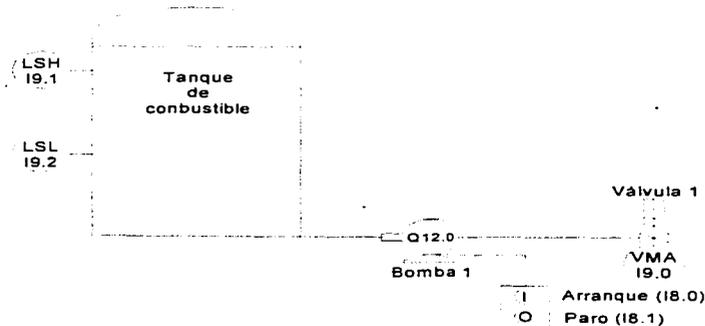


Fig. 3.32 Diagrama a bloques.

A continuación en la figura 3.33 se muestra como queda el programa utilizando el formato de diagrama de escalera.

Segmento 1

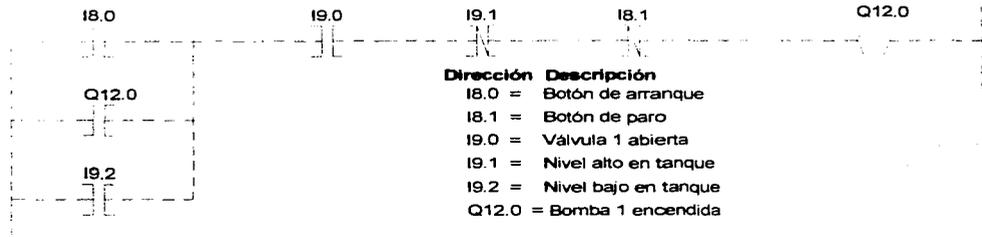


Fig. 3.33 Diagrama de escalera.

Ejemplo 2. Accionamiento de una banda transportadora.

Cuando el motor de la banda transportadora se activa presionando el botón 19.1, arranque hacia la derecha ó 19.2 arranque hacia la izquierda; deberá permanecer funcionando según el tiempo establecido en el temporizador T10 y T11 = 10 seg. Los temporizadores sólo deben arrancar si la banda no se esta moviendo en sentido contrario al de la dirección que se desea activar. En la figura 3.34 se muestran las gráficas de la respuesta en el tiempo de las entradas y salidas.

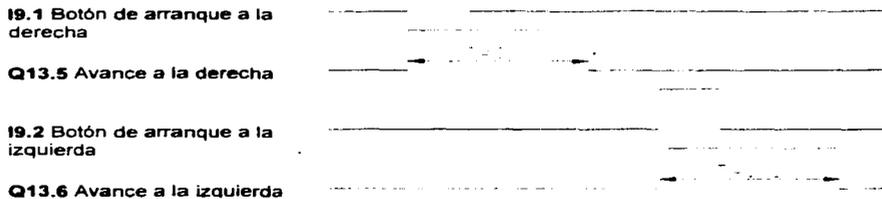


Fig. 3.34 Gráficas de respuestas en el tiempo.

CAPITULO 4. AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO

4.1 Arquitectura del sistema

Para realizar la automatización del sistema para recepción – transferencia de la fructosa utilizaremos el PLC Simatic S5-100U, el cual se describió en el capítulo anterior, además de los dispositivos auxiliares de control como son: arrancadores de motor, relevadores, electroválvulas, transformadores de control, interruptores, botones para arranque y paro, selectores, lámparas de indicación, bornes de conexión, etc.

En los diagramas de las figuras 4.1 a 4.6 se muestran la arquitectura del sistema conforme a las secuencias en que se realizará el proceso del sistema y en la figura 4.7 se muestra la arquitectura del sistema en forma general.

Estos diagramas son importantes, ya que de ellos nos auxiliaremos para generar la información necesaria para realizar las secuencias de programación. En ellos se identifican todos los equipos a controlar y su ubicación dentro del sistema, estos datos servirán para definir las tarjetas del PLC de acuerdo al número de señales de entradas y salidas que el sistema controlará.

Una vez definidas las señales de entradas y salidas, se ordenarán en una tabla asignándoles una etiqueta, un comentario de la función que realiza y la dirección que ocupará en el PLC, con estas direcciones se realizará la programación con la ayuda del software STEP 5 y utilizando el formato de programación en su opción de diagrama de contactos o escalera. Lo anterior se lleva a cabo en el subtema 4.2

También se realizarán los diagramas eléctricos del alambrado de la distribución de energía a las fuentes de poder y los accesorios de control, así como el de los módulos de entrada y salida digitales. Lo anterior se lleva a cabo en el subtema 4.3.

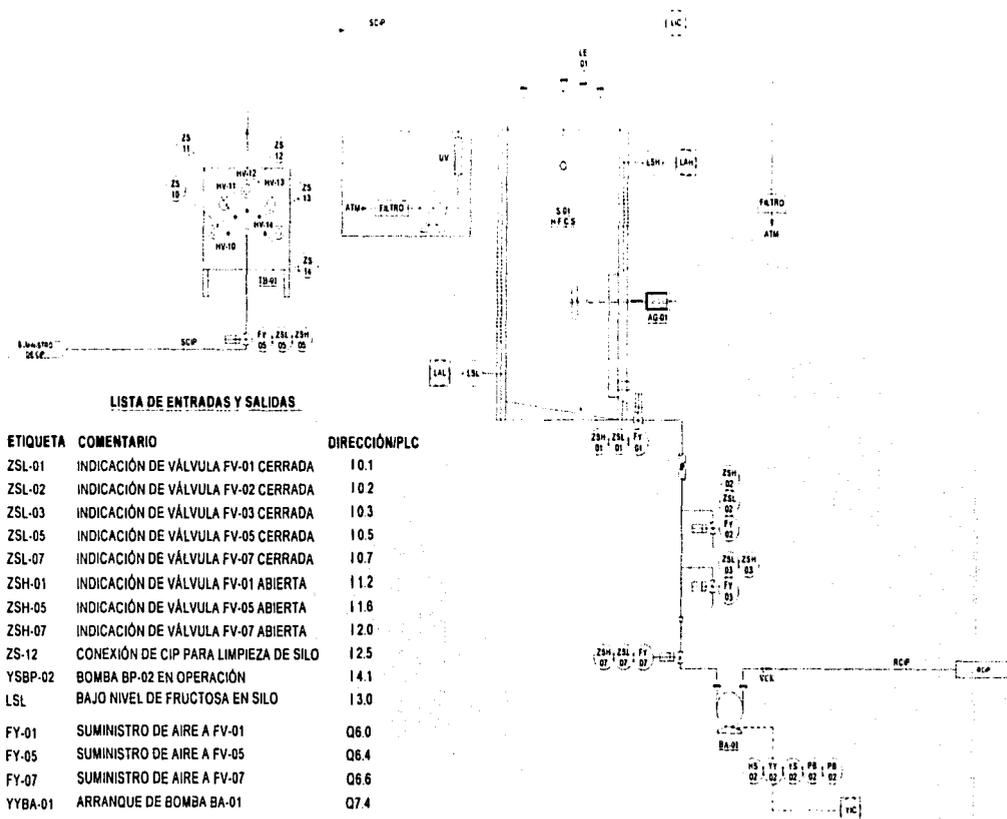


Fig. 4.3 Arquitectura del sistema para la parte de limpieza del silo.

En la figura se muestra la arquitectura del sistema para la parte de limpieza del silo, además de una lista de las entradas y salidas que se utilizarán para realizar la programación de esta secuencia.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

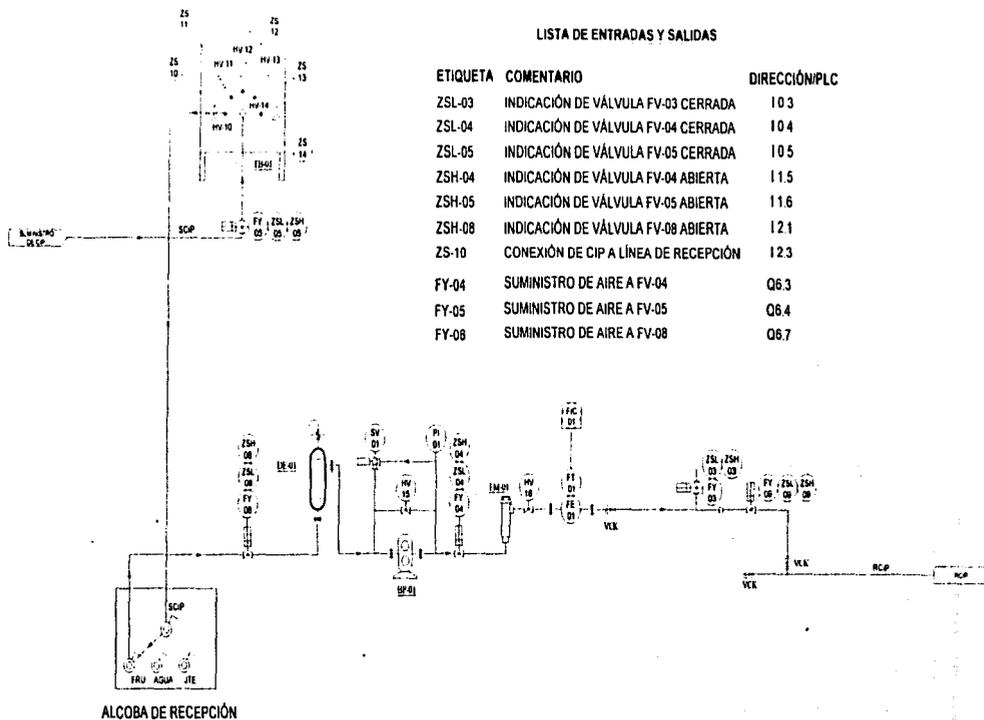

 TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 4.4 Arquitectura del sistema para la parte de limpieza de la tubería de recepción de la fructosa.

En la figura se muestra la arquitectura del sistema para la parte de limpieza de tubería de recepción de la fructosa, además de una lista de las entradas y salidas que se utilizarán para realizar la programación de esta secuencia.

LISTA DE ENTRADAS Y SALIDAS

ETIQUETA	COMENTARIO	DIRECCIÓN/PLC
ZSL-02	INDICACIÓN DE VÁLVULA FV-02 CERRADA	10.2
ZSL-05	INDICACIÓN DE VÁLVULA FV-05 CERRADA	10.5
ZSL-06	INDICACIÓN DE VÁLVULA FV-06 CERRADA	10.6
ZSH-05	INDICACIÓN DE VÁLVULA FV-05 ABIERTA	11.6
ZSH-06	INDICACIÓN DE VÁLVULA FV-06 ABIERTA	11.7
ZS-11	CONEXIÓN DE CIP A LÍNEA DE TRANSFERENCIA	12.1
FY-05	SUMINISTRO DE AIRE A FV-05	06.4
FY-06	SUMINISTRO DE AIRE A FV-06	06.5

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

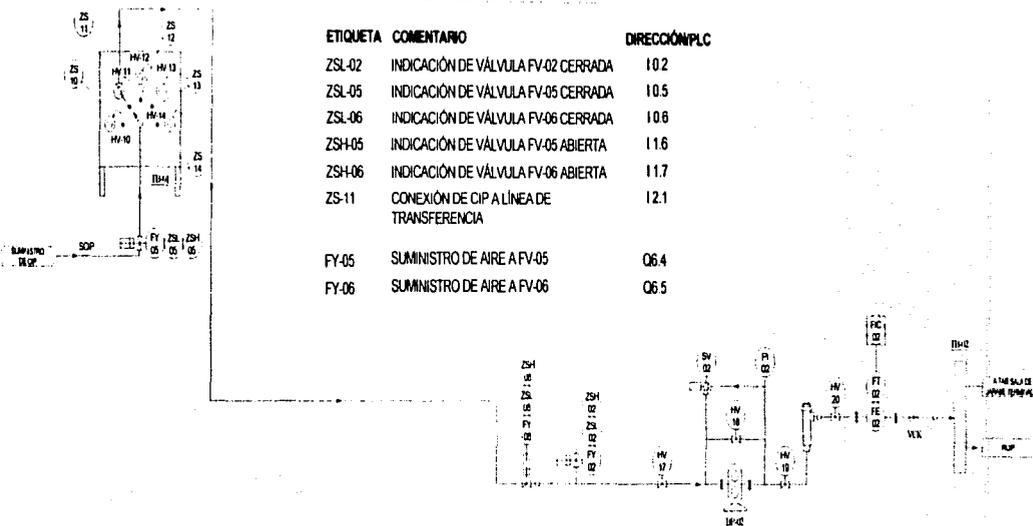
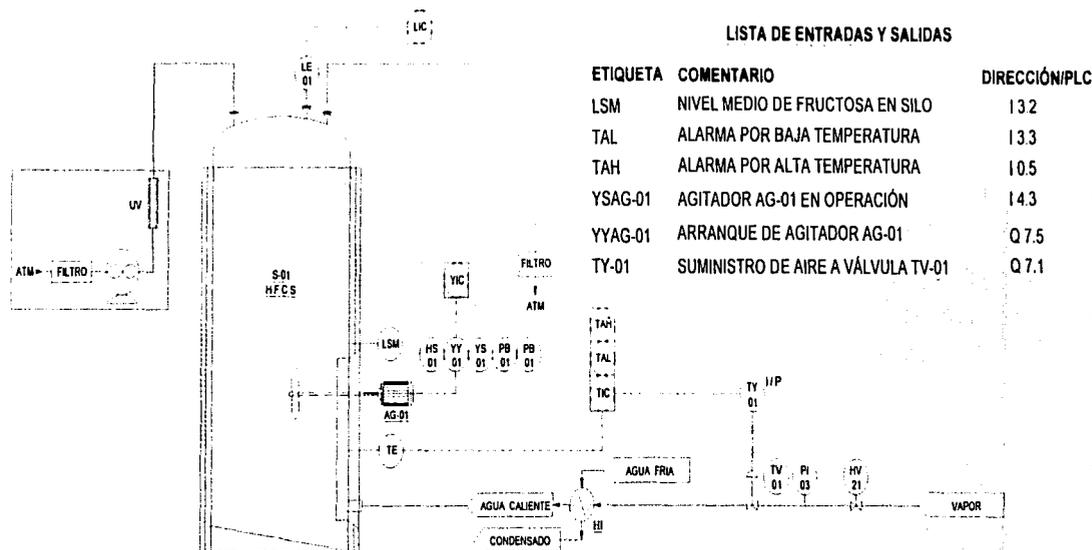


Fig. 4.5 Arquitectura del sistema para la parte de limpieza de la tubería de transferencia de la fructosa.

En la figura se muestra la arquitectura del sistema para la parte de limpieza de tubería de transferencia de la fructosa, además de una lista de las entradas y salidas que se utilizarán para realizar la programación de esta secuencia.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Fig. 4.6 Arquitectura del sistema para la parte de conservación de la fructosa.

En la figura se muestra la arquitectura del sistema para la parte de conservación de la fructosa, además de una lista de las entradas y salidas que se utilizarán para realizar la programación de esta secuencia.

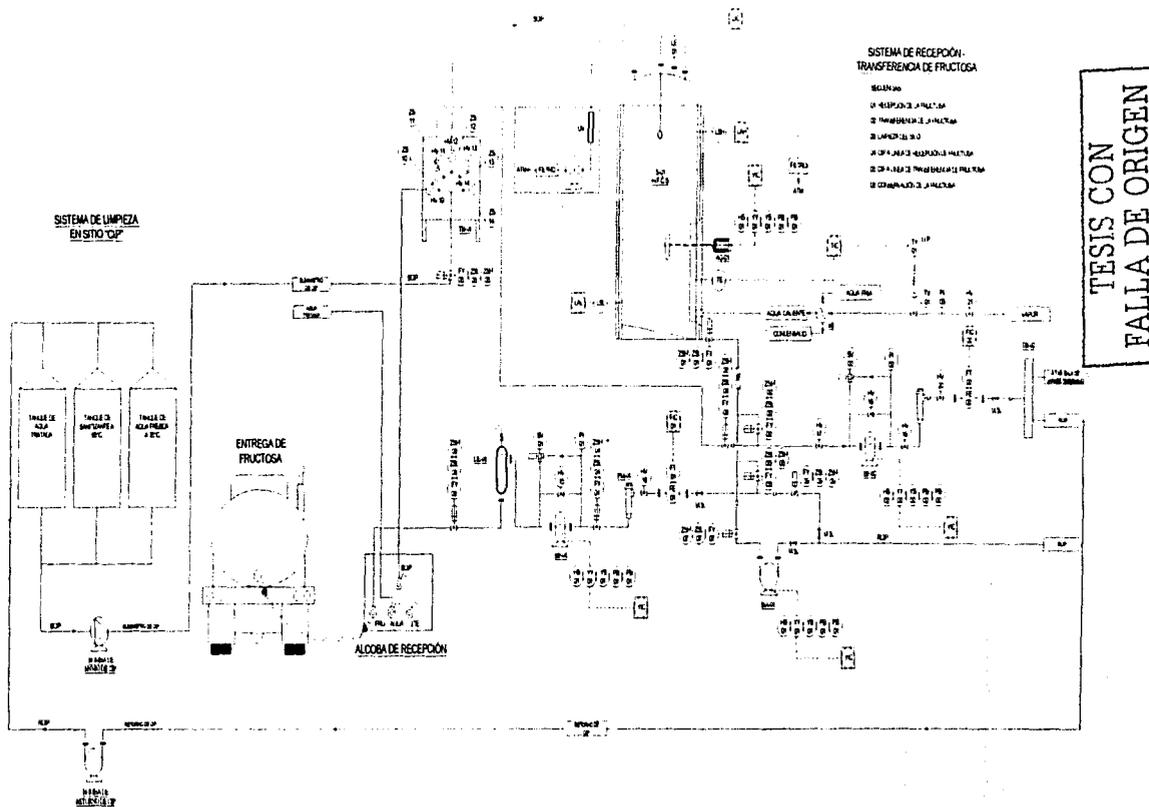


Fig. 4.7 Arquitectura general del sistema.

En la figura se muestra la arquitectura del sistema en forma general, en este se observan todos los equipos que interactúan para realizar cada una de las secuencias mostradas anteriormente.

4.2 Lista de entradas y salidas

A continuación en la tabla 4.1 se muestra de manera ordenada todas las señales de entrada y salidas que utilizará el PLC, considerando las 6 secuencias que realizará el sistema. En la primera columna de la tabla se identifica la etiqueta o símbolo del equipo, en la segunda se describe brevemente la función o servicio que realiza, en la tercera columna se observa la dirección asignada en el PLC para realizar la programación, y finalmente, en la cuarta columna se define el número de tarjeta. Cabe recordar que las tarjetas de entrada ó salida del PLC S5-100U constan de 8 canales para controlar hasta 8 entradas o salidas y que los símbolos de los equipos y sus etiquetas se describieron en el subtema 2.3 del capítulo 2.

ETIQUETA	SERVICIO	DIRECCIÓN/ PLC	No. DE TARJETA
PS-01	Presostato, detecta la presión de aire en el sistema.	I 0.0	0
ZSL-01	Indicación de válvula FV-01 cerrada.	I 0.1	
ZSL-02	Indicación de válvula FV-02 cerrada.	I 0.2	
ZSL-03	Indicación de válvula FV-03 cerrada.	I 0.3	
ZSL-04	Indicación de válvula FV-04 cerrada.	I 0.4	
ZSL-05	Indicación de válvula FV-05 cerrada.	I 0.5	
ZSL-06	Indicación de válvula FV-06 cerrada.	I 0.6	
ZSL-07	Indicación de válvula FV-07 cerrada.	I 0.7	
ZSL-08	Indicación de válvula FV-08 cerrada.	I 1.0	1
ZSL-09	Indicación de válvula FV-09 cerrada.	I 1.1	
ZSH-01	Indicación de válvula FV-01 abierta.	I 1.2	
ZSH-02	Indicación de válvula FV-02 abierta.	I 1.3	
ZSH-03	Indicación de válvula FV-03 abierta.	I 1.4	
ZSH-04	Indicación de válvula FV-04 abierta.	I 1.5	
ZSH-05	Indicación de válvula FV-05 abierta.	I 1.6	
ZSH-06	Indicación de válvula FV-06 abierta.	I 1.7	

Continúa

128

ETIQUETA	SERVICIO	DIRECCION/ PLC	No. DE TARJETA
ZSH-07	Indicación de válvula FV-07 abierta.	I 2.0	2
ZSH-08	Indicación de válvula FV-08 abierta.	I 2.1	
ZSH-09	Indicación de válvula FV-09 abierta.	I 2.2	
ZS-10	Indicación de conexión de CIP a línea de recepción de fructosa.	I 2.3	
ZS-11	Indicación de conexión de CIP a línea de transferencia de fructosa.	I 2.4	
ZS-12	Indicación de conexión de CIP a línea de transferencia de fructosa.	I 2.5	
ZS-13	Conexión de CIP para equipo futuro.	I 2.6	
ZS-14	Conexión de CIP para equipo futuro.	I 2.7	3
LSL	Nivel bajo de fructosa en silo.	I 3.0	
LSH	Nivel alto de fructosa en silo.	I 3.1	
LSM	Nivel medio de fructosa p/ operación de AG-01.	I 3.2	
TAL	Alarma por baja temperatura de la fructosa.	I 3.3	
TAH	Alarma por alta temperatura de la fructosa.	I 3.4	
SOL_REC	Solicitud de para recepción de fructosa.	I 3.5	
SOL_TRANS	Solicitud para transferencia de fructosa.	I 3.6	
SOL-CIP_SILO	Solicitud de CIP para limpieza de silo.	I 3.7	

Continua

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

ETIQUETA	SERVICIO	DIRECCIÓN/ PLC	No. DE TARJETA
YSBP-01	Bomba BP-01 en operación.	I 4.0	4
YSBP-02	Bomba BP-02 en operación.	I 4.1	
YSBA-01	Bomba BA-01 en operación.	I 4.2	
YSAG-01	Agitador AG-01 en operación.	I 4.3	
CIP_OP	Arranque de PLC de CIP.	I 4.4	
FIC-01	Inicio de recepción de fructosa.	I 4.5	
FIC-02	Inicio de transferencia de fructosa.	I 4.6	
SOL-CIP_LI_REC	Solicitud de CIP a línea de recepción.	I 4.7	
SOL-CIP_LI_TRANS	Solicitud de CIP a línea de transferencia.	I 5.0	5
-	Reserva	I 5.1	
-	Reserva	I 5.2	
-	Reserva	I 5.3	
-	Reserva	I 5.4	
-	Reserva.	I 5.5	
-	Reserva.	I 5.6	
-	Reserva.	I 5.7	
FY-01	Suministro de aire a válvula FV-01.	Q 6.0	6
FY-02	Suministro de aire a válvula FV-02.	Q 6.1	
FY-03	Suministro de aire a válvula FV-03.	Q 6.2	
FY-04	Suministro de aire a válvula FV-04.	Q 6.3	
FY-05	Suministro de aire a válvula FV-05.	Q 6.4	
FY-06	Suministro de aire a válvula FV-06.	Q 6.5	
FY-07	Suministro de aire a válvula FV-07.	Q 6.6	
FY-08	Suministro de aire a válvula FV-08.	Q 6.7	

continua

ETIQUETA	SERVICIO	DIRECCIÓN/ PLC	No. DE TARJETA
FY-09	Suministro de aire a válvula FV-09.	Q 7.0	4
TY-01	Suministro de aire a válvula TV-01.	Q 7.1	
YYBP-01	Relevador para operación automática de BP-01.	Q 7.2	
YYBP-02	Relevador para operación automática de BP-02.	Q 7.3	
YYBA-01	Relevador para operación automática de BA-01.	Q 7.4	
YYAG-01	Relevador para operación automática de AG-01.	Q 7.5	
-	Reserva.	Q 7.6	
-	Reserva.	Q 7.7	
FY-09	Suministro de aire a válvula FV-09.	Q 7.0	
PER_P/CIP	Permisivo para realizar CIP al sistema de fructosa.	Q 8.0	
YL-01	Baliza luz verde.	Q 8.1	
YL-02	Baliza luz roja.	Q 8.2	
YL-03	Baliza luz ámbar.	Q 8.3	

Tabla 4.1 Lista de entradas y salidas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.3 Diagramas eléctricos

De acuerdo a la cuarta columna de la tabla 4.1 del subtema anterior, se observa que se utilizarán 9 módulos digitales (tarjetas) para el PLC, de los cuales 6 tarjetas son para entradas (del módulo 0 al 5) y 3 tarjetas (del módulo 6 al 8) para salidas.

Una vez realizada la selección de los componentes de control y definidas las señales de entrada y salida, así como el número de tarjetas que utilizará el PLC, se procede a realizar los diagramas eléctricos de alambrado.

En la figura 4.8 se muestra los símbolos eléctricos que se utilizarán para realizar los diagramas eléctricos, en ella se observa el símbolo del transformador, del interruptor termomagnético, de la fuente de poder, del sensor de proximidad, de la bobina de válvula solenoide, del contacto normalmente abierto, de la bobina de relevador, del botón pulsador para arranque y paro, etc.

Posteriormente, en las figuras 4.9 a 4.20 se observan los diagramas eléctricos de alambrado numerados del 01 al 12. En el diagrama 01 se muestra el alambrado de la distribución de energía a los circuitos de arranque de los motores, en el diagrama 02 se observa el alambrado de la distribución de energía a los medidores y las fuentes de poder, el diagrama 03 se refiere a la polarización de las tarjetas de entrada y salida. Finalmente, en los diagramas del 04 al 12 se ilustra el alambrado de los 9 módulos de entradas y salidas digitales, cabe mencionar que estos módulos funcionan con un voltaje de 24 VCD.

El formato de los diagramas de alambrado consiste en 20 líneas numeradas consecutivamente de dos en dos iniciando en la línea 00 y terminando en la línea 40, el segundo plano comienza en la línea 50 y termina en la línea 90, y así consecutivamente; cada línea cuenta con un comentario del lado derecho. La numeración al lado izquierdo de las líneas nos ayuda para realizar la identificación

de los cables, por ejemplo en el plano 01 se observa que los cables cambian de numeración al pasar de un dispositivo a otro incrementándose consecutivamente de uno en uno y de izquierda a derecha, en la línea 16 de la figura 4.9 se observa que el primer elemento es el fusible "16FU" el cable de la izquierda corresponde al cable de alimentación identificado con el número 08 (120VCA) y después del fusible el cable se identifica con el número 161; y así consecutivamente hasta cerrar el circuito con el cable 11 que corresponde al neutro.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

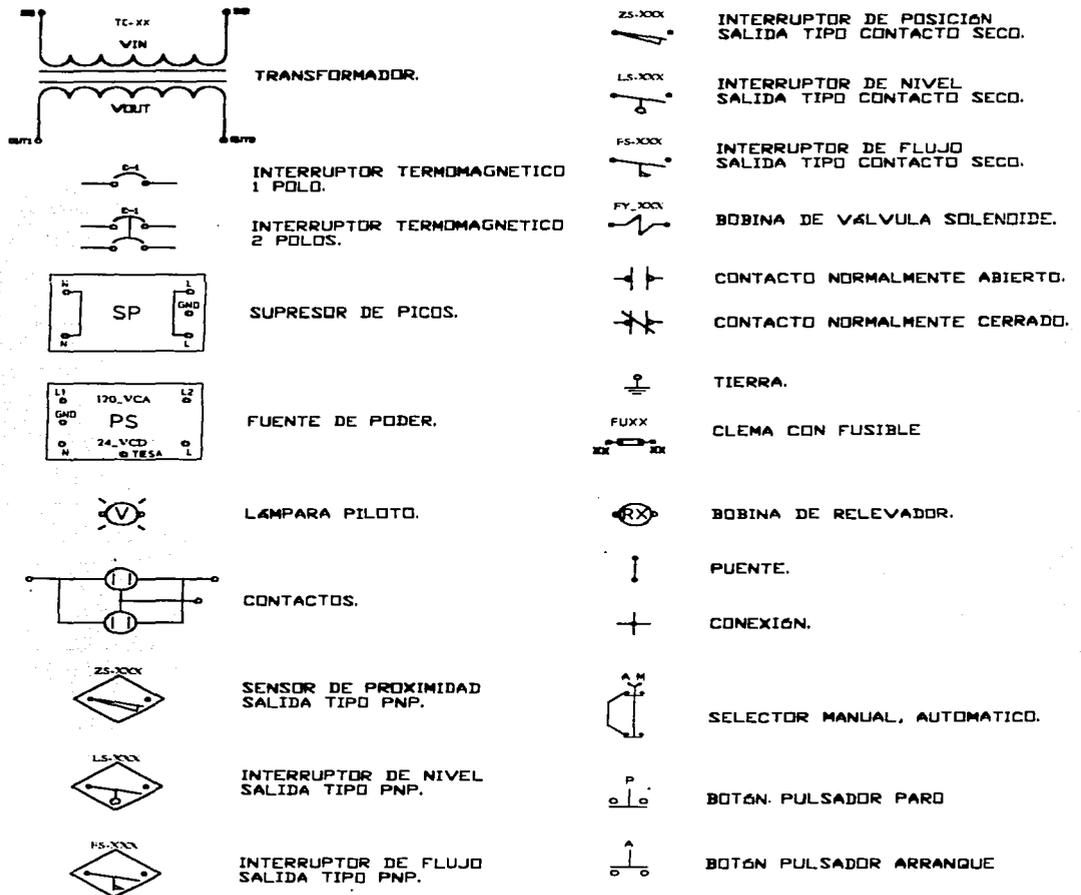


Fig. 4.8 Símbolos eléctricos.

En la figura anterior se muestran los símbolos eléctricos que se utilizarán para realizar los diagramas eléctricos.

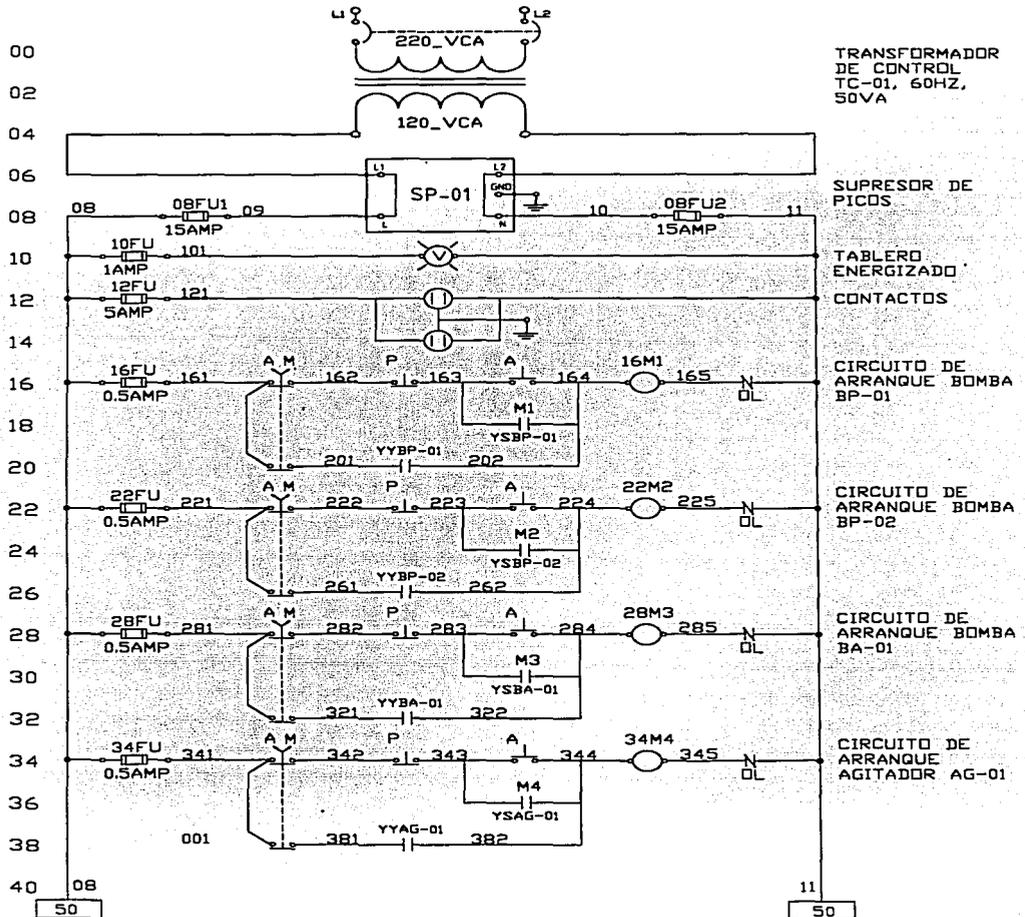


Fig. 4.9 Diagrama 01. Distribución de energía para los circuitos de arranque de los motores.

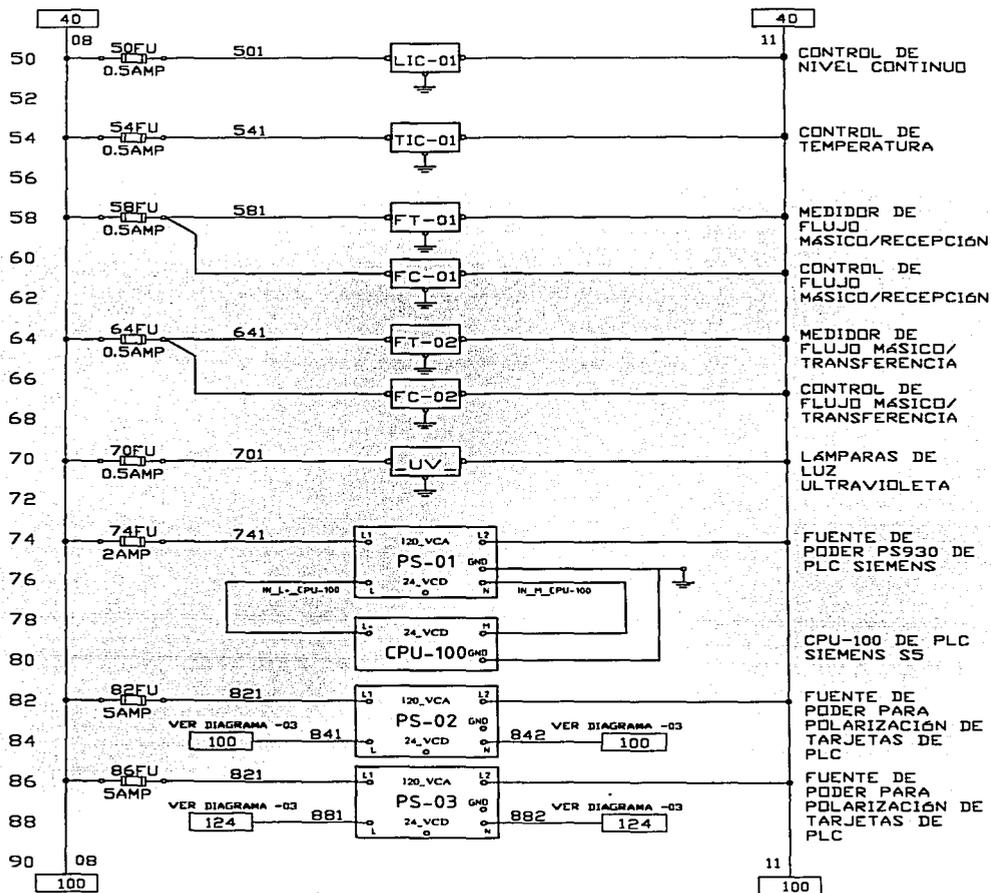


Fig. 4.10 Diagrama 02. Distribución de energía para los medidores y fuentes de poder.

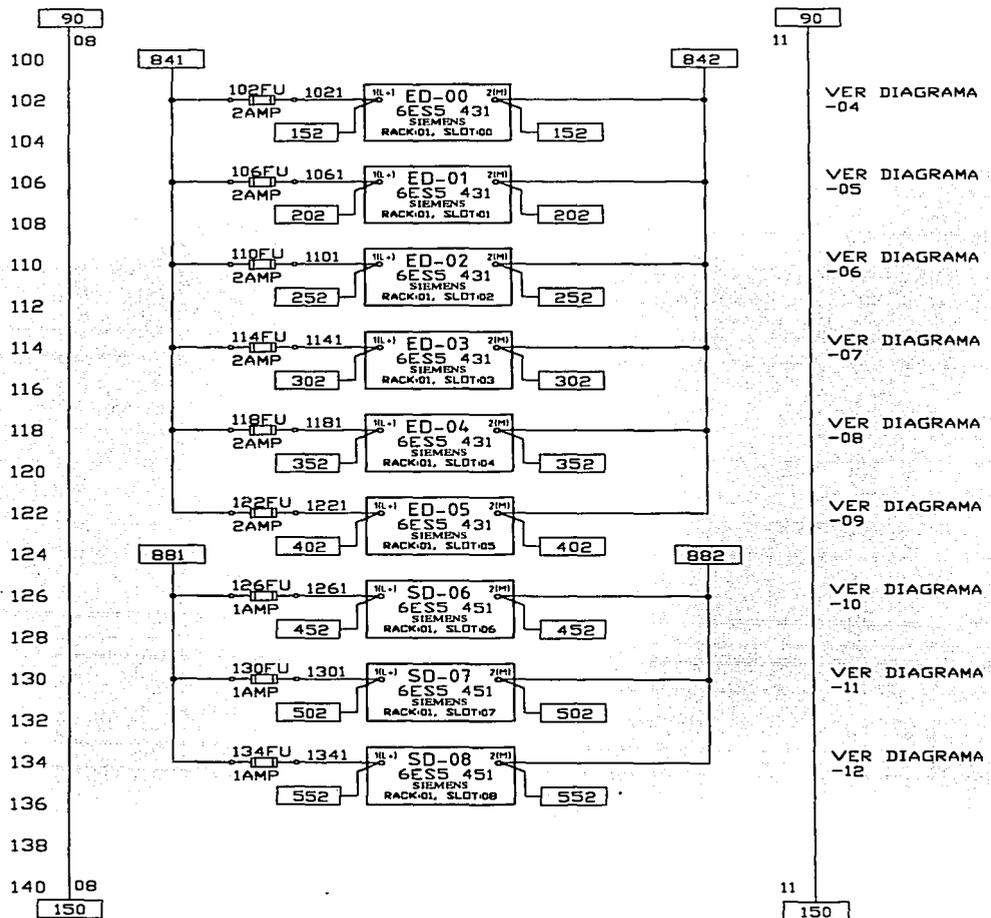


Fig. 4.11 Diagrama 03. Polarización de las tarjetas de entrada y salida digitales.

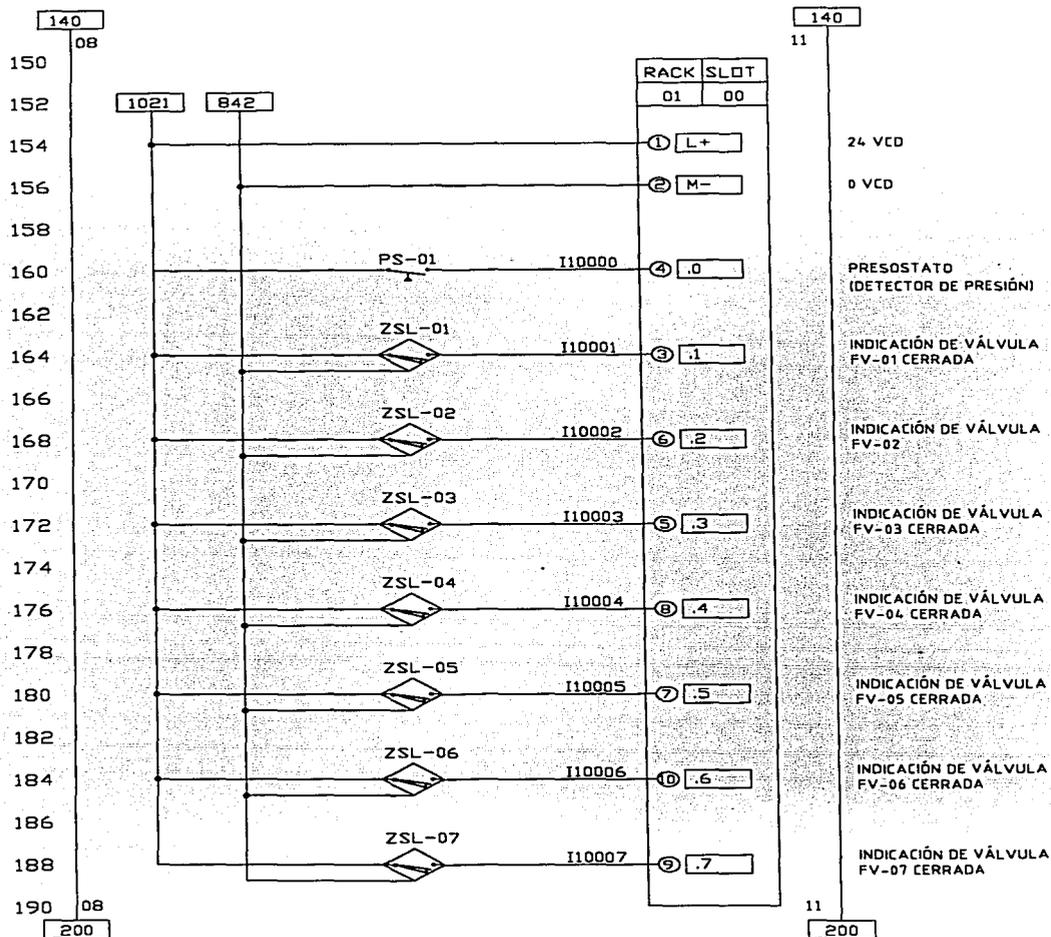


Fig. 4.12 Diagrama 04. Sensores conectados a la tarjeta de entradas digitales ED-00.

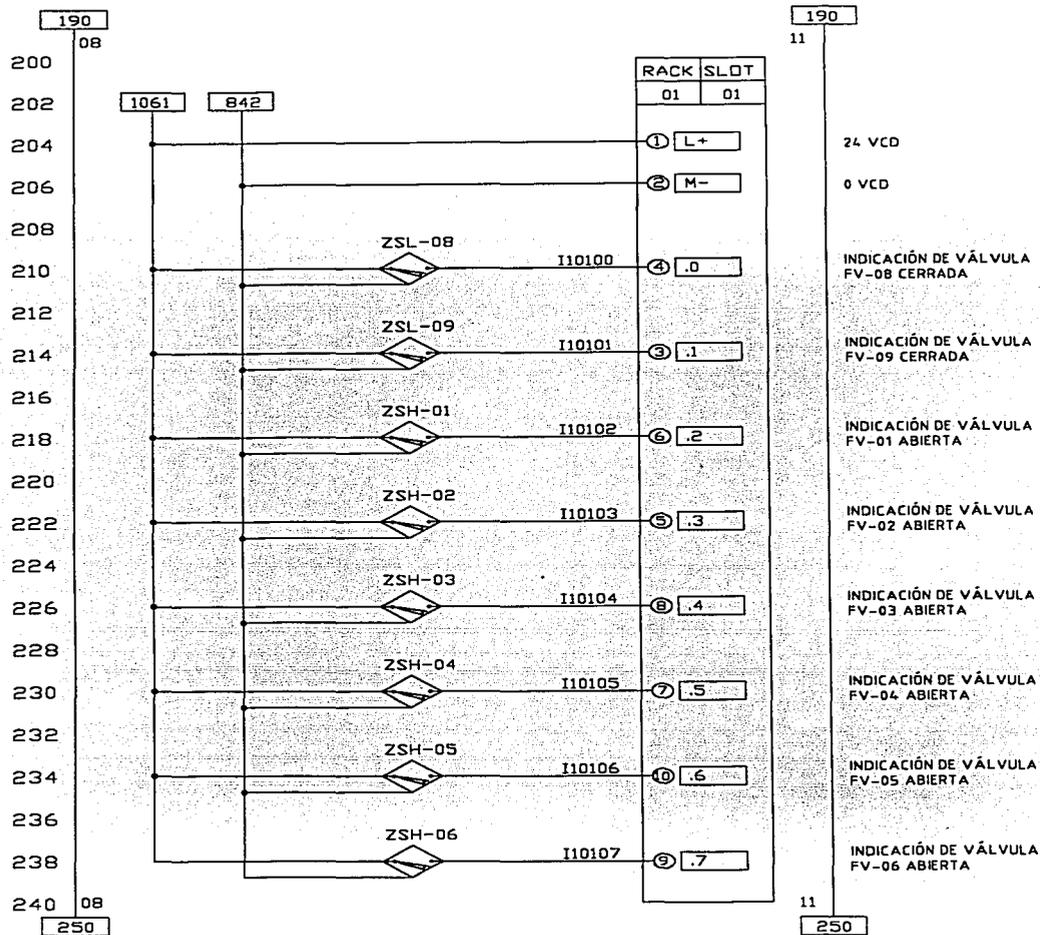


Fig. 4.13 Diagrama 05. Sensores conectados a la tarjeta de entradas digitales ED-01

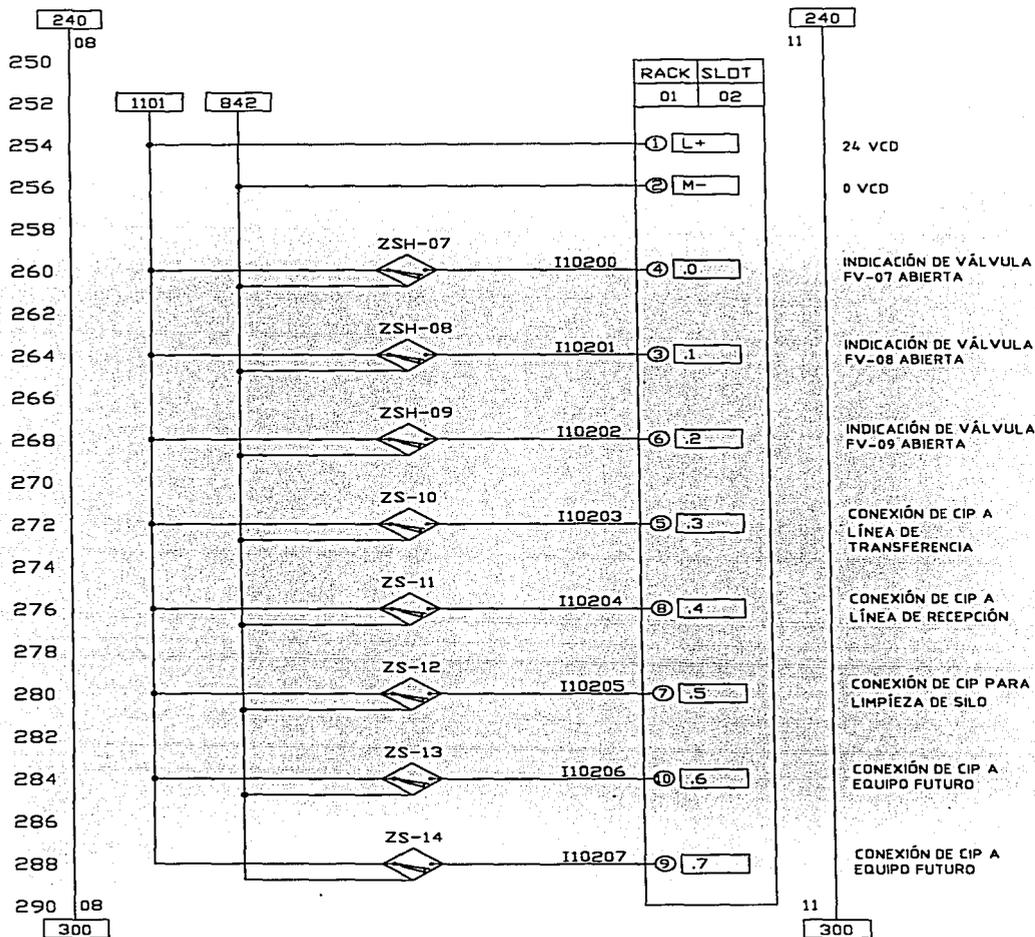


Fig. 14 Diagrama 06. Sensores conectados a la tarjeta de entradas digitales ED-02.

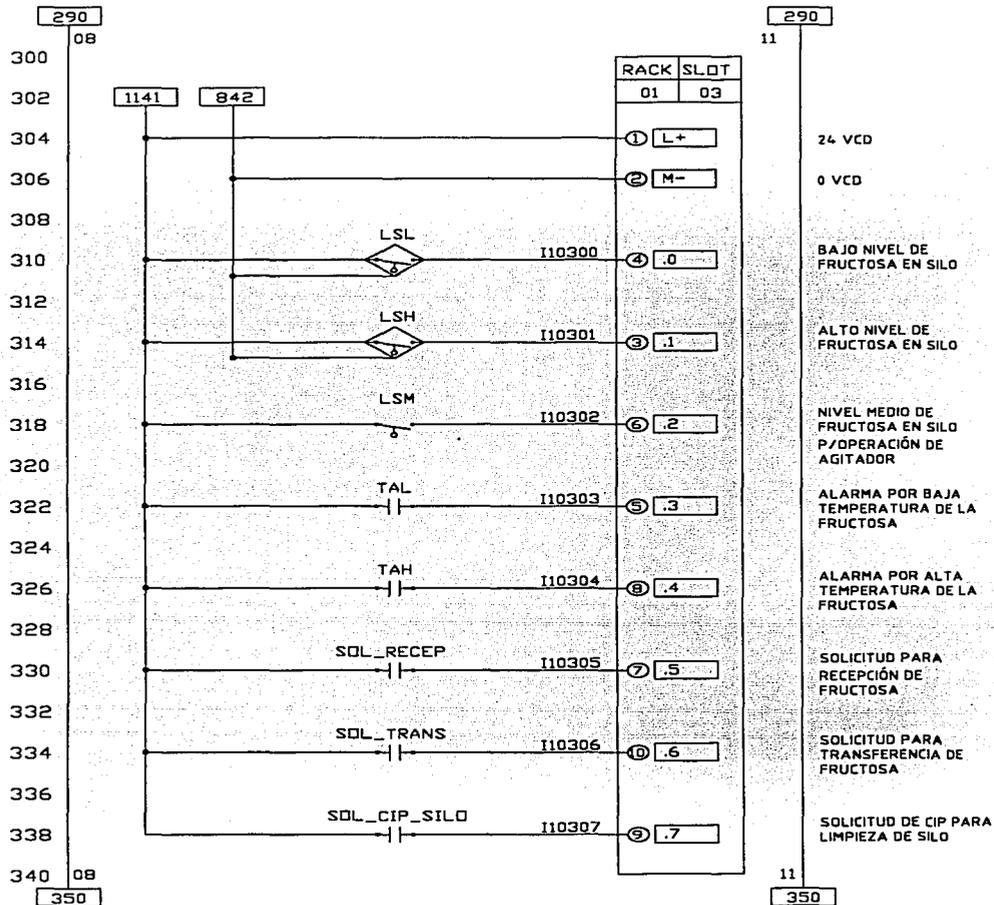


Fig. 4.15 Diagrama 07. Señales de tipo contacto normalmente abierto conectadas a la tarjeta de entradas digitales ED-03.

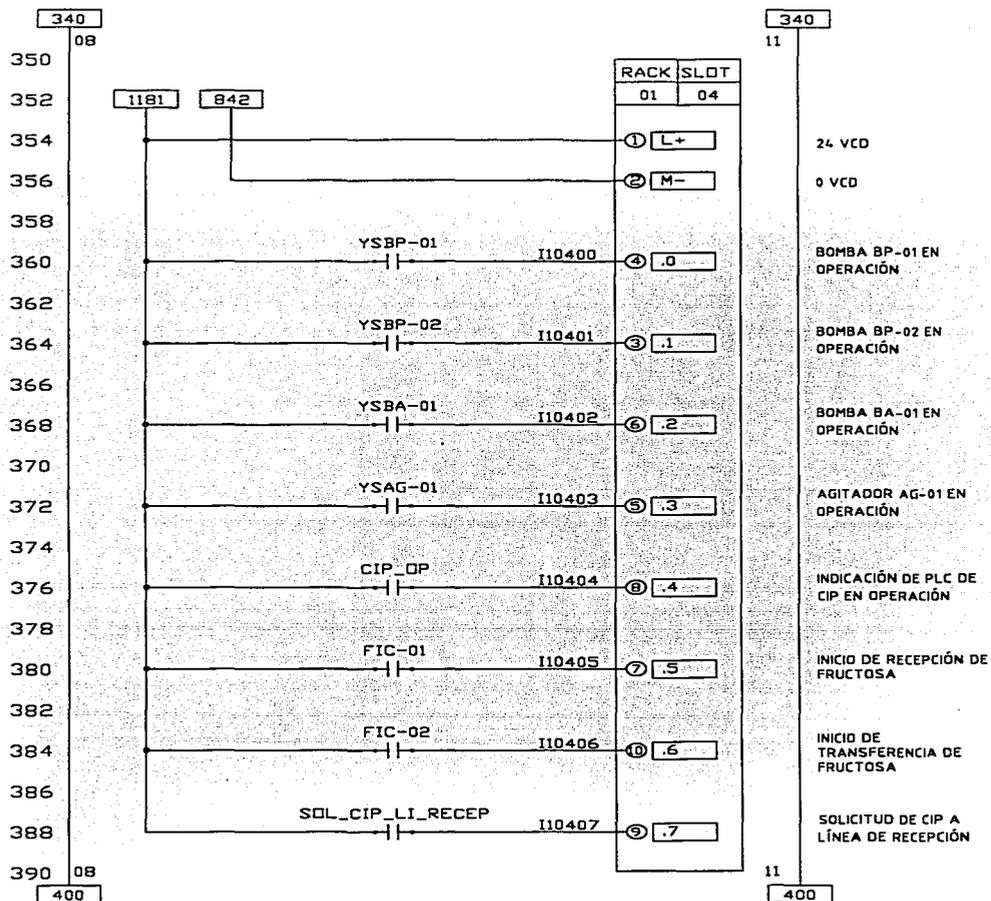


Fig. 4.16 Diagrama 08. Señales de tipo contacto normalmente abierto conectadas a la tarjeta de entradas digitales.

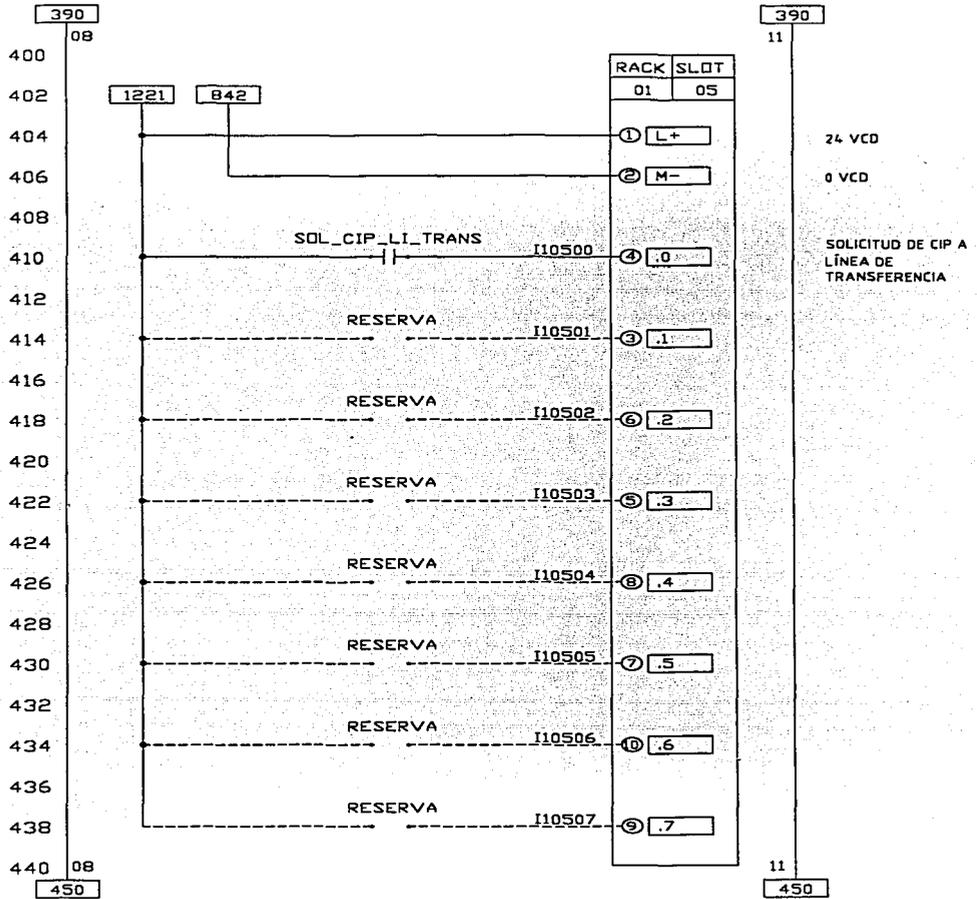


Fig. 4.17 Diagrama 09. Señal para solicitud de limpieza conectada a la tarjeta de entradas digitales ED-05.

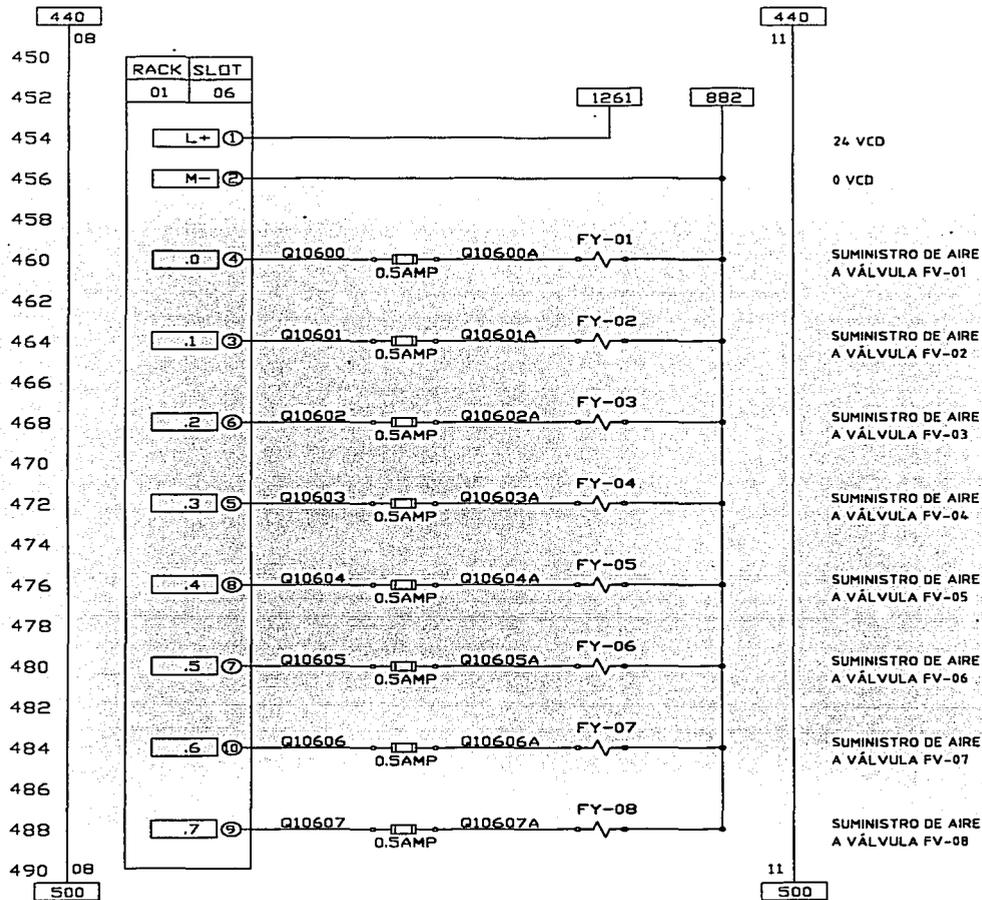


Fig. 4.18 Diagrama 10. Solenoides conectadas a la tarjeta de salidas digitales SD-06.

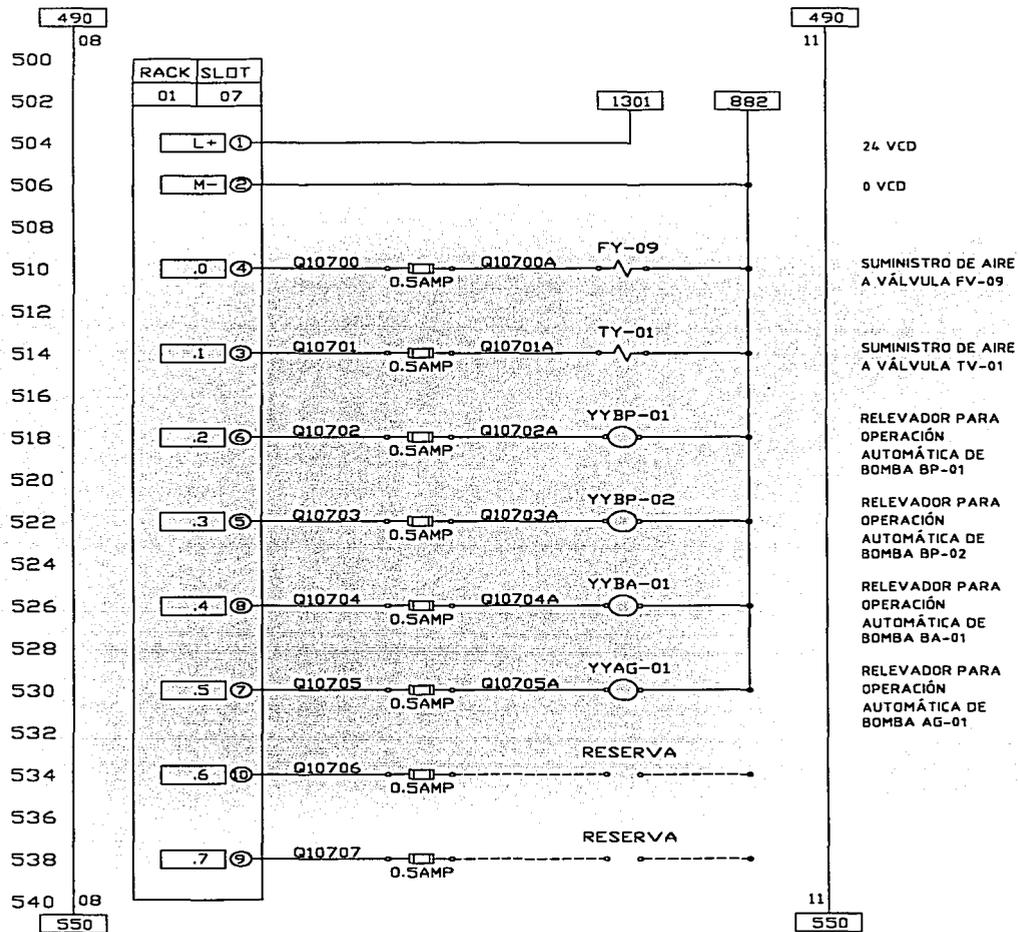


Fig. 4.19 Diagrama 11. Solenoides y relevadores conectados a la tarjeta de salidas digitales SD-07.

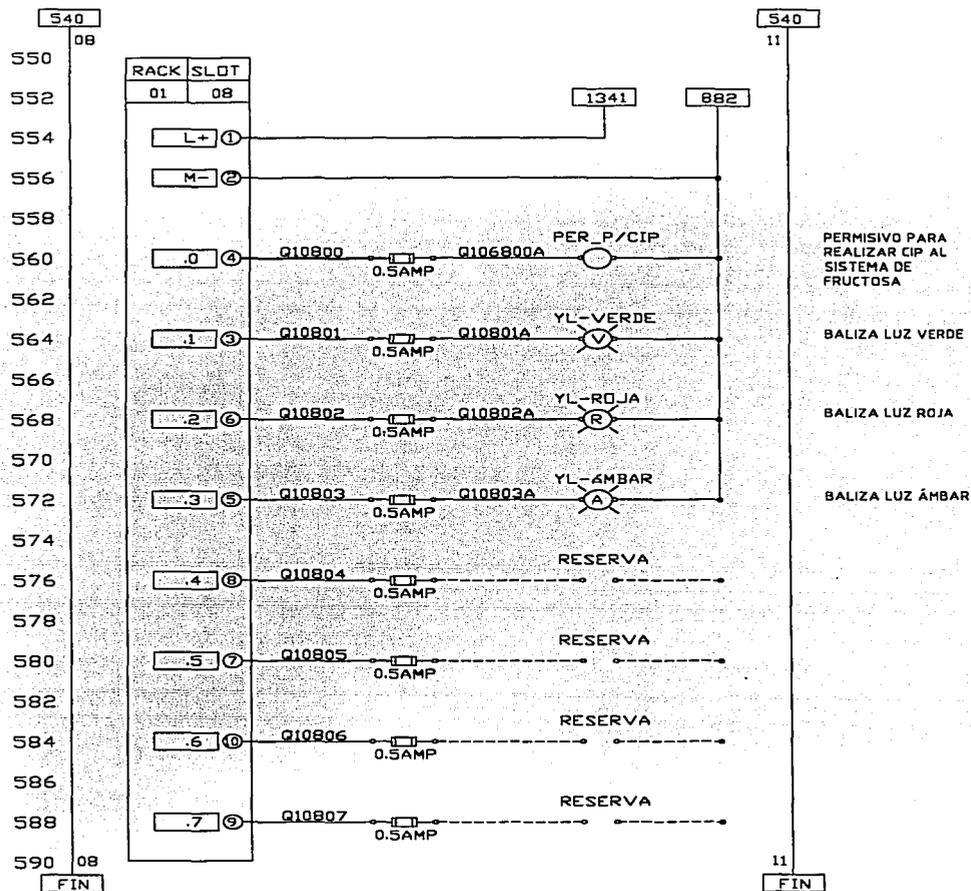


Fig. 4.20 Diagrama 12. Relevador y lámparas de indicación conectados a la tarjeta de salidas digitales SD-08.

4.4 Codificación a lenguaje de programación

Una vez definidos los equipos a controlar y elaborado el índice de entradas y salidas se procede a editar el programa utilizando el software STEP 5, el cual se describió en la sección 3.8 del capítulo anterior.

Para escribir el programa se utilizará la representación gráfica de contactos ó Diagrama de Escalera (LAD = Leadder Diagram). Como el PLC ejecutará todo el proceso, es conveniente resolver esta tarea dividiendo el programa total en módulos o bloques de programa (PB's) independientes, los cuales tendrán la programación de un proceso en específico, es decir, existirá un bloque de programa por cada uno de los seis procesos del sistema.

Para que el PLC ejecute los bloques de programa es necesario que se llamen con las instrucciones de salto condicional ó incondicional (JC = Jump Conditional, JU = Jump Unconditional) desde el módulo de organización principal (OB1), el cual es el módulo responsable de procesar a los 6 bloques del programa (PB) que constituyen a cada uno de los 6 procesos del sistema.

En la figura 4.20 se ilustra la estructura general para realizar el programa, como se puede observar primero se debe editar el OB1, ya que mediante este módulo es como se llama a los otros bloques que contienen la programación de una secuencia en específico. Los bloques de programa PB's funcionan como una subrutina del OB1 y se identifican con un número (de 1 a 6) y un comentario referente al proceso que ejecutan. Cada módulo se finaliza con la instrucción "BE" que significa fin de bloque.

Módulo de organización
principal

OB 1

Segmento 1

: Q 6.5

Segmento 2

: JC PB1

Segmento 3

: JC PB2

Segmento 4

: JC PB3

Segmento 5

: JC PB4

Segmento 6

: JC PB5

Segmento 7

: JU PB6

Segmento 8

: F 6.0

: BE

Bloques de programa

PB 1

Segmento 1 a 5. Proceso: 01_Recepción de la fructosa

: BE

PB 2

Segmento 1 a 5. Proceso: 02_Transferencia de la fructosa

: BE

PB 3

Segmento 1 a 6. Proceso: 03_Limpieza de silo

: BE

PB 4

Segmento 1 a 4. Proceso: 04_CIP a línea de recepción de fructosa

: BE

PB 5

Segmento 1 a 4. Proceso: 05_CIP a línea de transferencia de la fructosa

: BE

PB 6

Segmento 1 a 7. Proceso: 06_Conservación de la fructosa

: BE

Fig. 4.22 Estructura del programa.

<p style="text-align: center;">TESIS CON FALLA DE ORIGEN</p>
--

En la figura 4.21 a y b se muestra la programación del módulo de organización principal OB1 para cada uno de sus 8 segmentos, cabe recordar que en el capítulo 3 se describió los operandos y la forma de editar los programas.

A continuación se describen los primeros 3 segmentos de la programación del OB1.

Segmento 1. En este segmento de la programación del OB1 se determina la señal de suministro de aire al sistema. Al existir presión de aire, el contacto I0.0 del presóstato PS-01 se cierra y activa la salida Q6.5 que corresponde a la iluminación de la báliza verde.

Segmento 2. La programación del segmento 2 hace referencia a las condiciones de salto hacia la programación del bloque PB1. Al activarse la señal I3.5 de inicio de recepción proveniente del medidor de flujo másico FIC-01 y si el bit auxiliar de indicación de transferencia activa F1.0, el bit auxiliar de recepción activa F0.0 y el bit auxiliar de CIP activo no se encuentran activados, se activa la condición de salto hacia la programación del bloque PB1, el cual contiene la lógica para la operación del proceso: 01 recepción de la fructosa.

Segmento 3. El segmento 3 contiene las condiciones de salto hacia la programación del bloque PB2, el cual contiene la lógica para la operación del proceso: 02 referente a la transferencia de la fructosa.

Posteriormente, en la figura 4.22a y b, se muestran los cinco segmentos de la programación del bloque PB1 relacionado con la operación del proceso para la recepción de la fructosa. El bloque PB2 referente al proceso de transferencia de la fructosa se encuentra programado en cinco segmentos, los cuales se muestran en la figura 4.23a y b. La figura 4.24a y b muestra la programación de los seis segmentos del bloque PB3 el cual contiene la lógica para realizar la limpieza del silo. El proceso de CIP hacia la línea de recepción de la fructosa se encuentra programado en el bloque PB4, conformado por cuatro segmentos los cuales se muestran en la figura 4.25. La figura 4.26 muestra la programación del bloque PB5 y finalmente, las figuras 2.27a, b y c muestran la programación de los siete segmentos utilizados para realizar la lógica de operación del PB6 referente a la conservación de la fructosa.

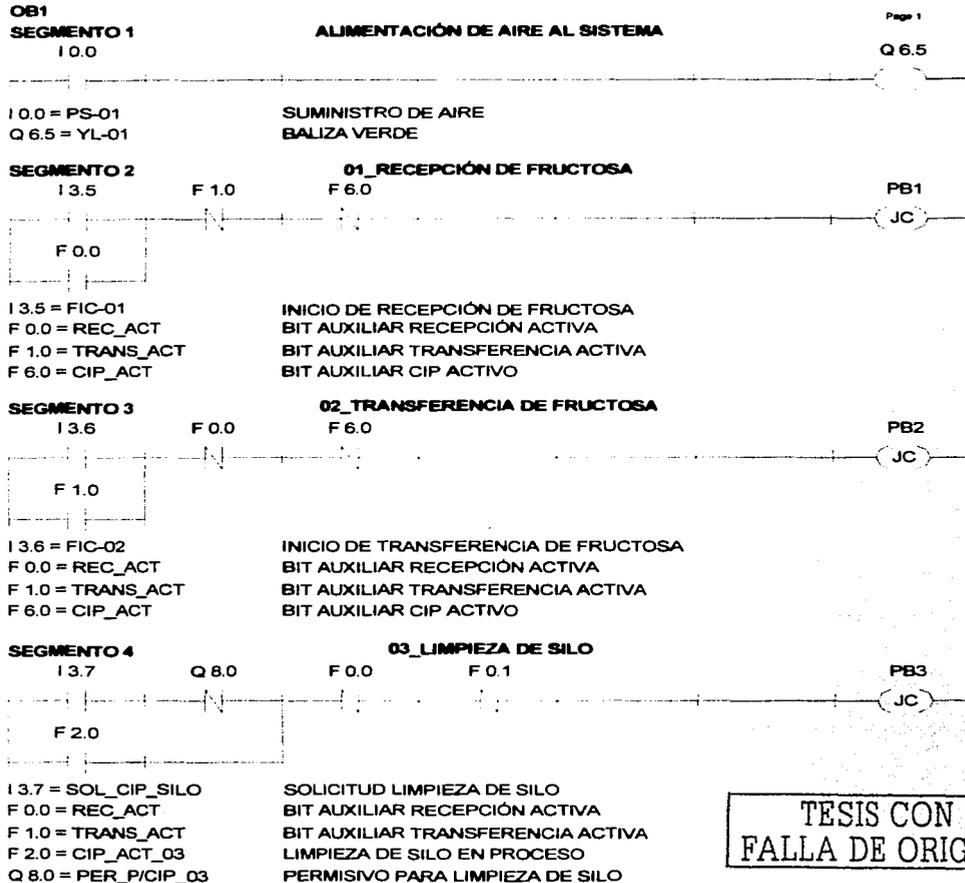


Fig. 4.21a. Programación del módulo OB1.

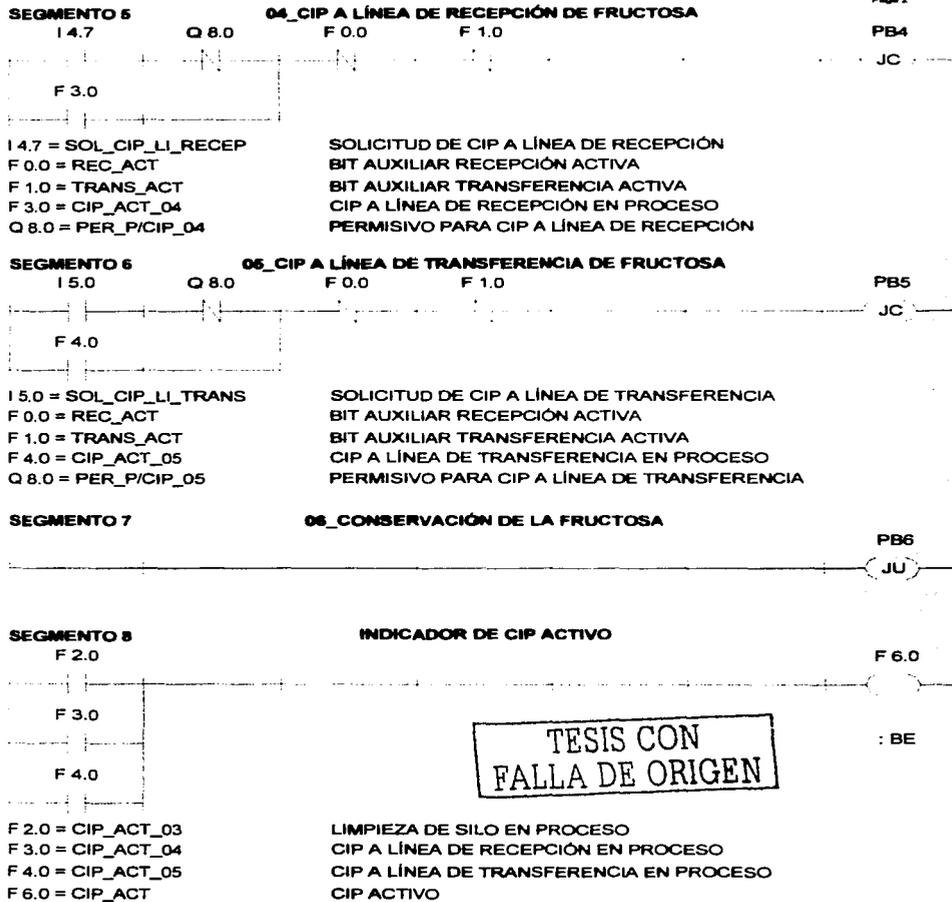


Fig. 4.21b. Programación del módulo OB1.

PB1

SEGMENTO 1



I 3.5 = FIC-01
I 4.0 = YSBP-01
F 0.0 = REC_ACT

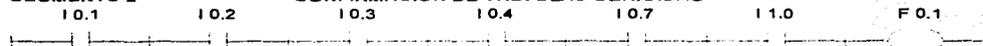
01_ RECEPCIÓN DE LA FRUCTOSA

INICIO DE RECEPCIÓN DE FRUCTOSA
BOMBA BP-01 EN OPERACIÓN
BIT AUXILIAR RECEPCIÓN ACTIVA

Page 3

I 3.5 = FIC-01
I 4.0 = YSBP-01
F 0.0 = REC_ACT

SEGMENTO 2

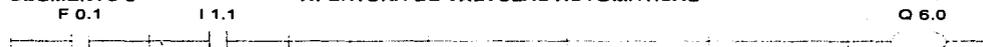


I 0.1 = ZSL-01
I 0.2 = ZSL-02
I 0.3 = ZSL-03
I 0.4 = ZSL-04
I 0.7 = ZSL-07
I 1.0 = ZSL-08
F 0.1 = VAL_CERR

CONFIRMACIÓN DE VÁLVULAS CERRADAS

FV-01 CERRADA
FV-02 CERRADA
FV-03 CERRADA
FV-04 CERRADA
FV-07 CERRADA
FV-08 CERRADA
BIT AUXILIAR VÁLVULAS CERRADAS

SEGMENTO 3



F 0.1 = VAL_CERR
I 1.1 = ZSL-09
Q 6.0 = FY-01
Q 6.2 = FY-03
Q 6.3 = FY-04
Q 6.7 = FY-08

APERTURA DE VÁLVULAS AUTOMÁTICAS

BIT AUXILIAR VÁLVULAS CERRADAS
FV-09 CERRADA
AIRE A FV-01
AIRE A FV-03
AIRE A FV-04
AIRE A FV-08

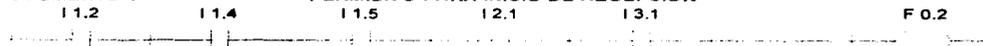
Q 6.0

Q 6.2

Q 6.3

Q 6.7

SEGMENTO 4



I 1.2 = ZSH-01
I 1.4 = ZSH-03
I 1.5 = ZSH-04
I 2.1 = ZSH-08
I 3.1 = LSH
Q 8.3 = YL-03
F 0.2 = PER_INICIO_REC

PERMISIVO PARA INICIO DE RECEPCIÓN

FV-01 ABIERTA
FV-03 ABIERTA
FV-04 ABIERTA
FV-08 ABIERTA
ALTO NIVEL EN SILO
BALIZA ÁMBAR
BIT AUXILIAR DE PERMISIVO PARA INICIO DE RECEPCIÓN

F 0.2

Q 8.3

Fig. 4.22a. Programación del bloque PB1.

SEGMENTO 5

ARRANQUE DE BOMBA BP-01

F 0.2

I 3.5

Q 7.2

F 0.2 = PER_INICIO_REC

BIT AUXILIAR PERMISIVO PARA INICIO DE RECEPCIÓN

: BE

I 3.5 = FIC-01

INICIO DE RECEPCIÓN DE FRUCTOSA

Q 7.2 = YYBP-01

ARRANQUE DE BOMBA BP-01

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 4.22b. Programación del bloque PB1.

PB2

SEGMENTO 1

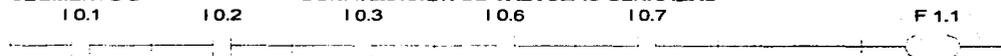


Page 4

I 3.6 = FIC-02
 I 4.1 = YSBP-02
 F 1.0 = TRANS_ACT

INICIO DE TRANSFERENCIA DE FRUCTOSA
 BOMBA BP-02 EN OPERACIÓN
 BIT AUXILIAR TRANSFERENCIA ACTIVA

SEGMENTO 2



I 0.1 = ZSL-01
 I 0.2 = ZSL-02
 I 0.3 = ZSL-03
 I 0.6 = ZSL-06
 I 0.7 = ZSL-07
 F 1.1 = VAL_CERR

CONFIRMACIÓN DE VÁLVULAS CERRADAS

FV-01 CERRADA
 FV-02 CERRADA
 FV-03 CERRADA
 FV-06 CERRADA
 FV-07 CERRADA
 BIT AUXILIAR VÁLVULAS CERRADAS

SEGMENTO 3



F 1.1 = VAL_CERR
 Q 6.0 = FY-01
 Q 6.1 = FY-02

APERTURA DE VÁLVULAS AUTOMÁTICAS

BIT AUXILIAR VÁLVULAS CERRADAS
 AIRE A FV-01
 AIRE A FV-02

SEGMENTO 4



I 1.2 = ZSH-01
 I 1.3 = ZSH-02
 I 3.0 = LSL
 Q 8.3 = YL-03
 F 1.2 = PER_INICIO_TRANS

PERMISIVO PARA REALIZAR TRANSFERENCIA

FV-01 ABIERTA
 FV-02 ABIERTA
 BAJO NIVEL EN SILO
 BALIZA AMBAR
 BIT AUXILIAR PERMISIVO PARA INICIO DE TRANSFERENCIA

Fig. 4.23a. Programación del bloque PB2.

PB3

SEGMENTO 1

03_LIMPIEZA DE SILO

Page 5

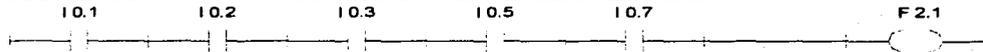


I 3.7 = SOL_CIP_SILO
 I 4.2 = YSBA-01
 F 2.0 = CIP_ACT_03

SOLICITUD PARA LIMPIEZA DE SILO
 BOMBA BA-01 EN OPERACIÓN
 BIT AUXILIAR LIMPIEZA DE SILO EN PROCESO

SEGMENTO 2

CONFIRMACIÓN DE VÁLVULAS CERRADAS

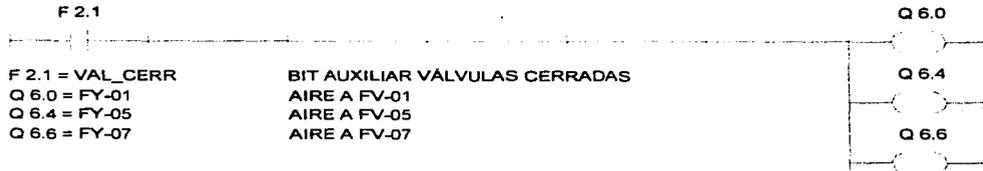


I 0.1 = ZSL-01
 I 0.2 = ZSL-02
 I 0.3 = ZSL-03
 I 0.5 = ZSL-05
 I 0.7 = ZSL-07
 F 2.1 = VAL_CERR

FV-01 CERRADA
 FV-02 CERRADA
 FV-03 CERRADA
 FV-05 CERRADA
 FV-07 CERRADA
 BIT AUXILIAR VÁLVULAS CERRADAS

SEGMENTO 3

APERTURA DE VÁLVULAS AUTOMÁTICAS



F 2.1 = VAL_CERR
 Q 6.0 = FY-01
 Q 6.4 = FY-05
 Q 6.6 = FY-07

BIT AUXILIAR VÁLVULAS CERRADAS
 AIRE A FV-01
 AIRE A FV-05
 AIRE A FV-07

SEGMENTO 4

PERMISIVO P/CIP A SILO



I 1.2 = ZSH-01
 I 1.6 = ZSH-05
 I 2.0 = ZSH-07
 I 2.5 = ZS-12
 I 3.0 = LSL
 Q 8.0 = PER_P/CIP_03
 Q 8.3 = YL-03

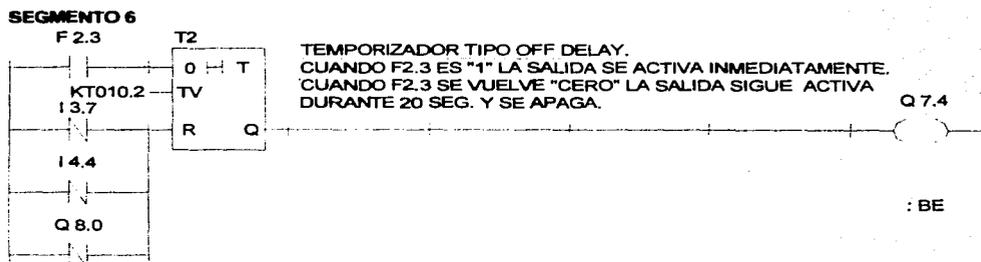
FV-01 ABIERTA
 FV-05 ABIERTA
 FV-07 ABIERTA
 CONEXIÓN DE CIP PARA LIMPIEZA DE SILO
 BAJO NIVEL EN SILO
 PERMISIVO PARA REALIZAR CIP
 BALIZA ÁMBAR

Fig. 4.24a. Programación del bloque PB3.



I 4.4 = CIP_OP
Q 8.0 = PER_P/CIP_03
F 2.3 = INICIO_CIP

ARRANQUE DE PLC DE CIP
PERMISIVO PARA REALIZAR CIP
BIT AUXILIAR INICIO CIP



F 2.3 = INICIO_CIP
I 3.7 = SOL_CIP_SILO
I 4.4 = CIP_OP
Q 8.0 = PER_P/CIP_03
Q 7.4 = YYBA-01

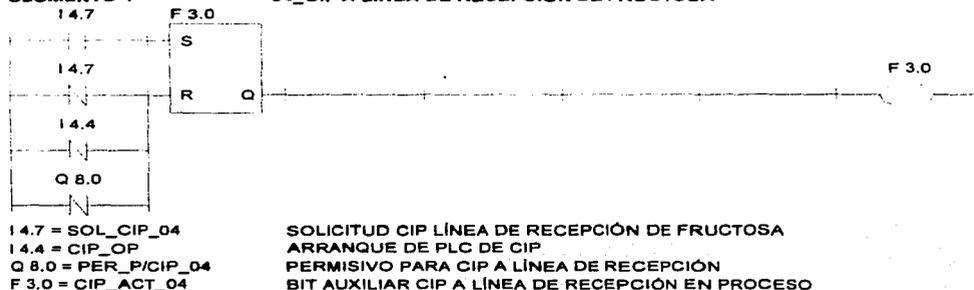
BIT AUXILIAR INICIO_CIP
SOLICITUD LIMPIEZA DE SILO
ARRANQUE DE PLC DE CIP
PERMISIVO PARA REALIZAR CIP
ARRANQUE DE BOMBA BA-01

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

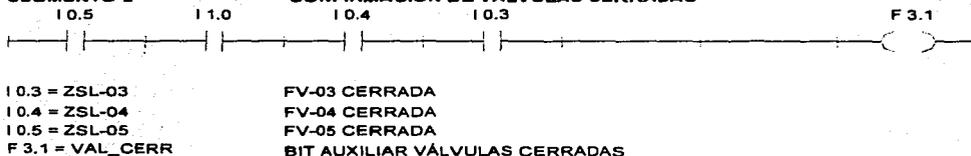
Fig. 4.24b. Programación del bloque PB3.

PB4

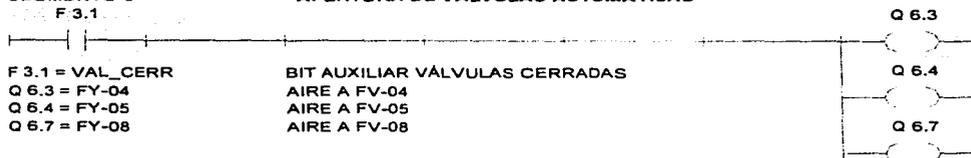
SEGMENTO 1



SEGMENTO 2



SEGMENTO 3



SEGMENTO 4

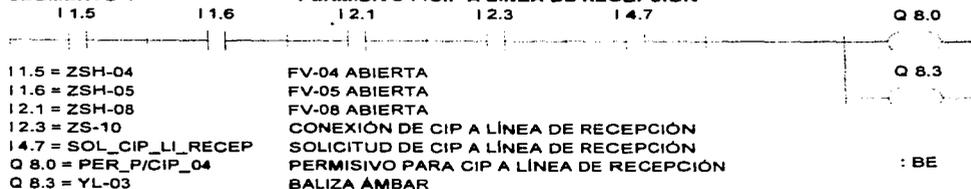


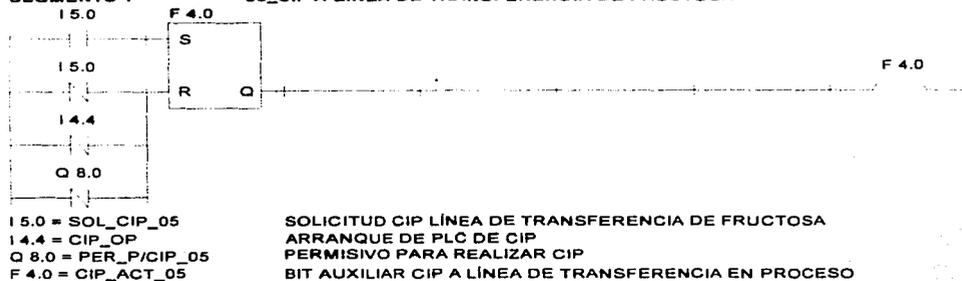
Fig. 4.25. Programación del bloque PB4.

PB5

SEGMENTO 1

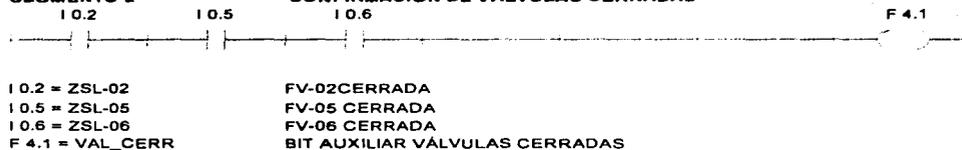
05_CIP A LÍNEA DE TRANSFERENCIA DE FRUCTOSA

Page 8



SEGMENTO 2

CONFIRMACIÓN DE VÁLVULAS CERRADAS



SEGMENTO 3

APERTURA DE VÁLVULAS AUTOMÁTICAS



SEGMENTO 4

PERMISIVO P/CIP A LÍNEA DE TRANSFERENCIA

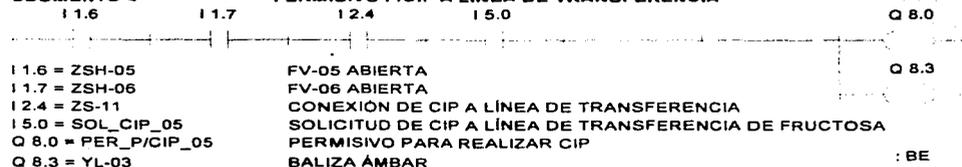


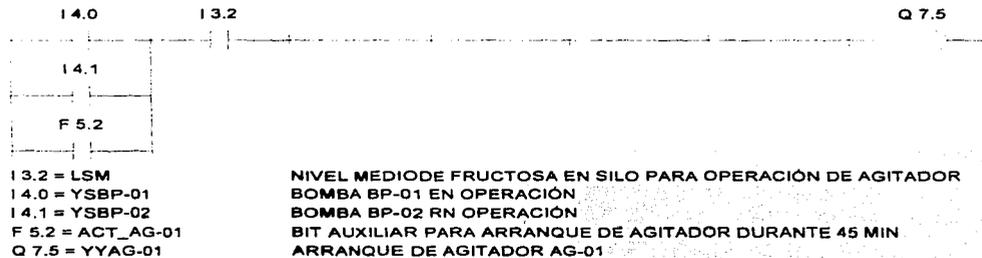
Fig. 4.26. Programación del bloque PB5.

PB6

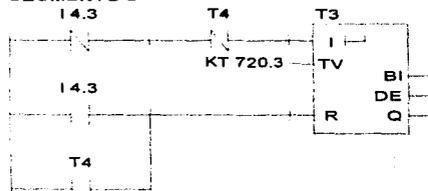
SEGMENTO 1

06_CONSERVACIÓN DE LA FRUCTOSA

Page 9



SEGMENTO 2



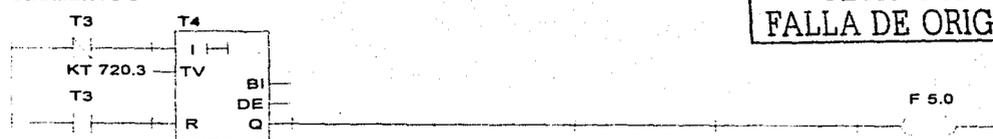
I 4.3 = YSAG-01

AGITADOR AG-01 EN OPERACIÓN

T3 = TEMPORIZADOR 3

T3 = 7200 SEG = 2 HORAS

SEGMENTO 3



T4 = TEMPORIZADOR_4
 F 5.0 = T3+T4

T4 = 7200 SEG = 2 HORAS
 BIT AUXILIAR INDICACIÓN DE 4 HORAS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 4.27a. Programación del bloque PB6.

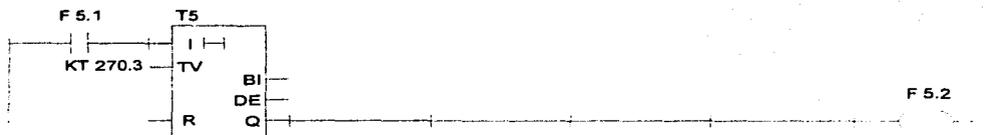
SEGMENTO 4



I 4.3 = YSAG-01
 F 5.0 = T3+T4
 F 5.1 = BIT AUXILIAR

AGITADOR AG-01 EN OPERACIÓN
 BIT AUXILIAR INDICACIÓN DE 4 HORAS
 BIT AUXILIAR ARRANQUE DE AGITADOR

SEGMENTO 5



F 5.1 = BIT AUXILIAR
 T5 = TEMPORIZADOR_5
 F 5.2 = ACT_AG-01

BIT AUXILIAR ARRANQUE DE AGITADOR
 T = 2700 SEG = 45 MIN
 BIT AUXILIAR PARA ARRANQUE DE AGITADOR DURANTE 45 MIN

SEGMENTO 5

REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA (28°C)



I 3.2 = LSM
 I 3.3 = TAL
 I 3.4 = TAH
 I 4.3 = YSAG-01
 Q 7.1 = TY-01
 Q 7.5 = YYAG-01

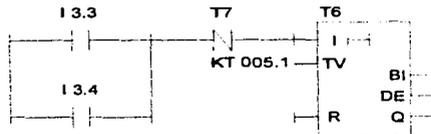
NIVEL MEDIO EN SILO PARA OPERACIÓN DE AGITADOR
 ALARMA POR BAJA TEMPERATURA (26°C)
 ALARMA POR ALTA TEMPERATURA (30°C)
 AGITADOR AG-01 EN OPERACIÓN
 AIRE A TV-01
 ARRANQUE DE AGITADOR AG-01

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Fig. 4.27b. Programación del bloque PB6.

SEGMENTO 6

INDICACIÓN DE ALARMA



I 3.3 = TAL
 I 3.4 = TAH
 T6 = TEMPORIZADOR_6

ALARMA POR BAJA TEMPERATURA (26°C)
 ALARMA POR ALTA TEMPERATURA (30°C)
 T6 = 0.5 SEG

SEGMENTO 7



T7 = TEMPORIZADOR_7
 Q 8.2 = YL-02

T7 = 0.5 SEG
 BALIZA ROJA INTERMITENTE CADA 0.5 SEG

: BE

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Fig. 4.27c. Programación del bloque PB6.

4.5 Tablero de control

Para hacer uso del sistema automatizado el operador cuenta con un tablero de control (TC-01) mediante el cual controlará las funciones que desee realizar.

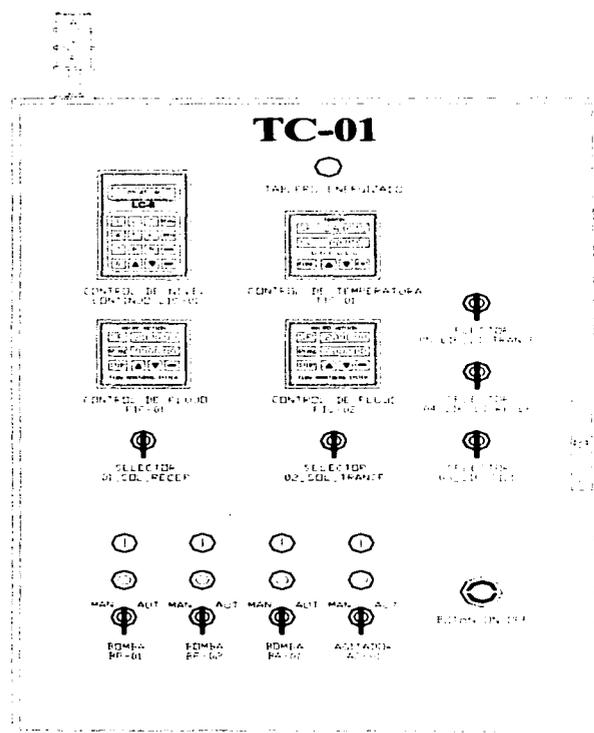


FIG. 4.28 Tablero de control.

energizado, las básculas color ámbar, verde y roja; y el botón On/Off para energizar y desenergizar el tablero. Los controles mencionados se ilustran en la figura 4.28 .

En este tablero de control se localiza el control de temperatura "TIC-01", el control de nivel continuo "LIC-01", los controles de flujo para la recepción y transferencia de la fructosa "FIC-01 y FIC-02", los selectores para los siguientes procesos: 01_Solicitud de recepción de fructosa, 02_Solicitud de transferencia de fructosa, 03_Selector de CIP a silo, 04_Selector de CIP a línea de recepción y 05_Selector de CIP de línea de transferencia. También se encuentran los interruptores para seleccionar la operación de forma manual o automática de las bombas BP-01, BP-02, BA-01 y del agitador AG-01, además de los botones para arranque (I) y paro (O) de las bombas, la lámpara de indicación de tablero

1) Recepción de fructosa

A continuación se describe a cada uno de los pasos que el operador del tablero debe seguir, para realizar el control del primer proceso del sistema: recepción de fructosa.

PASO	ELEMENTO	FUNCIÓN
1	Botón On/Off	Al pulsar este botón el tablero de control TC-01 se energiza, esto implica que la lámpara de indicación "Tablero energizado" se ilumine al igual que los displays de los controles.
2	Baliza verde	Al iluminarse esta baliza se confirma que existe presión de aire en el sistema para realizar la apertura de las válvulas automáticas.
3	Lámparas UV	Verificar que el sistema de aire esterilizado hacia el silo este funcionando.
4	LIC-01	El transmisor de nivel continuo indicará en el display si tiene la capacidad el silo para recibir la fructosa. Cuando se active el sensor de nivel alto por programación se impide el funcionamiento de la bomba de recepción BP-01.
5	Alcoba de recepción	El operador realizará la conexión mecánica de la manguera de la pipa que contiene la fructosa a la válvula identificada con la etiqueta "FRU".

2) Transferencia de fructosa

A continuación se describe los pasos que el operador debe seguir, para realizar el control del segundo proceso del sistema: transferencia de fructosa.

PASO	ELEMENTO	FUNCIÓN
1	Botón On/Off	Al pulsar este botón el tablero de control TC-01 se energiza, esto implica que la lámpara de indicación "Tablero energizado" se ilumine al igual que los displays de los controles.
2	Baliza verde	Al iluminarse esta baliza se confirma que existe presión de aire en el sistema para realizar la apertura de las válvulas automáticas.
3	Lámparas UV	Verificar que el sistema de aire esterilizado hacia el silo este funcionando.
4	LIC-01	El transmisor de nivel continuo indicará en el display si tiene la cantidad de fructosa necesaria para realizar el proceso de transferencia. Cuando se active el sensor de nivel bajo por programación se impide el funcionamiento de la bomba de transferencia BP-02.
5	Válvulas manuales	El operador realizará la apertura de las válvulas manuales HV-17, HV-19 y HV-20.
6	TB-02	En el tablero de distribución TB-02 el operador deberá realizar la conexión mecánica de la línea de transferencia con el cabezal que envía la fructosa -

hacia la sala de jarabe terminado.

- 7 **Selector**
02_SOL_
TRANS Al poner el selector en Solicitud de transferencia de fructosa, si las condiciones programadas se cumplen la baliza ámbar se iluminará, al mismo tiempo que se realiza la apertura de las válvulas automáticas localizadas en la trayectoria de transferencia.
- 8 **FIC-02** El operador deberá establecer la cantidad de fructosa a transferir hacia la sala de jarabe terminado en el control de flujo FIC-02.
- 9 **Botón INICIO_**
TRANS Al pulsar este botón localizado en el teclado de FIC-02 se inicia la transferencia de fructosa del silo hacia la sala de jarabe terminado.
- Cuando el contador del lote a transferir llegue a la cantidad pre-establecida se parará la bomba BP-02 y se cerrarán las válvulas automáticas.
- Durante el proceso de transferencia también deberá estar en operación el agitador AG-01.
- La bomba BP-01 puede ser activada en forma manual desde la botonera del tablero de control TC-01 y se detendrá por las siguientes causas:
- 1.- Se oprima el botón de paro de emergencia.
 - 2.- Se active el sensor de nivel bajo LSL.
 - 3.- El contador del medidor másico FIC-02 llegue a la cantidad pre-establecida para el lote a transferir.
 - 4.- Se pulse la tecla STOP del FIC-02.

3) Limpieza de silo

A continuación se explican los pasos para realizar la operación del tercer proceso del sistema: limpieza de silo.

PASO	ELEMENTO	FUNCIÓN
1	Botón On/Off	Al pulsar este botón el tablero de control TC-01 se energiza, esto implica que la lámpara de indicación "Tablero energizado" se ilumine al igual que los displays de los controles.
2	Baliza verde	Al iluminarse esta baliza se confirma que existe presión de aire en el sistema para realizar la apertura de las válvulas automáticas.
3	Lámparas UV	El sistema de esterilización UV deberá ser desconectado del silo.
4	LIC-01	El transmisor de nivel continuo indicará la ausencia de fructosa en el silo, además esta acción se confirma con la activación del sensor de nivel bajo LSL.
5	TB-01	El operador realizará la conexión para unir el cabezal de suministro de CIP con la válvula HV-12 y la abrirá. El led del sensor de proximidad ZS-12 se iluminará.
6	Selector 03_SOL_CIP_SI LO	Al poner el selector en Solicitud de limpieza de silo, si las condiciones programadas se cumplen la baliza ámbar se iluminará, al mismo tiempo que se realiza la

apertura de las válvulas automáticas localizadas en la trayectoria de limpieza de silo. Además se envía una señal al PLC de control del CIP indicando que se puede iniciar el ciclo de limpieza.

- 7 **Botón Arranque de CIP** Al activar este botón se inicia el ciclo de limpieza. La bomba de retorno de CIP BA-01 se activa después de 10 segundos permitiendo que se acumule agua en el silo y se inunde la tubería de la línea de limpieza. La bomba BA-01 puede ser activada en forma manual desde la botonera del tablero de control TC-01. Después de terminado el ciclo de limpieza esta bomba sigue activa durante 20 segundos con la finalidad de sacar toda el agua que queda en el silo y en la tubería de la línea de limpieza.

4) CIP a línea de recepción

Los pasos para realizar el cuarto proceso del sistema: suministro de CIP a línea de recepción, se describe a continuación.

PASO	ELEMENTO	FUNCIÓN
1	Botón On/Off	Al pulsar este botón el tablero de control TC-01 se energiza, esto implica que la lámpara de indicación "Tablero energizado" se ilumine al igual que los displays de los controles.
2	Baliza verde	Al iluminarse esta baliza se confirma que existe presión de aire en el sistema para realizar la apertura de las válvulas automáticas.

-
- 3 TB-01 El operador realizará la conexión en el tablero de distribución para unir el cabezal de suministro de CIP con la válvula HV-10 y la abrirá. El led del sensor de proximidad ZS-10 se iluminará.
- 4 Alcoba de En la alcoba de recepción realizar la conexión recepción mecánica mediante un codo para unir la válvula SCIP con la válvula FRU y realizar su apertura.
- 5 Válvulas Realizar la apertura de las válvulas manuales HV-09 y manuales HV-16 localizadas en la línea de recepción de fructosa.
- 6 Selector Al poner el selector en Solicitud de CIP a línea de 04_SOL_CIP_LI recepción y si las condiciones programadas se _REC cumplen la baliza ámbar se iluminará, al mismo tiempo que se realiza la apertura de las válvulas automáticas localizadas en la trayectoria de recepción. Además se envía una señal al PLC de control del CIP indicando que se puede iniciar el ciclo de limpieza.
- 7 Botón Al activar este botón se inicia el ciclo de limpieza. Cabe Arranque de CIP mencionar que este botón se localiza en el tablero de control del sistema de CIP.

5) CIP a línea de transferencia

A continuación se describe los pasos a seguir para realizar el control del quinto proceso del sistema: CIP a línea de transferencia.

PASO	ELEMENTO	FUNCIÓN
1	Botón On/Off	Al pulsar este botón el tablero de control TC-01 se energiza, esto implica que la lámpara de indicación "Tablero energizado" se ilumine al igual que los displays de los controles.
2	Baliza verde	Al iluminarse esta baliza se confirma que existe presión de aire en el sistema para realizar la apertura de las válvulas automáticas.
3	TB-01	El operador realizará la conexión en el tablero de distribución para unir el cabezal de suministro de CIP con la válvula HV-11 y la abrirá. El led del sensor de proximidad ZS-11 se iluminará.
4	TB-02	Unir en el tablero de distribución TB-02 la línea de transferencia con el cabezal de retorno de CIP.
5	Válvulas manuales	Realizar la apertura de las válvulas manuales HV-06, HV-19 y HV-20 localizadas en la línea de transferencia de fructosa.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- 6 Selector Al poner el selector en Solicitud de CIP a línea de transferencia y si las condiciones programadas se cumplen la baliza ámbar se iluminará, al mismo tiempo que se realiza la apertura de las válvulas automáticas localizadas en la trayectoria de recepción. Además se envía una señal al PLC de control del CIP indicando que se puede iniciar el ciclo de limpieza.
- 8 Botón Al activar este botón se inicia el ciclo de limpieza hacia Arranque de CIP la línea de transferencia. Cuando el ciclo concluye el sistema para de manera automática.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6) Conservación de la fructosa

Finalmente, se describe los siete pasos que el operador del tablero debe seguir, para realizar el control del sexto proceso del sistema: conservación de la fructosa.

PASO	ELEMENTO	FUNCIÓN
1	Botón On/Off	Al pulsar este botón el tablero de control TC-01 se energiza, esto implica que la lámpara de indicación "Tablero energizado" se ilumine al igual que los displays de los controles.
2	Baliza roja	La indicación de luz roja intermitente será consecuencia de la activación de las alarmas por baja o alta temperatura de la fructosa.
3	TIC-01	El operador establecerá en el control de temperatura la referencia a la que se necesita ajustar la temperatura, en este caso 28°C. En este control se encuentran configuradas las alarmas para cuando la fructosa llegue a las temperaturas de 25°C ó 30°C en ambos casos se iluminará la baliza roja.
4	Válvula HV-21	El operador deberá realizar la apertura de esta válvula manual para suministrar vapor al intercambiador de calor.
5	Botón ajuste de temperatura	Al pulsar el botón de ajuste automático de temperatura localizado en el TIC-01, se inicia la regulación de la temperatura y al llegar a la -

temperatura pre-establecida el operador puede apagar la operación automática del controlador y cerrar la válvula HV-21 para cortar el flujo de vapor. Esto se debe a que una vez que se alcanzo la temperatura, la fructosa tiene un rango de tolerancia de 5 °C y su variación es muy prolongada.

- 6 **Válvulas manuales** Realizar la apertura de las válvulas manuales HV-06, HV-19 y HV-20 localizadas en la línea de transferencia de fructosa.
- 7 **Agitador AG-01** El agitador operará de manera automática durante 45 minutos cada 4 horas y si la señal de nivel medio de fructosa en silo esta activa. Este agitador también estará en operación durante la etapa de recepción de fructosa hacia el silo y transferencia de la fructosa hacia la sala de jarabes. Con esta funciones se garantiza que la fructosa se homogenice constantemente y se ventile con el aire esterilizado evitando así, el crecimiento de bacterias.
- El agitador AG-01 puede ser arrancado desde loa botonera del tablero de control TC-01 y se detendrá por las siguientes causas: .
- 1.- Se oprima el botón de paro de emergencia.
 - 2.- Se active la señal de nivel medio de fructosa en silo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONCLUSIONES

En base al trabajo desarrollado en cada uno de los capítulos, se puede establecer que el manejo de la fructosa de manera automática tiene múltiples ventajas sobre los sistemas manuales o semiautomáticos que se utilizan todavía en algunas embotelladoras.

Al automatizar este sistema se simplificó las tareas efectuadas por el operador ya que cada una de las secuencias de operación se reduce prácticamente a la activación de algunos botones y a realizar algunas conexiones en los tableros de distribución para canalizar el producto.

Cabe mencionar que con el sistema de CIP (limpieza en sitio), el procedimiento de limpieza de los equipos de proceso y de las tuberías, se vuelve más eficiente, asegurando la remoción de hongos y bacterias. Además, como se explicó en el capítulo 2, el uso de la fructosa en refrescos como edulcorante total sustituye al azúcar, ya que no cubre ni oculta el sabor de otros ingredientes y al estar en estado líquido y de color claro, no necesita mezclarse con agua para diluirse, esta propiedad implica el ahorro de equipos utilizados para hacer el jarabe simple (agua con azúcar), como son: tolvas, mezcladoras, agitadores, bombas y sensores entre los más importantes.

Debido a que la tecnología cambia constantemente, una propuesta para monitorear este proceso desde un cuarto de control, es implementar una interfase hombre-máquina mediante la cual se opere todo el proceso. Estas interfases permiten visualizar el proceso en tiempo real, así como un registro de los tiempos de operación de cada secuencia, las cantidades de fructosa que se recibe y se transfiere; el ciclo de trabajo de bombas, etc. Con esta información se puede llevar un antecedente del proceso, detectar fallas y planear mantenimientos.

Finalmente, en la actualidad la automatización de cualquier proceso va de la mano con el uso de los controladores lógico programables (PLC's), existiendo en el mercado una diversidad de modelos y marcas. El utilizado para este trabajo es tan sólo uno de ellos, pero con el cual podemos resolver desde los problemas más sencillos a los más complejos, los cuales nos encontramos al ingresar al mercado laboral.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

- Viejo Zubicara, Manuel. *BOMBAS , DISEÑO Y APLICACIONES.*, 2ª. Ed., México: 1979, Limusa.
- Kenneth Mcnaughton. *BOMBAS, SELECCIÓN, USO Y MANTENIMIENTO.*, México: 1993, McGraw-Hill.
- William D. Cooper. *INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA MODERNA Y TÉCNICAS DE MEDICIÓN.*, 7ª Ed., México: 1999, Prentice - Hall.
- Royce Gerald Kloeffler. *ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y CONTROL*, 5ª. Ed., México. 1984, Continental.
- Joseph Balcells y José Luis Romeral. *AUTÓMATAS PROGRAMABLES.*, 8ª., Ed., México: 1997, Alfaomega.
- Lois M. Fresón. *INSTRUMENTATION SYMBOLS AND IDENTIFICATION.*, 7a., Ed., USA: 1983.

MANUALES

- Simatic S5, *AUTÓMATA PROGRAMABLE S5-100U.* Siemens AG 1992.
- Simatic S5. *SISTEMAS PERIFÉRICOS DESCENTRALIZADOS ET200 Y ET100U.* Alemania. 1993.
- Fristam Inc., *BOMBAS CENTRÍFUGAS SANITARIAS.* México. 1998.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Fristam Inc., *BOMBAS SANITARIAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO, SERIES FLII*. México. 1998.
- Kay Ray Sensall, *CONTINUOS LIQUID LEVEL MEASURING SYSTEM*, USA: 1998.
- Micro Motion / Fisher Rosemount, *SENSORES Y TRANSMISORES DE FLUJO, MODELOS ELITE Y RFT*. USA: 1999.
- *OPERACIÓN DE SISTEMAS DE LIMPIEZA EN SITIO (CIP)*. Coca-cola de México, 1998.
- *ESPECIFICACIONES PARA LA ALTA FRUCTOSA*. Coca –cola FEMSA, 1998.

APUNTES

- Curso: *SIMATIC S5 BÁSICO*. Siemens AG 1999.
- Curso: *SIMATIC S5 AVANZADO*. Siemens AG 1999.
- Curso: *TEORÍA DEL CONTROL INDUSTRIAL*. Rockwell Automation de México 2002.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN