Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Facultad de Ingeniería Eléctrica
Departamento de Automática y Sistemas Computacionales

TRABAJO DE DIPLOMA

Aplicación de Control Automático para Prensa Hidráulica Empleando Tecnología de Autómatas Programables.

Autor: *Néstor Manuel Rodríguez Alemañy.*

Tutores: *MSc. Lester Daniel Suárez Cabrera*
M.Sc. Eduardo Izaguirre Castellanos

2006.

UNIVERSIDAD CENTRAL
"MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILIS TOGA

Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas como parte de la culminación de los estudios de la especialidad de Automática autorizando a que el mismo sea utilizado por la institución para los fines que estime convenientes, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

_____

Firma del Autor

Los abajo firmantes, certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdos de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

_____ _____

Firma del Tutor. **Firma del Jefe de Dpto.**

_____

Firma del Responsable de Información Científico-Técnica.

Agradecimientos

A mis tutores por la ayuda y la orientación brindada…

A mi esposa, mis padres y a todas las personas que de una forma u otra colaboraron conmigo.

Dedicatoria

A mis hijos:

Nestor Oscar e Isabel.

A mi esposa y a mis padres.

Pensamiento

“No basta con adquirir la ciencia, es necesario también usarla”

Marco Tulio Cicerón

Resumen

Resumen.

En el presente trabajo se desarrolla una alternativa de control automático a base de tecnología de Autómatas Programables para la puesta en marcha de una máquina de prensado de materias primas. Se comienza con una descripción general de la planta objeto de la automatización, de la cual se establecen los requerimientos de diseño que serán usados a la hora de plantear el sistema de control. Seguidamente se procede con el análisis de las herramientas a emplear y su idoneidad para la realización del automatismo. Por ultimo se diseña el sistema de control a base de PLC SIEMENS SIMATIC S5-95U a partir de una modelación previa del proceso secuencial y la simulación respectiva antes de implementar el sistema sobre la planta real. A modo de conclusión se evalúa la aplicación en base al cumplimiento de los requerimientos de funcionamiento establecidos.

Índice

Índice

Introducción. 1

Capítulo I. Prensa hidráulica como objeto tecnológico.

1.1 Descripción general del equipamiento. 5
1.2 Características técnicas. 11
1.2.1 Elementos mecánicos. 11
1.2.2 Elementos de control. 13
1.3 Automatización. 15
1.3.1 Importancia del sistema automático. 16
1.3.2 Ventajas. 17
1.3.3 Especificaciones para el diseño de la aplicación. 18
1.4 Conclusiones. 21

Capítulo II. Medios técnicos para la Automatización.

2.1 Metodología para el diseñó de la aplicación. 22
2.2 Herramienta GRAFCET. 23
2.3 Software ISaGRAF. 26
2.4 Autómata SIEMENS S5. 29
2.4.1 Características técnicas. 30
2.4.2 Software de programación. 32
2.5 Conclusiones. 35

Capítulo III. Diseño de la Aplicación.

3.1 Modelación y simulación del proceso. 36
3.1.1 Bloque principal. 36
3.1.2 Bloque secuencia manual. 38
3.1.3 Bloque secuencia automático. 40
3.1.4 Simulación. 43
3.2 Programación en lenguaje de autómata. 45
3.2.1 Traducción a contactos. 46
3.2.1.1 Secuencia de estados. 46
3.2.1.2 Acciones asociadas. 48
3.2.2 Otras consideraciones. 50
3.3 Evaluación de la aplicación. 50
3.4 Análisis de factibilidad económica. 52
3.5 Conclusiones. 53

Conclusiones 54

Recomendaciones 55

Referencias Bibliográfícas 56

Anexos.

Introducción

Introducción.

El control automático juega un papel vital en el avance de la ingeniería y la ciencia, dada su extrema importancia se ha convertido en parte integral de los procesos industriales, donde brinda medios para lograr el funcionamiento óptimo de sistemas dinámicos, mejorar la calidad, expandir el ritmo de producción y liberar la complejidad de muchas rutinas entre otros[1].

Hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se venia haciendo de forma cableada por medio de contactores y relés. Al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas. Además cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico. En la actualidad el ordenador y los autómatas programables han intervenido de forma considerable para que este tipo de instalaciones se hayan visto sustituidas por otras controladas de forma programada.

Como resultado de la colaboración en materia de servicios científico-técnicos entre el Centro de Estudios para el Desarrollo de la Oleohidráulica y la Neumática (CEDON) de la Universidad de Cienfuegos y la Empresa Oleohidráulica de Cienfuegos en el campo de la automatización, surge la propuesta de desarrollar una aplicación de Control Automático para una Máquina de Prensado de Materias Primas utilizando Autómatas Programables. Tal equipamiento pertenece a la Empresa de Recuperación de Materia Prima de Ciudad Habana, encargada de la recopilación, selección y el reciclaje de materiales de desecho y basura.

En una minuciosa búsqueda del estado de desarrollo del tema propuesto se percibe de que a pesar de existir un sin número de aplicaciones de control a base de PLC relacionado con la maquinaria industrial, tanto en el ámbito internacional como nacional, no se puede establecer un estándar de control para este tipo de proceso industrial, hecho marcado fundamentalmente por la diversidad de tecnologías disponibles y por las particularidades de cada proceso.

Esta situación ha permitido identificar el siguiente problema:

Problema.

A pesar de que la industria de materias primas realiza grandes esfuerzos por recuperar y poner en marcha la maquinaria industrial que utiliza en los procesos de prensado, y que existen en este sentido un gran número de soluciones y recomendaciones tanto por empresas nacionales como del exterior, no se ha desarrollado una aplicación de control automático para la prensa hidráulica de la firma MOROS S.A. modelo GC-F-40 que permita su puesta en funcionamiento y su correcto desempeño en la función para la cual está concebida.

Teniendo en cuenta el análisis del problema expuesto, se ha formulado la siguiente hipótesis:

Hipótesis.

Se puede poner en funcionamiento y garantizar un correcto desempeño de la prensa hidráulica utilizada en la compactación de materias primas si se cuenta con:

- Un análisis detallado de sistema a controlar.
- Un modelo secuencial que describa el funcionamiento del proceso.
- Un control automático basado en tecnología de autómatas programables capaz de asegurar un buen desempeño de la maquinaria industrial a partir de las características de su funcionamiento.

Para dar respuesta a la hipótesis formulada se trazan los siguientes objetivos:

Objetivo General.

Desarrollar una aplicación de Control Automático para una Máquina de Prensado de Materias Primas utilizando Autómatas Programables.

Objetivos Específicos.

1. Desarrollar un modelo secuencial que describa el proceso a controlar utilizando Grafcet como herramienta fundamental en el diseño.
2. Implementar una aplicación de control automático a base de PLC Siemens familia Simatic S5-95U de forma que se asegure un buen desempeño del proceso a partir de los requerimientos establecidos.

Los objetivos propuestos se concretan con el desarrollo de las siguientes tareas:

Tareas Científicas.

1. Revisión bibliográfica del tema.
2. Estudio de técnicas de control a base de PLC, profundizando en la línea de Autómatas SIMATIC S5 de SIEMENS.
3. Análisis del proceso a controlar. (Descripción del funcionamiento, caracterización de señales de entrada/salida a manipular, etc.)
4. Diseño de la aplicación de control a partir de la herramienta GRAFCET.
5. Evaluación en simulación de la aplicación utilizando el software ISaGRAF.
6. Elaboración del informe final.

Con el cumplimiento de las tareas propuestas y por consiguiente de los objetivos se tiene como principal aporte:

Aporte.

Implementación de una alternativa de control automático a base de tecnología de Autómatas Programables para la puesta en marcha de una máquina de prensado de materias primas.

Métodos de Procesamiento de Datos.

Los métodos empleados en el procesamiento de los datos se corresponden con las herramientas utilizadas en el diseño del control automático, siguiendo una metodología de diseño y utilizando software como ISaGRAF y PG 95, ambos con uso específico en aplicaciones de control.

Estructura de la Tesis.

En el capítulo I, conociendo la intención de desarrollar una aplicación de control automático para una prensa hidráulica empleando tecnología de autómatas programables, se presenta una revisión sobre el estado actual de la temática. Primeramente se realiza una descripción general de la planta objeto de la automatización. Luego, se presentan las características técnicas, abordando desde los elementos mecánicos propios hasta los elementos de control, todos concebidos para el funcionamiento autónomo de la planta. Por último, se repara en la importancia y las ventajas de la automatización del proceso en cuestión.

El capítulo II presenta una descripción detallada de las herramientas que serán utilizadas para el diseño de la aplicación. Primeramente se describe una metodología de diseñó explicada a través de una diagrama de flujo. Seguidamente se aborda la herramienta Grafcet, utilizada para la modelación del proceso, así como el software ISaGRAF, explotado para la simulación. Por último se presentan algunas características técnicas de la tecnología de autómatas programables a emplear (SIEMENS S5) y el software para su programación. Como resultado se destaca la idoneidad de los medios a emplear para obtener una buena aplicación de control automático.

El capítulo III refiere el diseño general de la aplicación de control automático a base de PLC SIEMENS S5. Se comienza con la modelación del proceso secuencial utilizando el Grafcet como herramienta fundamental. Establecido un modelo que describa el funcionamiento de la planta a controlar se procede con la simulación utilizando el software ISaGRAF. Seguidamente se convierte el modelo obtenido a lenguaje de autómata para luego validar la aplicación de forma práctica sobre el proceso y arribar a conclusiones sobre capacidad para funcionar de forma correcta según lo establecido al comienzo del diseño. Por último se plantean algunas consideraciones sobre la factibilidad económica.

Capítulo I

Capítulo I. Prensa hidráulica como objeto tecnológico.

En este capítulo, conociendo la intención de desarrollar una aplicación de control automático para una prensa hidráulica empleando tecnología de autómatas programables, se presenta una revisión sobre el estado actual de la temática. Primeramente se realiza una descripción general de la planta objeto de la automatización. Luego, se presentan las características técnicas, abordando desde los elementos mecánicos propios, hasta los elementos de control, todos concebidos para el funcionamiento autónomo de la planta. Por último, se repara en la importancia y las ventajas de la automatización del proceso en cuestión, concluyendo con el planteamiento de los requerimientos de diseño que serán usados a la hora de plantear la aplicación de control.

1.1 Descripción general del equipamiento.

Compactar la basura, en un mundo donde los desechos sólidos ocupan un espacio creciente en nuestro planeta, es una tarea de vital importancia en la actualidad. Ante tales circunstancias se hace necesario tener de forma organizada y compacta estos materiales de desecho, de manera que facilite su transportación y almacenamiento para su posterior reciclaje.

Para el prensado suelen construirse máquinas de diferentes tipos, estas pueden ser prensas horizontales (Fig. 1) y/o verticales (Fig. 2), con una, dos y hasta tres etapas de compresión; todas, operando bajo el mismo principio: la obtención de fuerza a partir de la presión aplicada a una superficie.

Fig. 1 Prensa Hidráulica Horizontal.

Fig. 2 Prensa Hidráulica Vertical.

La prensa sobre la cual se proyecta el sistema automático, mostrada en la Fig. 3, pertenece a la firma MOROS S.A, modelo GC-F-40. Está constituida por partes desmontables unidas mecánicamente a base de espárragos, tornillos, y otros accesorios.

Como principales características se destacan:

- Construcción robusta.
- Corte de la chatarra sobrante con la tapa giratoria (2ª compresión).
- Producción continua de paquetes sin tiempo muerto de carga.
- Pistones hidráulicos, para evitar atascos en el corte.

Los elementos más significativos se resumen en: *Cámara de precompresión*, *Plato precompresor* o Empujador con su cilindro correspondiente y la *Cámara de prensado*, que incluye la *Tapa superior*, el *Plato de presión final* o Plato opresor y la *Puerta de expulsión* con sus respectivos cilindros hidráulicos. Tales elementos se señalan en la Fig.3; los mismos son descritos a continuación:

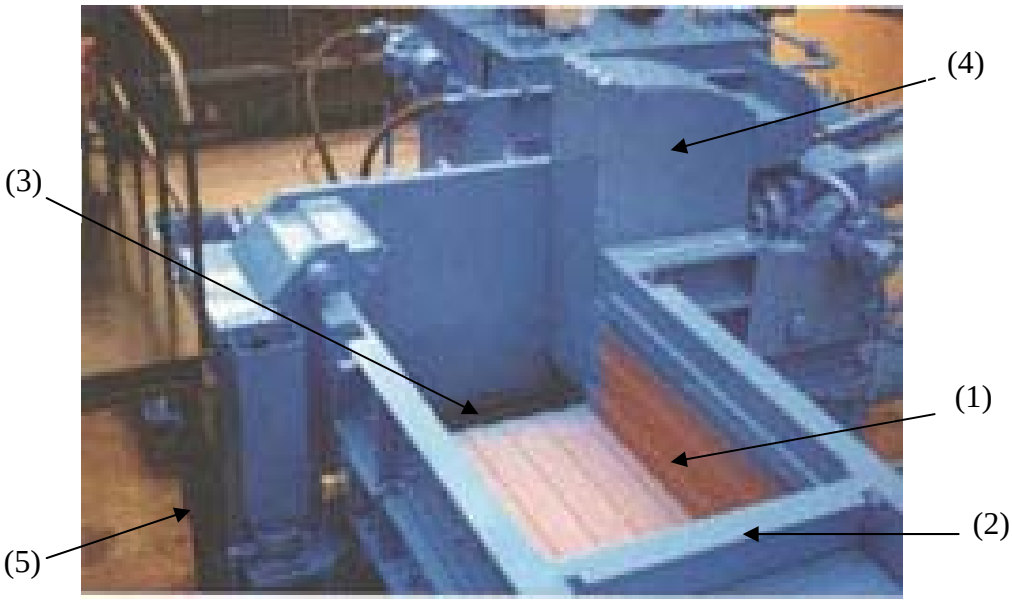


Fig. 3 Prensa Hidráulica MOROS modelo GC-F-40.

Cámara de precompresión (1).

Esta cámara constituye la caja de carga del material. Tiene unas dimensiones de 1000x1500 mm, con una profundidad media de unos 400 mm. Está acoplada a la cámara de prensado mecánicamente por medio de tornillos. Sus partes son el fondo y dos paredes laterales atornilladas entre sí, que van protegidas con chapas de acero resistente al desgaste, además del Plato precompresor, parte móvil que se encuentra en el extremo opuesto a la cámara de prensado final.

Plato precompresor (2).

Está constituido por un cilindro hidráulico que en el extremo de su vástago tiene acoplado un plato cuyas dimensiones son 1000x400 mm y este se rige por dos guías atornilladas a las paredes laterales, así como por dos barras situadas a ambos lados del vástago de empuje. Estas barras están roscadas en sus extremos y llevan tuerca y contratuerca para la regulación del recorrido del plato. Todas sus caras están protegidas con forros de acero resistente al desgaste. En su parte frontal superior lleva una cuchilla que le permiten cortar el material contra la tapa superior. Con las tuercas de las barras guías, mencionadas anteriormente, se logra el perfecto paralelismo entre el canto de las cuchillas del plato precompresor y la tapa móvil.

Cámara de prensado (3).

Se compone de dos paredes laterales y el fondo, unidas por medio de espárragos de fijación. A una de sus paredes va ensamblada la cámara de precompresión. Constituye la parte más resistente y reforzada de la máquina y lleva todas sus partes expuestas a la abrasión protegidas con forros de acero recambiables. El costado donde va ensamblada la cámara de precompresión lleva dos cuchillas que confrontan con las de la tapa superior y que sirven para cortar el material que sobresale de la misma cuando el precompresor está retrazado. Sus partes móviles o elementos de prensado son: la Tapa superior, el Plato de presión final y la Puerta de expulsión.

Tapa superior (4).

Mediante esta tapa se abre o se cierra la cámara de prensado por la parte superior. Esta gira alrededor de un eje horizontal que va alojado en las paredes laterales de la cámara de prensado. Es accionada por su correspondiente cilindro hidráulico oscilante. Va registrada en este eje, y en las paredes laterales y la frontal, que está ranurada en forma de dientes, por donde desliza el listón dentado que lleva la tapa. La parte inferior sometida a la abrasión esta protegida por forros antidesgaste y en sus costados lleva cuatro cuchillas. Su límite de recorrido lo fija un tope superior contra la parte delantera de la armazón.

Plato de presión final.

Realiza la última compresión después de que la tapa superior haya cerrado la cámara de prensado. Es accionado por su correspondiente cilindro hidráulico. Se desliza sobre el fondo y entre las dos caras laterales, por la parte superior roza con la tapa. Este plato se encuentra protegido por sus cuatro caras laterales y la frontal mediante forros antidesgaste recambiables. El límite de recorrido se logra mediante los fines de carrera correspondientes.

Puerta de expulsión (5).

Se encuentra cerrando la cámara de prensado por el extremo opuesto al Plato opresor y contra ella se aplasta el material, quedando en forma de paquete a las dimensiones finales. Está formada por una plancha de acero reforzada, sujeta a

dos cilindros hidráulicos pequeños y está guiada lateralmente por dos ranuras fresadas en las paredes laterales de la cámara de prensado y en la cara interior posee forros antidesgaste. En el momento de expulsión del paquete sus dos pequeños cilindros hidráulicos la elevan abriendo la Cámara de prensado permitiendo la salida del paquete debidamente compactado.

A modo general el proceso de compactación o funcionamiento del ciclo de la prensa consiste en cargar el material en la Cámara de precompresión, donde se le aplica una primera compresión. (Ver Fig. 4) Un elemento móvil, el Plato precompresor, accionado por su correspondiente cilindro hidráulico, se desliza sobre el fondo de la cámara y entre sus dos paredes laterales reduciendo el espacio de esta, obligando el material contra la pared del fondo y a que caiga en la Cámara de prensado.

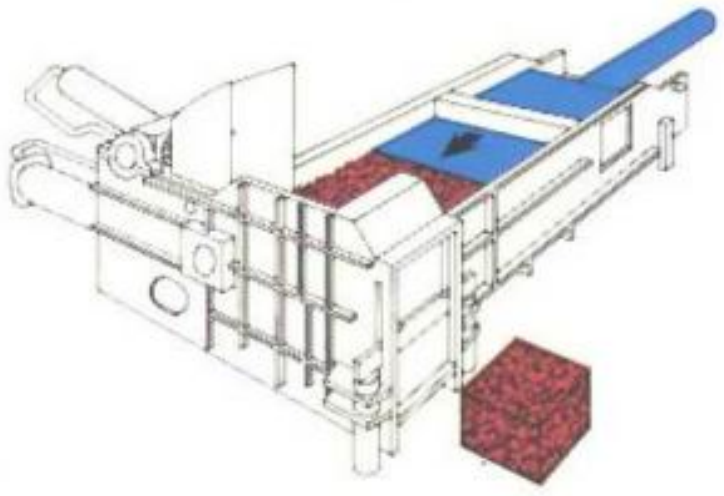


Fig. 4 Primera compresión.

Una vez terminada la primera compresión se baja la Tapa superior, la cual gira sobre un eje horizontal y es accionada por su correspondiente cilindro hidráulico; esta desciende hasta cerrar completamente la Cámara de prensado aplastando así el material contenido en ella. De esta manera queda realizada la segunda compresión. Ver Fig. 5

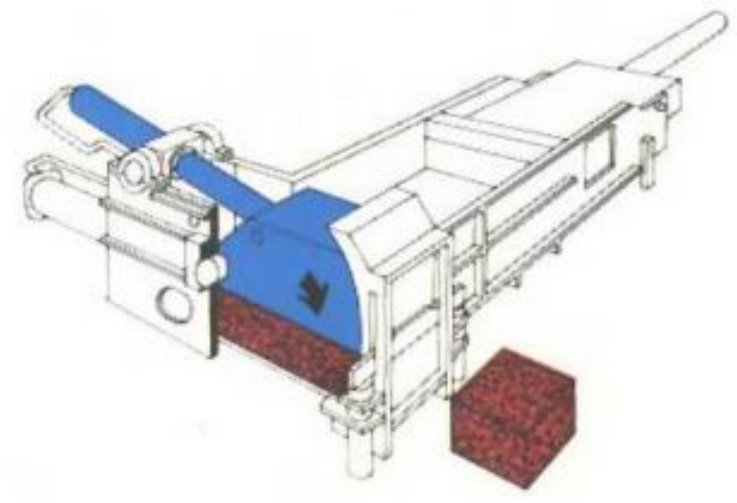


Fig. 5 Segunda compresión.

Posteriormente se realiza la tercera compresión. El Plato opresor movido por su correspondiente cilindro hidráulico se desplaza entre las dos paredes laterales, el fondo y la Tapa superior de la Cámara de prensado, comprimiendo el material contra la Puerta de expulsión formando un paquete compacto. Ver Fig. 6.

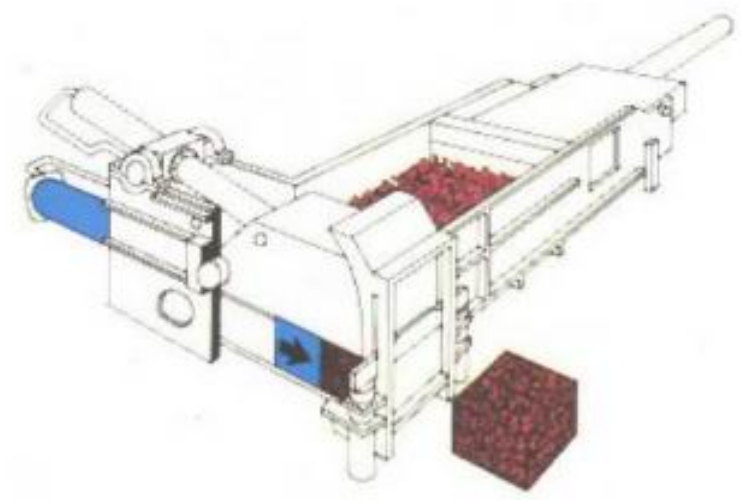


Fig. 6 Tercera compresión.

Cuando haya terminado la tercera compresión se abre la Puerta de expulsión y se hace avanzar el Plato opresor hasta su fin de carrera, consiguiéndose la expulsión del paquete a través de ella según se muestra en la Fig. 7.

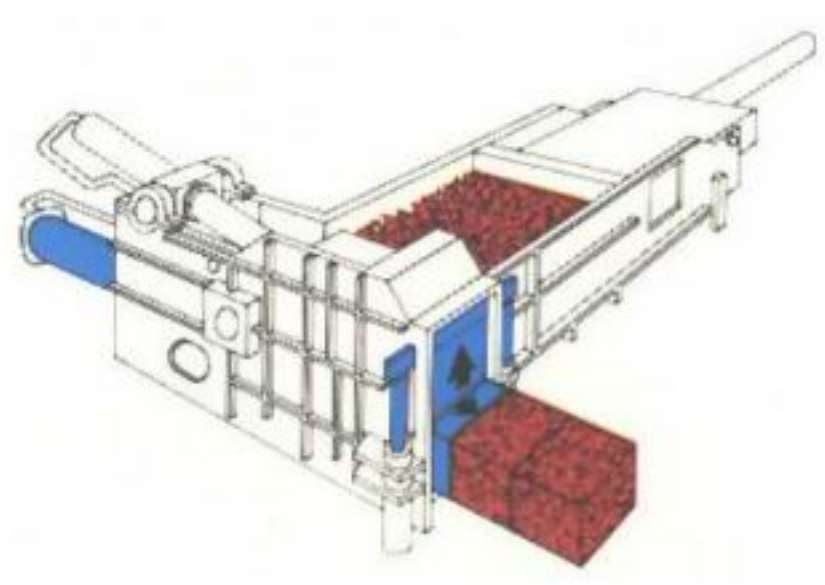


Fig. 7 Expulsión del paquete.

1.2 Características técnicas.

A continuación se abordan las principales características técnicas de la prensa a partir de la cuales se obtendrá un mayor conocimiento de la planta a controlar. Para una mejor descripción se divide el tópico en dos partes:

- Elementos mecánicos.
- Elementos de control.

1.2.1 Elementos mecánicos.

Además de los elementos mecánicos descritos anteriormente, posee también formando parte del grupo hidráulico:

- Bomba de presión.
- Válvulas limitadoras de presión y seguridad, de retención y direccionales.
- Filtros de retorno y aire.
- Indicadores de nivel de aceite.
- Depósito de aceite.
- El motor que mueve la bomba hidráulica (M1).

Bomba de presión.

Es una bomba de engranajes simple, modelo 1PLC80DE10B. Con acoplamiento elástico, directamente al eje del motor. Los datos técnicos de la bomba aparecen en los anexos A.

Válvula limitadora de presión y seguridad.

La válvula limitadora de presión está conectada a la salida de la bomba en paralelo con la línea y su función es impedir que la presión máxima sobrepase los 290 bar. Es pilotada por una electroválvula 3/2 vías con voltaje de accionamiento de 24 VDC, señalizada como E1.1 en el esquema hidráulico ubicado en los anexos B. Ambas trabajan en conjunto y se encuentran representadas en dicho esquema como un sólo bloque marcado como V-1. Mientras la electroválvula piloto no esté activada no habrá presión en la línea debido a que la válvula limitadora de presión recircula al tanque el aceite impulsado por la bomba; por el contrario, al ser activada mediante la electroválvula, bloqueará su salida y el aceite que envía la bomba pasa a la línea hasta alcanzar el límite de presión.

Válvulas de retención.

Son válvulas antirretorno señalizadas en el esquema como V-3, V-5 y V-6 tienen como finalidad impedir que el aceite inyectado al circuito por la bomba, retroceda.

Válvulas direccionales.

Aparecen representadas en el esquema hidráulico como E-1, E-2, E-3 y E-5. Se encargan de dirigir el flujo en el sentido deseado. Están constituidas por potentes válvulas 4/3 vías con centro cerrado y accionamiento hidráulico, del tipo Z2FS6, pilotadas por electroválvulas 4/3 vías, las cuales se encuentran conectadas directamente una sobre la otra, estas últimas son del tipo 4WE6J-6X/EG24N9Z4 y se muestran en el anexo A

Filtros.

Tienen como finalidad filtrar el aceite y el aire por ser portadores de partículas extrañas, que pueden ser causa de averías, desgastes prematuros o mal funcionamiento del circuito hidráulico.

Filtro de retorno.

Tiene por objeto limpiar o filtrar el aceite que retorna de los cilindros hidráulicos, y de los demás elementos de las diferentes partes del circuito.

El filtro lleva incorporado un manómetro, que indica “ZONA VERDE” cuando esta limpio, y “ZONA ROJA” cuando esta obturado.

Filtros de aire.

En los ascensos y descenso del nivel de aceite del depósito, a consecuencia de la posición de los cilindros hidráulicos a lo largo del ciclo, este aspira o expulsa aire al medio ambiente. Para evitar la entrada de polvo y partículas en suspensión que el aire lleva, van colocados dos filtros de aire en la tapa del depósito, uno de ellos sirve de tapón de rellenado rápido.

Deposito de aceite.

Está constituido por un cubo formado por planchas de hierro soldadas que descansa sobre un bastidor. Sirve para alojar el aceite hidráulico, así como fijación de diferentes elementos hidráulicos.

Motor Eléctrico

El motor M1, encargado de mover la Bomba de presión, se alimenta de 440 VCA trifásico, con potencia de 30 KW y velocidad máxima de rotación de 1800 RPM. Para disminuir el consumo excesivo de corriente en el arranque, utiliza un arrancador que permite iniciar en conexión tipo estrella y luego pasa a delta.

1.2.2 Elementos de control.

A continuación se describen otros componentes de la prensa relacionados al control como: Presostatos PS1 y PS2, sensores de fines de carrera y otros.

Presostatos.

En la prensa se utilizan presostatos de la firma Telemecanique, XMG-B500. Tienen como propósito indicar cuando la presión de la línea está por debajo o sobrepasa cierto valor deseado. El presostato PS1 está fijado a 70 bar, valor máximo de la zona de baja presión, en la cual las válvulas pueden cambiar su estado sin que resulte un esfuerzo notable en sus correderas.

El otro presostato, denominado como PS2 se fija a 250 bar indicando que se ha alcanzado la zona de alta presión. La prensa no debe operar continuamente a esta presión por más de 5 segundos, puesto que es el tiempo límite de máxima presión permisible para la bomba de presión, según indica el fabricante de la misma. Ver los datos de la Bomba de presión en los anexos A.

Fines de carrera.

Los fines de carrera utilizados en la prensa son de la firma Telemecanique, modelo XCM-K. Su función es entregar una señal de aviso cuando alguna parte móvil haya arribado a una posición deseada, en este caso fijan los límites de recorrido permitido para cada cilindro.

Panel de mando.

La prensa posee un panel de mando donde se encuentran los pulsadores que posibilitan el accionamiento de cada uno de los cilindros en cualquiera de sus dos direcciones, permitiendo, de forma manual, la ejecución cada una de las distintas funciones de la prensa:

- Avance del Empujador.
- Retroceso del Empujador.
- Bajar Tapa superior.
- Subir Tapa superior.
- Avance del Plato opresor.
- Retroceso del Plato opresor.
- Abrir Puerta de expulsión.
- Cerrar Puerta de expulsión.

También se encuentran en él botones, pulsadores y selectores que permiten la realización de las siguientes funciones, indispensables para el funcionamiento de la prensa tanto manualmente como de forma automática:

- Marcha y paro de la Bomba hidráulica.
- Marcha y paro de la Bomba de refrigeración
- Stop de emergencia.

- Reset.
- Inicio de ciclo automático.
- Selector de ciclo “Manual / Automático”

Posee además los siguientes indicadores:

- Bomba hidráulica funcionando.
- Bomba de refrigeración funcionando.
- Avance de Plato opresor.
- Retroceso de Plato opresor
- Puerta de expulsión abierta.
- Puerta de expulsión cerrada.
- Indicador ciclo automático funcionando.
- Contador de paquetes.

Conocida las características técnicas y funcionales de la prensa hidráulica se procede con una descripción del estado de la automatización de dicho equipamiento, abordando desde la importancia hasta las ventajas que trae consigo el diseño de una aplicación de este tipo.

1.3 Automatización.

La prensa hidráulica referida, inicialmente estaba provista de un secuenciador para realizar las funciones correspondientes al proceso de compactación, que aunque cumplía con todas las especificaciones para las cuales fue concebido, fue víctima del deterioro general del equipamiento.

Durante un largo período la prensa permaneció en desuso, hasta que se decidió poner en práctica una variante de automatización propuesta por la firma MOROS que construye el equipamiento. Tal propuesta estaba concebida bajo la tecnología de autómatas programables SIEMENS en particular la serie SIMATIC S5-95U, que representa un paso de avance respecto al estado de la automatización que poseía inicialmente la prensa.

A pesar de los innumerables esfuerzos realizados por la Empresa de Materias Primas por poner en marcha la prensa hidráulica, y llevándola incluso a tener montado la mayoría de los componentes eléctricos y mecánicos no se pudo poner en funcionamiento el equipo, debido, entre otras causas, a que el personal técnico de las empresas existentes en nuestro país, por lo general, no emplea el S5-95 en sus proyectos de automatización, lo que acarrea, si no falta de conocimiento, sí carencia de habilidades en cuanto a su programación, y principalmente que no poseen el cable para la comunicación con la PC.

Entonces surge la necesidad de crear una aplicación de control, basada en el automatismo instalado, capaz de hacer funcionar correctamente la prensa. Para ello se hace necesario contar con:

- Un análisis detallado de la planta a controlar.
- Un modelo secuencial que describa el funcionamiento del proceso.
- Un diseño de la aplicación de control automático basado en la tecnología SIEMENS ya propuesta, capaz de asegurar un buen desempeño de la maquinaria industrial a partir de sus características de funcionamiento y especificaciones tecnológicas.

Considerando las cuestiones antes mencionadas se realiza un análisis sobre la importancia y las ventajas que trae consigo la implementación de una aplicación de control automático a base de PLC para la prensa hidráulica.

1.3.1 Importancia del sistema automático.

Implementar una alternativa de control automático a partir del empleo de tecnología de autómatas programables para la prensa hidráulica tiene gran importancia, comenzando por las mejoras que se logran en el proceso productivo tales como: aumento del ritmo de producción, ahorro energético, disminución del tiempo muerto hasta factores tales como seguridad de la planta. Por otro lado se libera al operador de tareas repetitivas que resultan ser tediosas, se disminuye la posibilidad de averías debido a operaciones manuales indebidas y se aumenta la calidad del producto final.

Otros factores que recaen en la importancia de la automatización pueden definirse claramente si se consideran cuestiones similares a las de automatizar cualquier proceso productivo como son la expansibilidad y escalabilidad, característica del sistema que le permite crecer para atender las ampliaciones futuras de la planta, o para atender las operaciones no tomadas en cuenta al inicio de la automatización.

1.3.2 Ventajas.

La automatización de procesos frente al control manual del mismo brinda ventajas y beneficios de orden económico, social y tecnológico, resaltándose algunas como:

- Se asegura una mejora en la calidad del trabajo del operador y en el desarrollo del proceso.
- Se obtiene una reducción de costos, puesto que se racionaliza el trabajo, se reducen el tiempo y dinero dedicados al mantenimiento.
- Existe una reducción en los tiempos de procesamiento de información.
- Se obtiene un conocimiento más detallado del proceso, mediante la recopilación de información y datos del proceso (Cuenta paquetes).
- Aumento en el rendimiento de los equipos y facilidad para incorporar nuevos equipos y sistemas de información.
- Racionalización y uso eficiente de la energía.
- Aumento en la seguridad de las instalaciones y la protección a los trabajadores (Señales para paradas de emergencias por proximidad).

A pesar de las ventajas citadas anteriormente, no sería válido dejar de mencionar factores que podrían resultar inconvenientes, tales como el adiestramiento de técnicos y el costo de la instalación en sentido general. Sin embargo, hoy en día los inconvenientes pueden ser prácticamente nulos; respecto al adiestramiento, se plantea que la manera de interactuar con la tecnología está cada vez más destinada a usuarios con nivel medio. En cuanto al costo tampoco hay problema, ya que hay autómatas para todas las necesidades a precios módicos, desde pequeños autómatas por poco más de 40 dólares, hasta PLC's que alcanzan cifras escandalosas en dependencia del requerimiento de la aplicación.

El autómata usado para el control de la prensa esta valorado en cerca de $300.00 dólares, dependiendo de la firma que lo comercialice.

Si se vierten estas ventajas generales a la automatización de la prensa se pueden apreciar puntos comunes, pues dicha automatización trae como beneficio una mayor productividad y eficiencia.

Esta prensa permite formar paquetes con el material sólido reciclable, lo cual facilita su colocación, de forma organizada, en parles para su posterior almacenamiento y/o transporte. Ocupa mucha más espacio en su estado natural un radiador de carro, un tubo de escape, las latas de conserva, etc., que si estos se prensan formando un paquete de pequeñas dimensiones; y en los momentos actuales el espacio es algo necesario, escaso y costoso. Por otro lado se evita tener un operador realizando las acciones de mando acorde a la secuencia de funcionamiento, lo que evita que se puedan cometer errores que pudieran ser fatales. Se pueden referir además otros aspectos como son la disminución del tiempo de ciclo de prensado y por tanto del consumo eléctrico, lo que se revierte en un aumento del ritmo de producción a un costo menor.

Vista la importancia que tiene implementar una aplicación de control automático para la prensa y las ventajas que trae consigo, será necesario determinar las especificaciones para el diseño de la aplicación.

1.3.3 Especificaciones para el diseño de la aplicación.

Antes de diseñar cualquier aplicación de control es necesario dejar bien claro cuales son los requerimientos tanto tecnológicos como técnicos de la planta a controlar, de manera que el cumplimiento de los mismo garantice que la planta funcione conforme como fue diseñada, sin peligro para sus elementos ni para el personal que interactúa con ella.

A continuación se destacan estos elementos divididos en dos grupos. El primero contiene los requerimientos tecnológicos, que definen como ha de trabajar el equipamiento, mientras el otro contiene los requerimientos técnicos, basado principalmente en los datos del fabricante de los dispositivos.

Requerimientos tecnológicos.

- Lograr la integración de todas las secuencias de prensado de materias primas en un ciclo automático único, de forma tal que se libere al operador de la realización de rutinas repetitivas y en consecuencia se agilice el proceso productivo.
- El sistema debe ser robusto, pues está concebido para ser empleado en un ambiente industrial exigente donde pueden aparecer situaciones críticas como exceso de carga de material y atascamiento, en estas condiciones el sistema debe ser capaz de responder adecuadamente.
- Para iniciar el funcionamiento de la prensa, luego de energizar el sistema, será necesario presionar el botón “Reset”.
- Para iniciar el ciclo automático será necesario presionar el botón “Inicio ciclo” y los cilindros deben estar en la posición de retroceso, de esta forma se asegura que no hallan atascamientos.
- El sistema se detendrá totalmente cuando aparezca una señal de “Stop“ de emergencia.

Requerimientos técnicos.

- La presión del circuito hidráulico no debe permanecer o sobrepasar los 250 bar por más de 5 segundos.
- Los cilindros no deben tener presión retenida por más de 50 segundos.
- La entrada de la válvula de presión debe retardarse respecto a las válvulas direccionales para evitar que las correderas de las electroválvulas piloto no realicen esfuerzos adicionales debido a la presión.
- El proceso de detención de los cilindros debe realizarse desconectando primero la válvula de presión y luego de la descompresión desconectar las electroválvulas pilotos para evitar que sus correderas realicen esfuerzos adicionales debido a la presión.

Variables que intervienen en el sistema:

8 entradas digitales procedentes de los interruptores fines de carrera.

2 entrada digitales procedentes de los presostatos.

16 señales de mando, procedentes de los botones, pulsadores y selectores ubicados en el panel.

Total 26 señales de entrada digital.

8 solenoides de electroválvulas pilotos

1 solenoide de la válvula de presión

2 relés para la conexión de motores

1 relé del contador de paquete.

6 pilotos indicadores.

Total 18 salidas digitales.

Todos los dispositivos tanto de entrada como de salida, así como las señales que estos involucran operan a 24 VDC. En los anexos C aparece la tabla que contiene cada una de estas variables, vinculadas a sus correspondientes elementos, y su respectiva conexión al autómata, se incluye también las regletas de conexión mediante la cual se interconectan los elementos eléctricos.

Conclusiones.

- Conociendo las características de la planta a controlar y dada la importancia que reviste mejorar el proceso productivo se determina la necesidad de desarrollar a una aplicación de Control Automático que asegure un buen desempeño del sistema
- Mediante el análisis del funcionamiento de la prensa hidráulica se establece que dado el carácter secuencial del proceso es conveniente automatizar con tecnología de autómatas programables.
- Para garantizar que la aplicación de control automático asegure un buen desempeño del sistema es necesario establecer previamente los requerimientos de diseño que serán usados a la hora de plantear la misma.

Capítulo II

Capítulo II. Medios técnicos para la Automatización.

El presente capítulo, a partir de conocer en detalles el funcionamiento de la planta a automatizar, sus principales elementos y la importancia que reviste la automatización, presenta una descripción detallada de los medios técnicos que serán utilizados para el diseño de la aplicación de control. Primeramente se describe una metodología de diseño explicada a través de un diagrama de flujo. Seguidamente se aborda la herramienta Grafcet, utilizada para la modelación del proceso, así como el software ISaGRAF, explotado para la simulación. Por último se presentan algunas características técnicas de la tecnología de autómatas programables a emplear (SIEMENS S5) y el software para su programación. Como resultado se destaca la idoneidad de las herramientas que serán utilizadas.

2.1 Metodología para el diseño de la aplicación.

Para la realización de un diseño eficiente de la aplicación de control a base de PLC se presenta a continuación un diagrama de flujo que abarca la metodología seguida, comenzando desde la etapa de análisis y terminando con la puesta a punto del sistema automatizado. Ver Fig. 2.1.

Es importante enfatizar la importancia que revisten las etapas de análisis y de modelación, pues de ellas dependerá el éxito en el desarrollo del control automático. La primera etapa establece los requerimientos de diseño a partir de un buen conocimiento del funcionamiento de la planta y de definir que se quiere para el control, la segunda etapa, por su parte, establece un modelo del proceso que describe lo más exacto posible el carácter secuencial del sistema.

La etapa siguiente permite la evaluación del modelo mediante simulación, de manera que si el comportamiento no corresponde con lo planificado en la etapa de análisis, se regresa a la etapa de modelación y se repite el proceso hasta conseguir un desempeño adecuado.

A partir del modelo obtenido se realiza la codificación de la aplicación, para ser evaluada de forma práctica. En dependencia de los resultados obtenidos se procederá con la Puesta a punto o se regresará a la etapa de Análisis

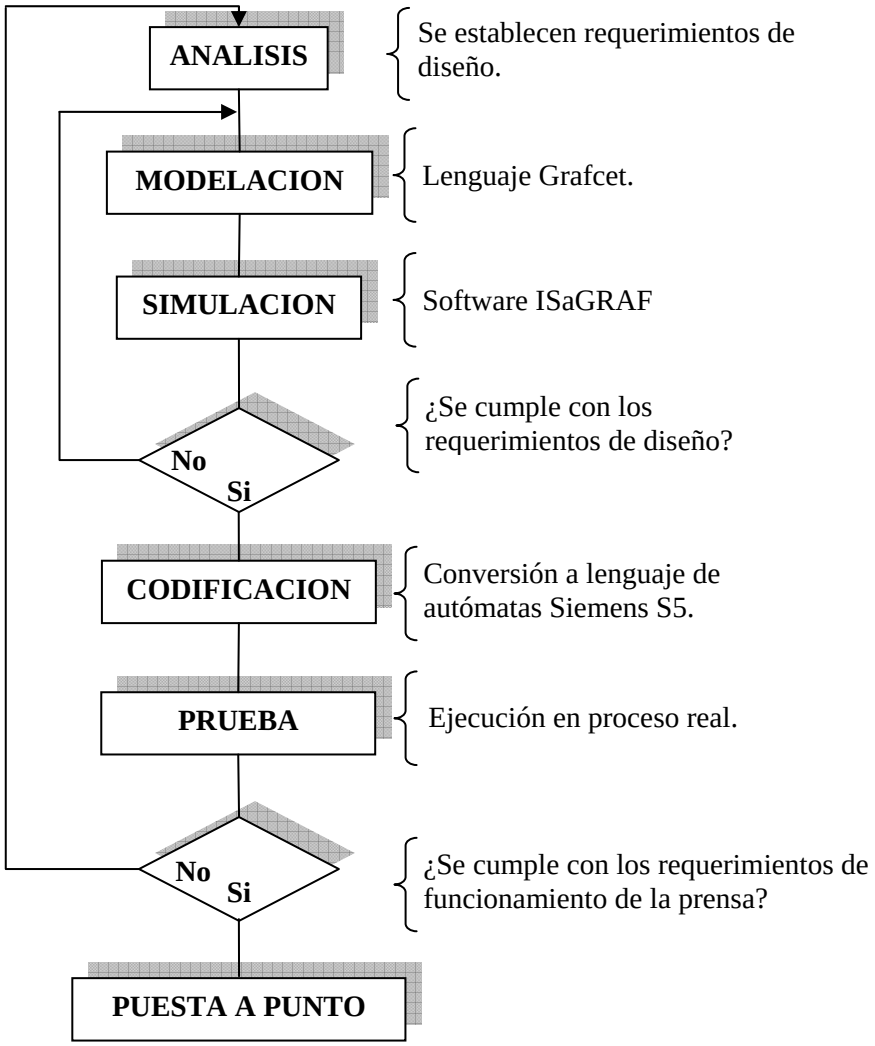


Fig. 2.1 Metodología de diseño de la aplicación.

Descrita la metodología que se sigue en el transcurso del desarrollo del sistema automatizado, se procede con una breve descripción de las herramientas y los medios que son usados en el diseño.

2.2 Herramienta GRAFCET.

La importancia que reviste la realización de automatismos de tratamiento secuencial ha propiciado que no sólo existan determinados bloques funcionales (a nivel de autómatas) con facilidades para la realización de controles secuenciales, sino también lenguajes de programación que aunque hoy en día son de propósito

general, se debe decir que poseen una serie de características que lo hacen muy factible para su empleo en la solución de problemas de naturaleza secuencial. Tal es el caso del Grafcet, el cual fue usado en la modelación del funcionamiento de la prensa, el mismo se aborda brevemente a continuación.

El Grafcet constituye un método gráfico para el modelado de sistemas basados en automatismos de carácter secuencial. Surge como una consecuencia de la voluntad de unificar y racionalizar los lenguajes de descripción relativos a los sistemas lógicos en general y de los automatismos de carácter secuencial en particular. La mejor cualidad del Grafcet radica en que es una herramienta poderosa y sobre todo metodológica, para la implementación de automatismos secuenciales.

Las principales características del Grafcet como herramienta de modelado de sistemas de eventos discretos se resumen a continuación:

- Ofrece una metodología de programación estructurada de forma descendente "*top-down*" que permite el desarrollo conceptual de lo general a lo particular descendiendo a niveles muy precisos de descripción y descomposición en las diversas tareas a llevar a cabo por el automatismo en sus distintas fases de ejecución y funcionamiento [12].
- Permite un diseño estructurado, de forma que las diversas tareas del automatismo se estructuran de manera jerárquica, mediante eventos jerárquicamente superiores concebidos dentro del modelo [12].

Elementos gráficos del Grafcet.

Los elementos gráficos que forman parte del Grafcet son:

- Etapas y Macro-etapas.
- Transiciones.
- Arcos.

Etapas.

Una etapa caracteriza un estado en el cual se encuentra el sistema en un momento dado asociado a una acción que se realiza por el automatismo sobre el

sistema la cuales ocurrirán en dependencia de si la etapa se encuentra activada o no, esta condición esta referida por una marca (*Token*) en su interior.

Macro-etapas.

Las denominadas macro-etapas, se emplean para representar de forma compacta un conjunto de etapas, que pueden repetirse en varias ocasiones durante un automatismo dado. Su simbología es muy similar a una etapa normal, con la salvedad que se incluyen en su interior dos líneas paralelas que dividen el recuadro en tres partes, añadiéndose la letra mayúscula “M” seguida del número correspondiente asignado a la macroetapa.

Transición.

El concepto de transición se asocia a una barrera existente entre dos etapas consecutivas y cuyo franqueamiento hace posible la evolución del sistema.

Arco.

El arco es un segmento de recta que une una transición con una etapa y viceversa, pero nunca elementos homónimos entre sí, pues obligatoriamente ha de cumplirse la alternancia entre etapas y transiciones. La representación gráfica de estos elementos se aprecia en la Fig. 3.1.

Para el correcto manejo del Grafcet como herramienta de diseño es importante conocer las cinco reglas básicas que se describen a continuación:

1. La etapa o etapas de inicialización se activan de forma incondicional.
2. El franqueamiento de una transición se produce cuando la misma está validada y cuando la receptividad asociada a dicha transición es verdadera.
3. El franqueamiento de una transición provoca la activación de todas las etapas siguientes inmediatas y la desactivación de las inmediatas precedentes.
4. Las transiciones franqueables conectadas en paralelo se franquean de forma simultánea, si se cumplen las condiciones para ello.
5. Si durante el funcionamiento una misma etapa es simultáneamente activada y desactivada, deberá mantenerse activada.

2.3 Software ISaGRAF.

Un gran número de software simuladores de PLC han aparecido en el mercado garantizando una automatización más efectiva y rápida. De la misma forma han evolucionado diferentes software de propósitos generales que traen consigo no sólo las opciones de programación en los distintos lenguajes sino también opciones de simulación. Un ejemplo notable lo constituye el software ISaGRAF, también usado en el diseño de la aplicación que se describe.

El software ISaGRAF, versión 3.46, utilizado para el desarrollo de la aplicación, permite crear, simular y guardar programas. Además posibilita la comunicación con varios tipos de autómatas, aunque Siemens S5 no está incluido. Soporta los lenguajes más difundidos de programación de autómata: Diagrama de Funciones Secuenciales (SFC), Diagrama de flujo (FC), Diagrama de Bloques de función (FBD), Diagrama de Contactos (LD), Texto Estructurado (ST) y Lista de Instrucciones (IL).

Los requisitos de hardware y software para instalar el banco de trabajo del ISaGRAF son fácilmente superables por cualquier computadora moderna pues no exige condiciones excepcionales que limiten su aplicación.

Una vez instalado el ambiente de trabajo de ISaGRAF cuenta básicamente de tres ventanas:

1. Gestor de proyectos.
2. Gestor de programas
3. Editor de programa

Gestor de proyectos.

La herramienta de gestión de proyectos de ISaGRAF puede cargarse por medio del icono de "Proyecto". Esta contiene dos ventanas, en la superior se halla la lista de proyectos existentes y el texto que describe el proyecto seleccionado se muestra en la ventana inferior. Los componentes de un proyecto son los programas; los mismos no son más que una entidad lógica que describe una parte del control de la ejecución. Las variables que intervienen en el proceso (tales como las variables de E/S) pueden declararse de tipo global o de tipo local.

Gestor de programas.

La ventana del Gestor de Programas (**Fig. 2.2**) muestra los programas (también denominados módulos o unidades de programación) de la aplicación y agrupa en menús los comandos disponibles para la creación de la arquitectura del proyecto y la ejecución de editores, el compilador y el depurador (*debugger*). Esta ventana es el centro del banco de trabajo durante el desarrollo de una aplicación. La misma puede abrirse mediante el comando “Abrir” del Gestor de Proyectos.

Editor de programas.

Cada programa se describe en un único **lenguaje**, seleccionado en el momento de crear el programa y no puede cambiarse posteriormente. Sin embargo, los diagramas **FBD** pueden incluir partes en **LD** y los diagramas **LD** pueden contener llamadas a bloques de función. Se dispone de los siguientes lenguajes gráficos: **SFC** (Diagrama de Funciones Secuenciales), **FC** (Diagrama de flujo), **FBD** (Diagrama de Bloques de función) y **LD** (Diagrama de Contactos). Se dispone además de los siguientes lenguajes literales: **ST** (Texto Estructurado) e **IL** (Lista de Instrucciones). Los lenguajes **SFC** y **FC** están reservados para los programas principales e hijo de la sección secuencial.

Para la depuración de la aplicación se utiliza el depurador gráfico de ISaGRAF ejecutado mediante el comando "*Depurar*" del menú, bien en modo simulado o en modo de conexión real y para simular se utiliza el comando "*Simular*". En este modo de funcionamiento se abre la ventana del simulador.

Este comando es muy útil para comprobar la aplicación sin necesidad de la máquina objeto. Al iniciar el simulador se cierra la ventana del Gestor de Programas y se abre de nuevo en modo depuración una vez que ya están abiertas las ventanas tanto del depurador como del simulador. No se puede ejecutar el simulador si previamente no se ha generado el código objeto, o si hay ventanas de hijos (editores, generación de código, conexión E/S, etc.) abiertas. A los comandos de depuración y Simulación pude accederse también a través de los menús de los editores ISaGRAF.

El lenguaje SFC se utiliza para describir las operaciones de un proceso secuencial. Utiliza una representación gráfica sencilla para exponer los diferentes pasos de un proceso, junto con condiciones que permiten la modificación de pasos activos (Grafcet). Se entra en un programa SFC por medio del editor gráfico SFC de ISaGRAF (Fig. 2.2). SFC es el núcleo de la norma IEC 1131-3. Los restantes lenguajes suelen describir las acciones que tienen lugar dentro de los pasos y las condiciones lógicas de las transiciones. El editor gráfico SFC de ISaGRAF permite al usuario introducir programas SFC completos. Combina la capacidad de editar gráficos y texto, lo que permite la incorporación tanto del diagrama SFC como de las acciones y condiciones correspondientes.

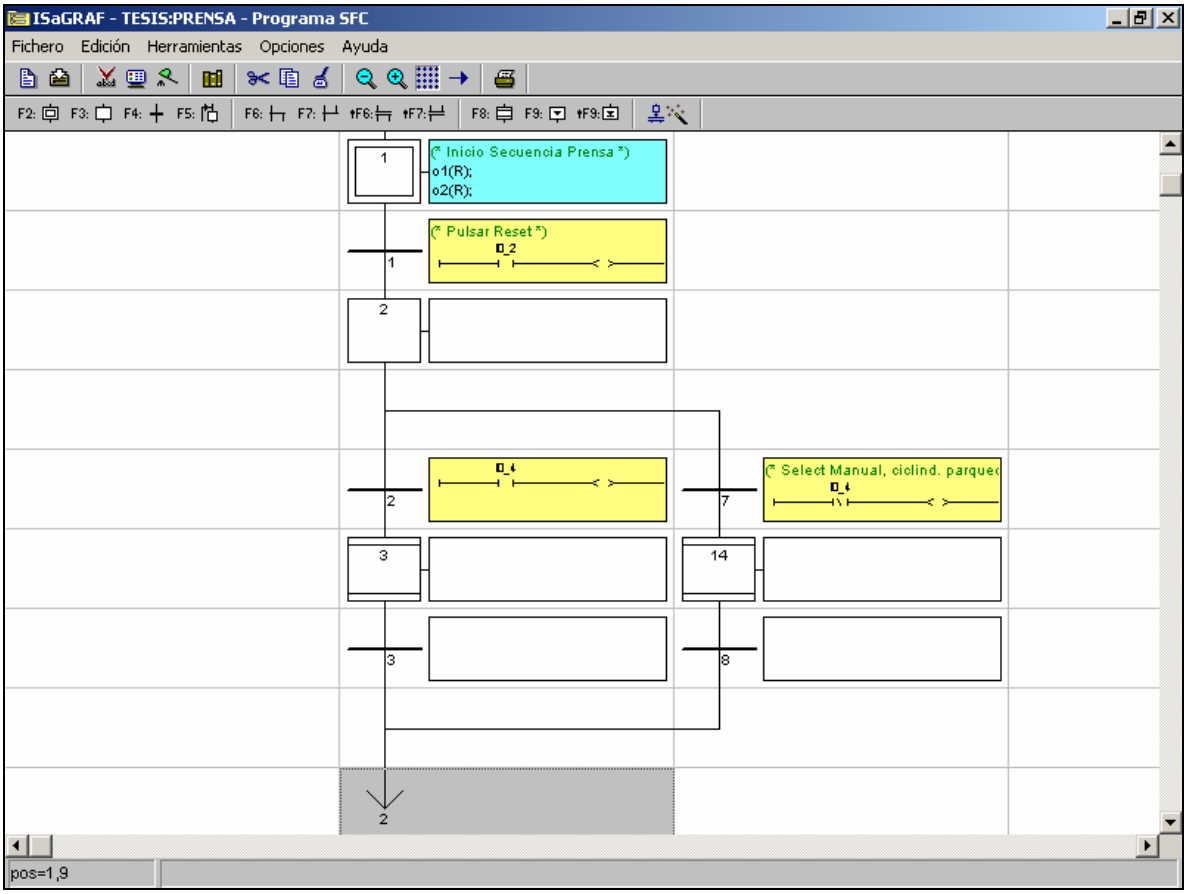


Fig. 2.2 Editor de programa SFC.

Vista las herramientas para la edición y simulación del modelo de la planta se analizarán las características técnicas del PLC objeto de la aplicación; a partir de las mismas se analizará si cumple o no con los requerimientos de la planta.

2.4 Autómata SIEMENS S5.

A la hora de concebir, diseñar e implementar un sistema automatizado a base de autómatas programables juega un rol fundamental la experiencia del especialista, no sólo con las características del proceso sino también con relación a las herramientas que se emplearan para tales propósitos.

Simatic S5, es una familia de PLC de la firma Siemens AG, con diferentes componentes: autómatas programables, módulos inteligentes de E/S, programadores, etc. Es amplia la gama de autómatas programables de esta firma, desde los minicompactos para pequeñas aplicaciones hasta los más adecuados para tareas de automatización de mediana y gran complejidad.

Los autómatas 90 y 95 son los más nuevos autómatas de esta familia, donde han sido combinadas la experiencia obtenida en las aplicaciones del autómata modular S5-100U y las nuevas tendencias de la tecnología moderna, por tanto han sido obtenidas diferentes ventajas en estos equipos compactos:

- Periferia integrada
- Sencillez en la programación, incluso son programables sin terminal de programación especial mediante una PC.
- Tiempos de ciclo y reacción más cortos, entradas de alarmas más rápidas,
- Fáciles de ampliar,
- Posibilidades de comunicación con otros dispositivos de automatización
- Fáciles de manejar, por ejemplo, en el diagnóstico de errores
- Precio muy atractivo

Si se revisa detalladamente toda la información de la familia Simatic S5, se concluye que todos los autómatas S5 tienen la misma estructura, o sea, sus unidades funcionales son las mismas con las correspondientes diferencias internas, (microprocesadores, capacidad de memoria, etc), que son las que representan la potencialidad de los autómatas.

En la siguiente figura se muestra el esquema general del S5-95U.con sus partes numeradas de manera que se facilite su posterior explicación.

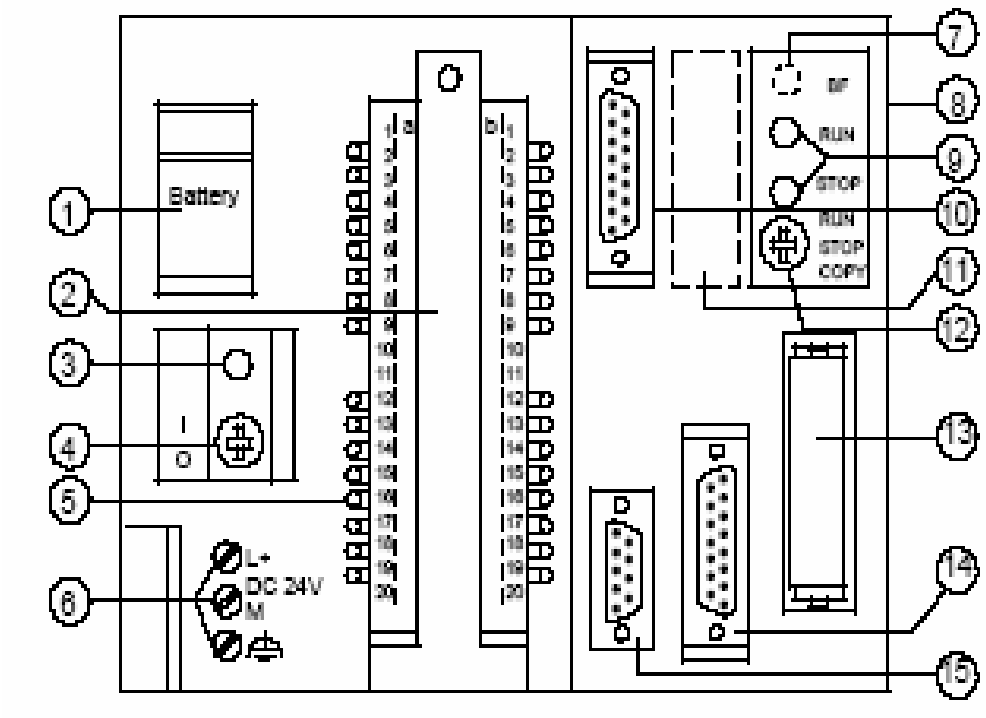


Fig. 2.3. esquema general del S5-95U.

2.4.1 Características técnicas.

El S5-95 de Siemens posee un bloque de conexión (2) con dos grupos de 8 salidas digitales cada uno, numeradas desde Q32.0 a Q32.7 y desde Q33.0 a Q337, y un grupo de 16 entradas digitales (I32.0..I33.7). Todas están aisladas eléctricamente del circuito de control por medio de acopladores ópticos [10].

También tiene *onboard* un conector DB-15 hembra (10) para el conexionado de ocho entradas (IW40…IW54) y una salida analógica, y un conector DB-9 hembra (15) para cuatro entrada de interrupciones o alarmas y dos entradas de contadores.

Está provisto de un puerto de comunicación, a través de otro conector DB-15 hembra (14), que permite conectarse con un programador o con la PC. A través del mismo puede implementarse una red de comunicación entre varios autómatas de la familia SIMATIC denominada SINEC L1, la misma funciona bajo el principio master-esclavo y soporta hasta 31 dispositivos.

Posee una capacidad de memoria RAM de 8K palabras, de ellos 4K de instrucciones y el resto de datos. En la misma se almacenan las 2048 marcas que posee el autómata, de ellas las primeras 512 son remanentes [10].

Tiene incorporada una batería (1) que garantiza mantener el contenido de la memoria RAM en caso de falla eléctrica o al apagar el autómata. Posee un "*socket*" (13) para conectar bloques de memoria E(E)PROM, en la que es posible almacenar el programa o cargarlo desde esta en caso que falle la batería. Otras características técnicas son mostradas en el anexo D

Su repertorio de instrucciones le permite realizar operaciones lógicas booleanas, de carga y transferencia de datos, aritméticas, activar o desactivar (S/R) zonas de memoria, variables de salida, temporizadores y contadores, entre otras. El tiempo de ciclo es relativamente pequeño, de 2 milisegundos por 1 k instrucciones.

Como puede verse en el análisis de la planta a controlar realizado en el capítulo I, en el proceso intervienen un total de 26 entradas y 18 salidas analógicas, por lo que será necesario y suficiente adicionarle dos módulos de 8 entradas digitales cada uno y un módulo de 8 salidas digitales. De esta manera se consigue dejar como margen un conjunto de entradas y salidas disponibles, de forma que sea un sistema abierto para futuros cambios o crecimiento de la planta, o para en caso que alguna se averíe poder redireccionarla, garantizando la continuidad del proceso.

Por lo que respecta a velocidad de respuesta y tiempo de ciclo del autómata puede observarse que fácilmente cubre las demandas del sistema donde la dinámica del mismo resulta lenta en comparación con los tiempos de operación del autómata. El tiempo que tarda un cilindro en hacer su recorrido esta en el orden de los segundos, así como la decompresión de la línea tarda varias décimas de segundo. Como ya se dijo, estos aspectos no constituyen un problema.

Comprobado que el autómata seleccionado para controlar la planta realmente satisface los requerimientos de la misma, se procederá con el análisis del *software* empleado para su programación.

2.4.2 Software de programación.

Los paquetes de software para programación de autómatas convierten un ordenador personal en un equipo de programación específico, aprovechando sus potentes recursos de interfaz con otros sistemas (impresoras, otros PC) y con el usuario (teclado, monitor), y el bajo precio del hardware debido a la estandarización y generalización de uso de los ordenadores compatibles. Esta opción (PC+software) constituye, junto con las consolas, prácticamente la totalidad de equipos de programación utilizados por los programadores de autómatas, aunque estas últimas en menor medida.

Los requisitos de hardware y software exigidos para instalar sobre la PC un entorno de programación de autómatas suelen ser en general muy ligeros.

Algunos entornos actuales que corren sobre Windows presentan exigencias algo más significativas en cuanto al hardware necesario en la PC, aunque en la práctica quedan cubiertas si el equipo está ya soportando el entorno Windows.

El paquete de programación se completa con la unidad externa de conexión que convierte y hace compatibles las señales físicas entre la salida serie estándar de la PC (RS-232C) y el puerto de conexión de la consola del autómata.

Los equipos de programación funcionan en diferentes modos, según la fase del desarrollo en que se encuentra el programador, edición del programa de usuario, puesta a punto de la aplicación o documentación, etc. Dentro de cada modo, el programador accede a sus funciones propias mediante los comandos específicos (por ejemplo, en modo editor, borrar, insertar, buscar, sustituir, etc.).

Dado que la función básica del equipo de programación consiste en introducir y corregir un programa sobre el autómata, los modos de trabajo de los diferentes equipos son semejantes entre sí, aunque, en la práctica, su presentación pueda tener un aspecto muy diferente entre unos y otros fabricantes. De hecho, resulta muchas veces más difícil conocer y utilizar con soltura una unidad de programación dada que encontrar las diferencias de programación entre uno y otros autómatas, sobre todo si utilizan el mismo lenguaje (instrucciones, contactos. etc.).

Existen varios software que soportan la programación de SIEMENS, se pueden mencionar el STEP 5 o su versión más moderna STEP 7, o el software usado en el desarrollo de la aplicación que aquí se aborda, el PG95, entre otros.

El caso planteado en esta aplicación se soporta en la utilización del PG95 como herramienta de programación debido a que el mismo presenta facilidades para la simulación, además se ha utilizado con anterioridad para la solución de problemas similares obteniéndose muy buenos resultados, pero principalmente porque es con el que se contaba. A continuación se procede a explicar dicha herramienta.

El software PG-95, empleado para la programación de la aplicación de control, permite generar y manipular ficheros con extensión S5D, los cuales contendrán el código de programa para el autómata. Permite, además, la comunicación con el autómata a través de un puerto serie de la PC, lo cual hace posible transferirle programas o importarlos desde el mismo. Los bloques contenidos en cada uno de los ficheros abiertos se muestran en una lista, de la misma se selecciona el que vaya a ser editado.

Otra característica distintiva del PG 95 es que permite la edición de los bloques de programas en cualquiera de los siguientes tres lenguajes de autómatas estandarizados: lista de instrucciones, bloque de funciones, diagrama de contactos. En la ventana de edición se selecciona el lenguaje a utilizar, o incluso, puede cambiarse de uno a otro sin complicación por lo que la programación se realizará de una manera fácil y agradable, pudiendo seleccionar en cada momento el lenguaje que mejor represente la función a implementar.

Siemens S5 divide sus programas en bloques, los cuales pueden clasificarse en cinco grupos: OBs (Organization Blocks), PBs (Program Blocks), FBs (Function Blocks), SBs (Sequential Blocks), DBs (Data Blocks). Todo programa debe contener al menos el bloque OB 01. Este bloque es ejecutado cíclicamente por la CPU del autómata, a partir de él es posible realizar llamadas a los bloques restantes de programación.

La figura 2.4 muestra la ventana de edición en diagrama de contactos con la barra de herramientas en la parte superior y la paleta a en el lado derecho.

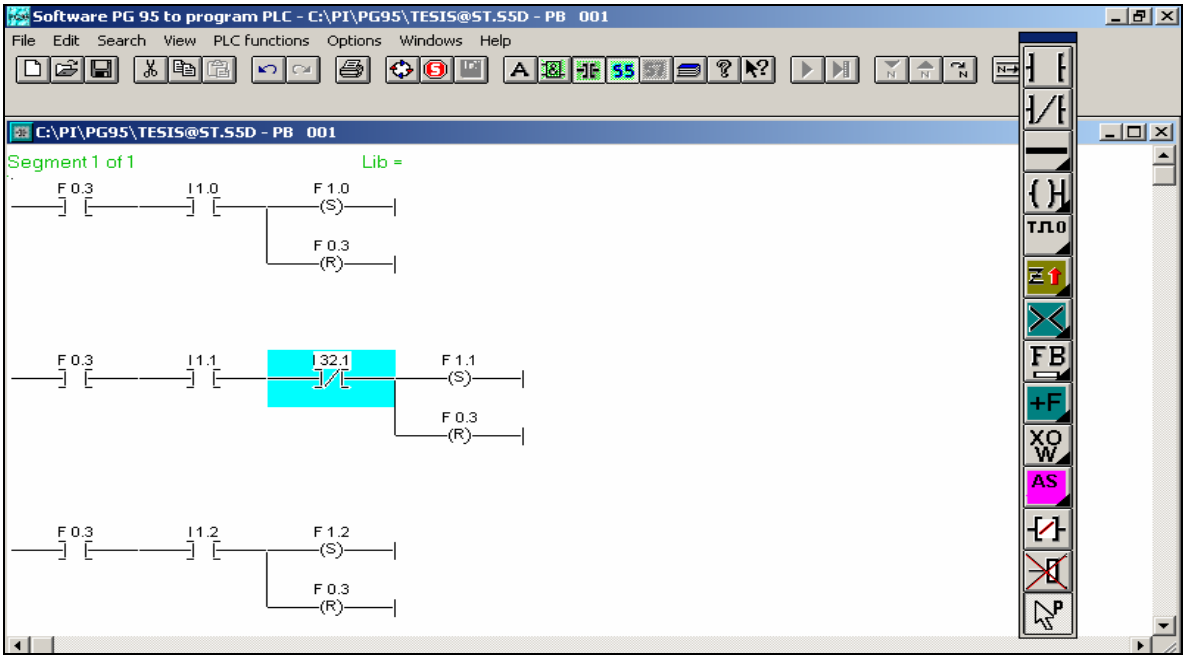


Fig. 2.4. Ventana de edición del PG-95.

La simulación de un programa S5D puede realizarse con el software S5-EMU, que viene junto con el PG-95 en el paquete de instalación. En la ventana de simulación del software se incluyen las variables de entrada y de salida, los temporizadores y los contadores, así como las marcas que se quieran observar o se desee cambiar su valor. La Fig. 2.5 muestra la ventana de simulación.

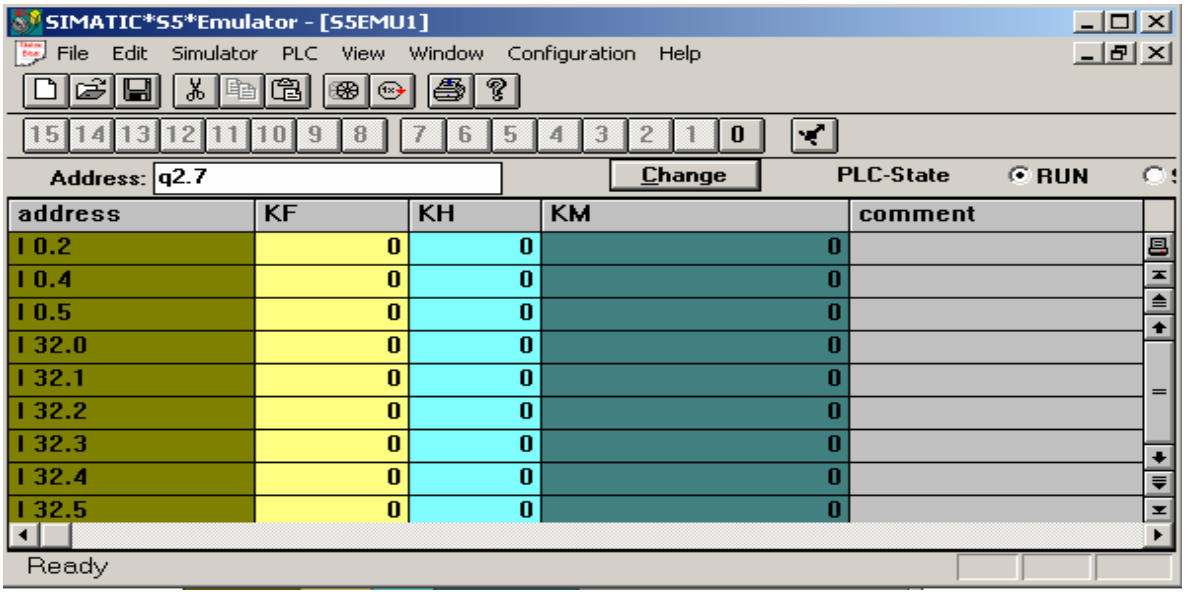


Fig. 2.5 Ventana de simulación.

Conclusiones.

- Siguiendo los pasos definidos en la metodología planteada para el diseño de la aplicación se garantiza que los resultados obtenidos sean conforme a lo que se persigue.
- Del análisis detallado de las herramientas que se emplearan se deduce que las mismas son viables para el desarrollo de las actividades contempladas en la metodología para el diseño de la aplicación.
- El autómata a utilizar cumple ampliamente con los requerimientos del sistema.

Capítulo III

Capítulo III. Diseño de la Aplicación.

El capítulo refiere el diseño general de la aplicación de control automático a base de PLC SIEMENS S5. Se comienza con la modelación del proceso secuencial utilizando el Grafcet como herramienta fundamental. Establecido un modelo que describa el funcionamiento de la planta a controlar se procede con la simulación utilizando el software ISaGRAF. Seguidamente se convierte el modelo obtenido a lenguaje de autómata para luego validar la aplicación de forma práctica sobre el proceso y arribar a conclusiones sobre capacidad para funcionar de forma correcta según lo establecido al comienzo del diseño. Por último se plantean algunas consideraciones sobre la factibilidad económica.

3.1 Modelación y simulación del proceso.

El modelado de la prensa se estructura en tres bloques de programa, bloque principal, bloque de secuencia manual y bloque de secuencia automática.

En el bloque principal se inicia el automatismo, contiene un total de cuatro etapas, la inicial, una etapa normal y dos macroetapas, una describe la secuencia manual y la otra la secuencia automática. Estas últimas se desarrollan en bloques independientes y son activadas según se elija por medio del selector de ciclo.

El bloque de secuencia manual desarrolla la macroetapa 3, utilizando un total de 11 estados. Por su parte, el bloque de secuencia automática desarrolla la macroetapa 14 utilizando 17 estados para la representación gráfica de su secuencia, incluyendo una macroetapa que posee otros cinco estados, la cual se desarrolla en el mismo bloque.

A continuación se detalla la secuencia desarrollada en cada bloque en Grafcet:

3.1.1 Bloque principal.

La siguiente figura muestra el modelo en Grafcet asociado al bloque principal a partir del cual se le da comienzo al programa.

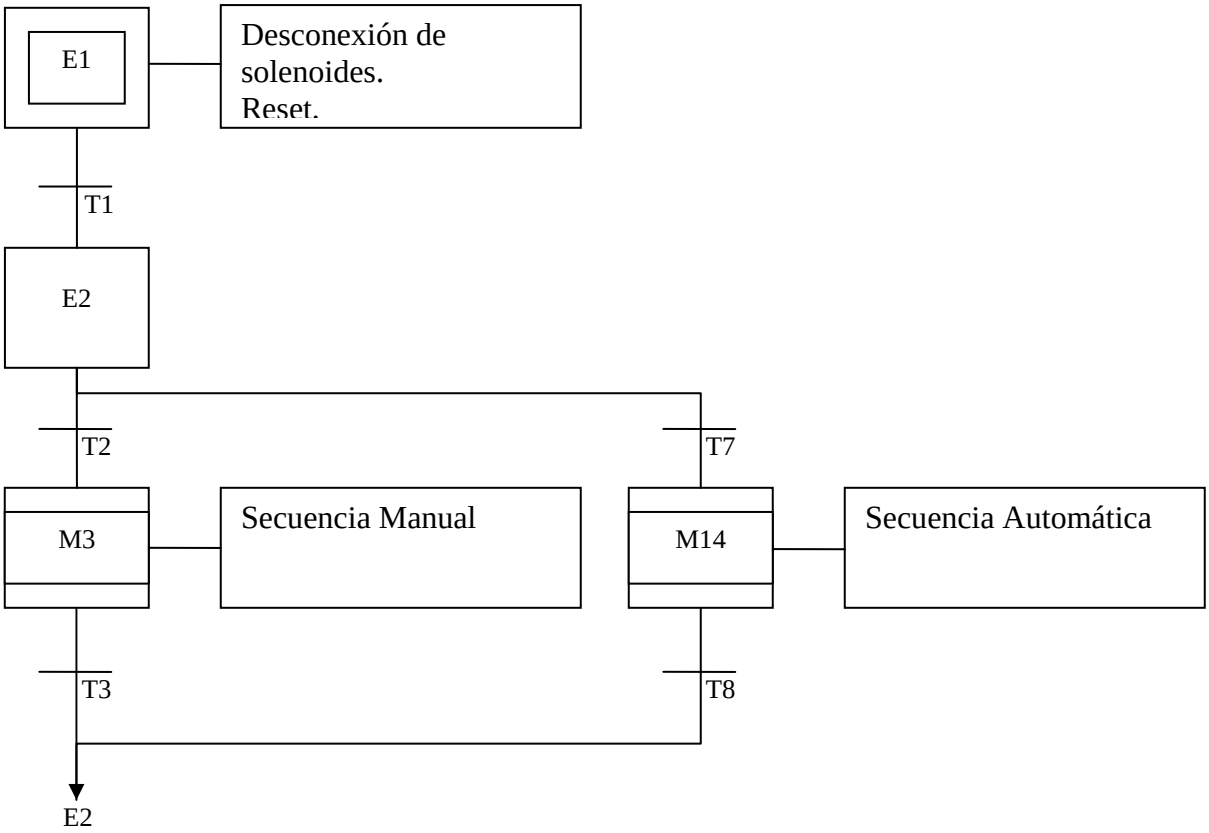


Fig. 3.1. Modelo del bloque principal.

E 1: Etapa inicial, se habilita inmediatamente que comienza el automatismo y continua el desarrollo de la secuencia. Se encarga de desactivar todos los solenoides de las válvulas y el apagado del motor de la bomba de presión.

E 2: Etapa normal, no tiene acción asociada. Mediante una divergencia en OR, puede transitarse a la macroetapa 3 (manual) o la macroetapa 14 (automática), según se fije el selector de ciclo en manual o automático.

M 3: Macroetapa de secuencia de funcionamiento manual.

M 14: Macroetapa de secuencia de funcionamiento automático.

T 1: Verdadera si se presiona el pulsador “Reset”.

T 2: Verdadera si el selector de ciclo se coloca en “Manual”.

T 3: Verdadera.

T 7: Verdadera si el selector de ciclo se coloca en “Automático”.

T 8: Verdadera.

Nota: Las transiciones T3 y T8 convergen en OR hacia la etapa 2.

Como se aprecia en la figura anterior, el modelo parte de una etapa inicial donde se desactivan todas las salidas del sistema, seguidamente se entra en la etapa E2 a partir de la cual se selecciona la secuencia a desarrollar, manual o automática, representadas por las macroetapas correspondientes. Por ultimo se indica el regreso a la etapa E2 luego de finalizar la secuencia seleccionada.

3.1.2 Bloque secuencia manual.

La siguiente figura representa el ciclo manual de operación. Se comienza por la activación de la etapa E3 para entonces transitar a la etapa correspondiente a la acción que se vaya a ejecutar. Posteriormente, finalizada la acción se transita a la etapa E5 donde ocurre la decompresión del sistema. El ciclo finaliza en la etapa E6, donde se desconectan las válvulas que comandan los cilindros

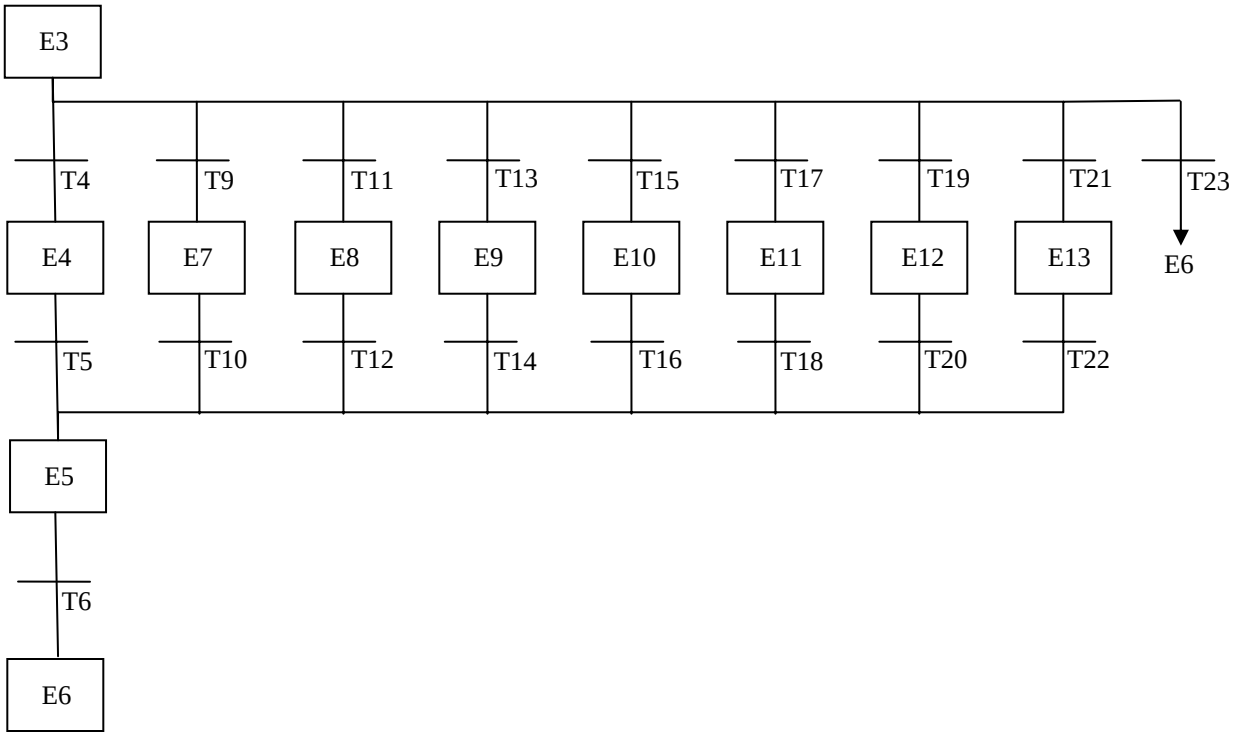


Fig. 3.2 Modelo del ciclo manual de operación.

E3: Ocurre divergencia en OR, permitiendo, según la transición que sea franqueada, la activación de las etapas 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 o saltar directamente a la etapa 6.

E 4: Acción asociada “Avance del Empujador”. Activa solenoides A y P,

E 5: Acción asociada “Paro”. Detención de cilindros en movimiento. Desconexión de solenoide P para eliminar la presión de línea.

E 6: Constituye el final de la macroetapa. Se le asocia la función de desconectar las electroválvulas E1, E2, E3 y E4 desactivando sus solenoides.

E 7: Realiza la acción “Retroceso del Empujador”. Activa solenoides B y P.

E 8: Realiza la acción “Bajar la Tapa Superior”. Activa solenoides C y P.

E 9: Realiza la acción “Subir la Tapa Superior”. Activa solenoides D y P.

E 10: Realiza la acción “Avance Plato Opresor”. Activa solenoides E y P.

E 11: Realiza la acción “Retroceso Plato Opresor”. Activa solenoides F y P.

E 12: Realiza la acción “Abrir Puerta Expulsión”. Activa solenoides G y P.

E 13: Realiza la acción “Cerrar Puerta Expulsión”. Activa solenoides H y P.

T 4: Es verdadera si se presiona el pulsador “Avance del Empujador”

T 5: Es verdadera si no está presionado el pulsador “Avance del Empujador”.

T 6: Es verdadera si el presostato PS1 está desactivado.

T 9: Es verdadera si se presiona el pulsador “Retroceso del Empujador” y no está activo el fin de carrera correspondiente.

T 10: Es verdadera si no está presionado el pulsador “Retroceso del Empujador” o se activa el fin de carrera correspondiente.

T 11: Es verdadera si se presiona el pulsador “Bajar Tapa”.

T 12: Es verdadera si no está presionado el pulsador “Bajar Tapa”.

T 13: Es verdadera si se presiona el pulsador “Subir Tapa” y no está activo el fin de carrera correspondiente.

T 14: Es verdadera si no está presionado el pulsador “Subir Tapa” o se activa el fin de carrera correspondiente.

T 15: Es verdadera si se presiona el pulsador “Avance Plato Opresor”

T 16: Es verdadera si no está presionado el pulsador “Avance Plato Opresor ”.

T 17: Es verdadera si se presiona el pulsador “Retroceso Plato Opresor” y no está activo el fin de carrera correspondiente.

T 18: Es verdadera si no está presionado el pulsador “Retroceso Plato Opresor” o se activa el fin de carrera correspondiente.

T 19: Es verdadera si se presiona el pulsador “Abrir Puerta de Expulsión” y no está activo el fin de carrera correspondiente.

T 20: Es verdadera si no está presionado el pulsador “Abrir Puerta de Expulsión” o se activa el fin de carrera correspondiente.

T 21: Es verdadera si se presiona el pulsador “Cerrar Puerta de Expulsión” y no está activo el fin de carrera correspondiente.

T 22: Es verdadera si no está presionado el pulsador “Cerrar Puerta de Expulsión” o se activa el fin de carrera correspondiente.

T 23: Es verdadera si el selector de ciclo se coloca en automático.

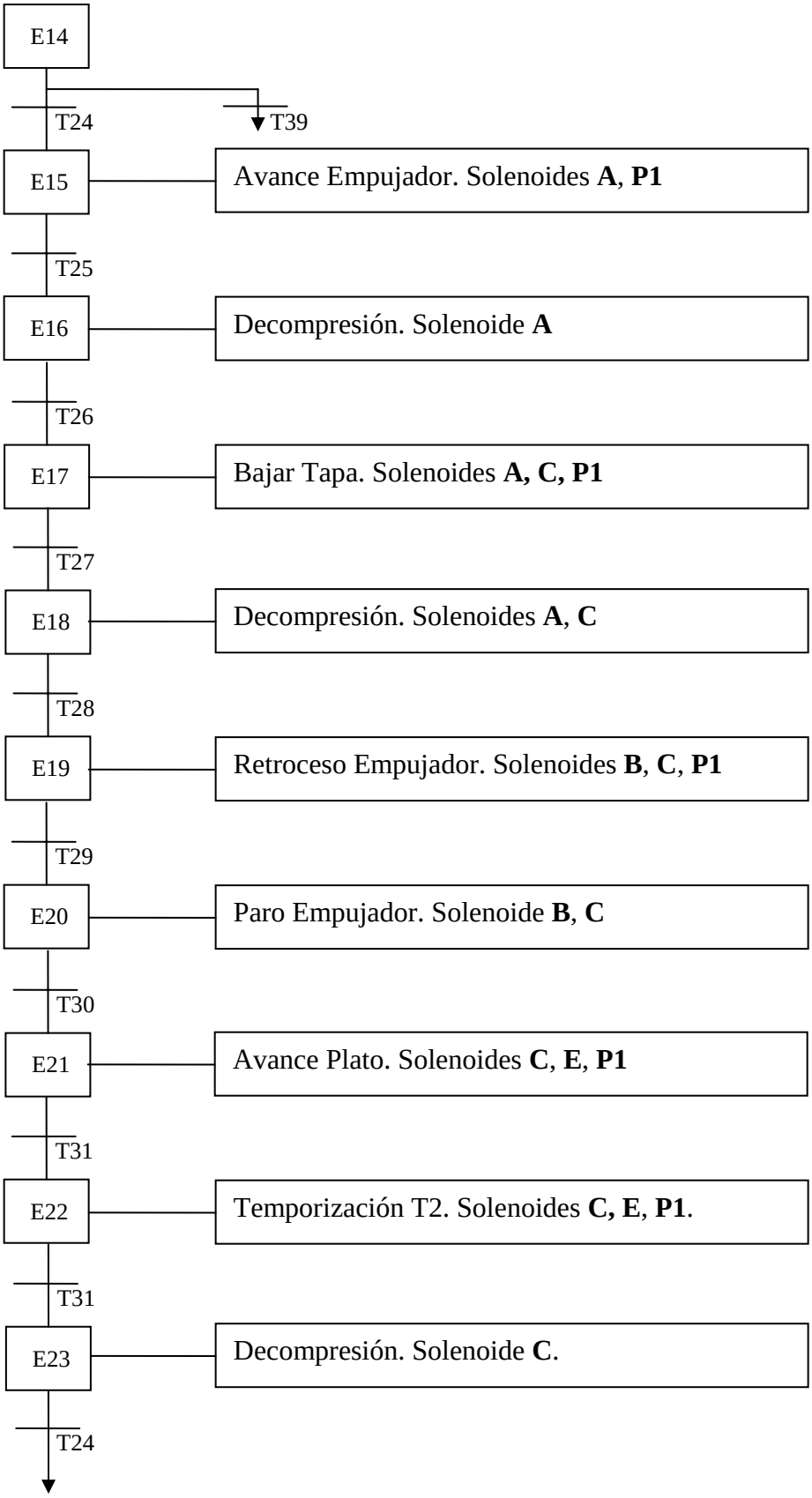
3.1.3 Bloque secuencia automático.

La modelación del ciclo automático es la de mayor peso en la aplicación pues de ella depende el buen funcionamiento de la prensa. Lo preciso que se haga el modelado definirá el desempeño durante la explotación.

Esta etapa toma en consideración los siguientes aspectos:

- Para iniciar el funcionamiento de la prensa será necesario, luego de energizado el sistema, presionar el “Reset”.
- Para iniciar el ciclo automático, todos los cilindros tienen que estar recogidos y presionarse el pulsador “Inicio de ciclo”.
- El cilindro empujador deberá recogerse luego que la tapa superior baje, de manera que pueda emplearse el tiempo de ciclo restante para la carga de material, eliminando el tiempo muerto.
- Para disminuir el tiempo de ciclo, luego de expulsado el paquete, la puerta de expulsión se cierra mientras el plato opresor regresa a su posición inicial.

El modelo secuencial se inicia en la etapa E14, de donde es posible realizar el ciclo automático completo o pasar al ciclo manual. Esta posibilidad se toma en cuenta puesto que el inicio de ciclo automático depende en parte de la posición en que se encuentran los cilindros, en caso de no estar recogidos totalmente se debe conmutar al ciclo manual para llevarlos a esta posición.


E14
T24
T39
E15
Avance Empujador. Solenoides **A**, **P1**
T25
E16
Decompresión. Solenoide **A**
T26
E17
Bajar Tapa. Solenoides **A, C, P1**
T27
E18
Decompresión. Solenoides **A**, **C**
T28
E19
Retroceso Empujador. Solenoides **B**, **C**, **P1**
T29
E20
Paro Empujador. Solenoide **B**, **C**
T30
E21
Avance Plato. Solenoides **C**, **E**, **P1**
T31
E22
Temporización T2. Solenoides **C, E**, **P1**.
T31
E23
Decompresión. Solenoide **C**.
T24

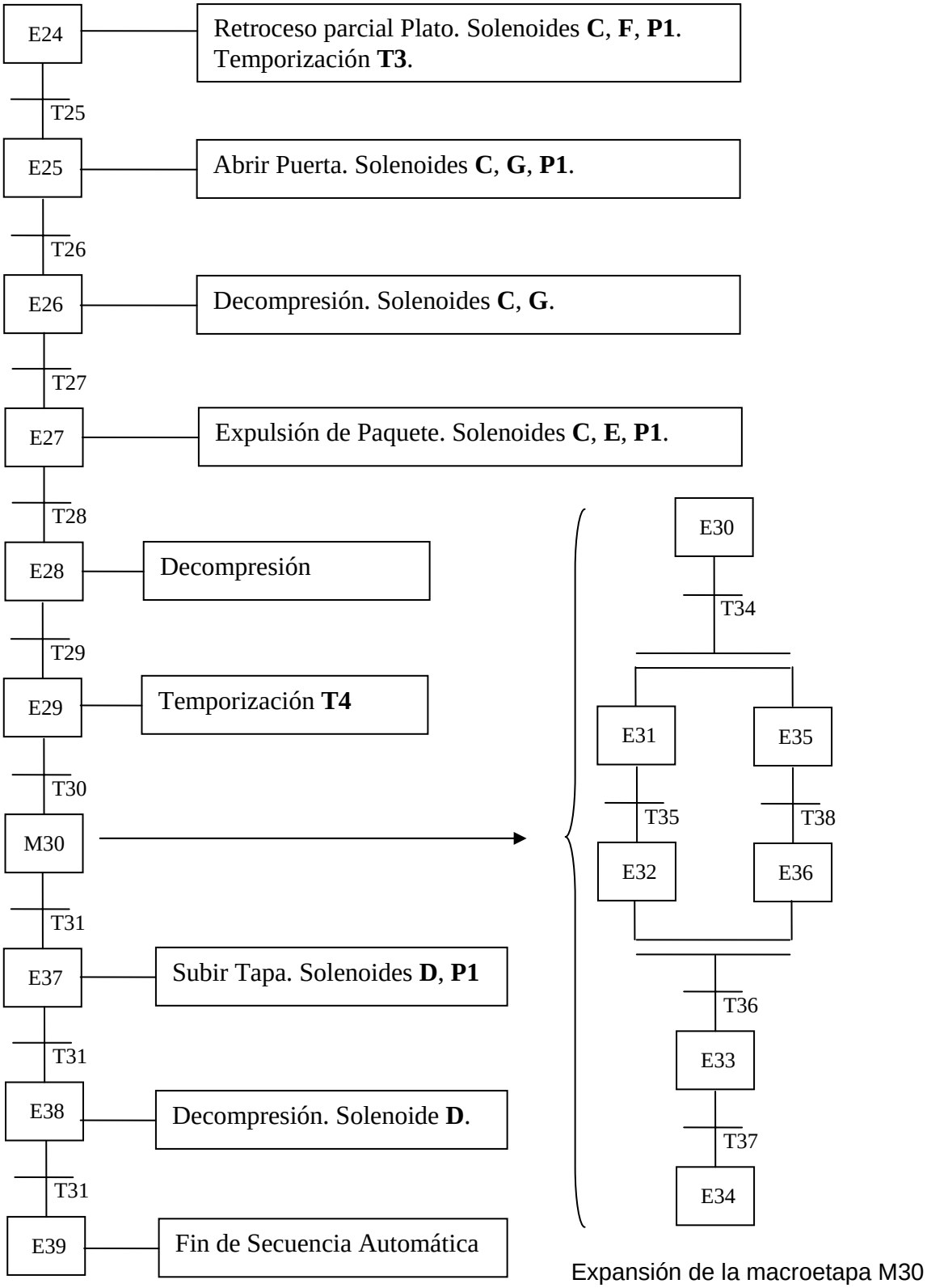


Fig. 3.3 Modelo del ciclo automático de operación.

La macroetapa M30, desarrollada a la derecha de la misma, describe la secuencia de operación para el retroceso del plato opresor y el cierre de la puerta de expulsión, garantizando que se haga de forma simultanea para acortar así el tiempo de ciclo. Ver Fig. 3.3

Inicialmente, la etapa E30, se encarga del retroceso del plato opresor durante aproximadamente un segundo; con esto se logra que el recorrido de la puerta de expulsión quede libre, ya que el plato opresor al expulsar el paquete avanza hasta su fin de carrera el cual está colocado de manera tal que éste rebase ligeramente la posición de la puerta. De no ser recogido, la puerta tropezaría con él.

Mediante divergencia en AND se accede a la etapa E35, encargada de cerrar la puerta, y a la etapa E31, que continúa con el retroceso del plato opresor, logrando simultaneidad en la ejecución de ambos procesos. Al llegar la puerta a su fin de carrera se detiene transitando a la etapa E36. De igual manera ocurre con el plato opresor, transitándose a la etapa E32. Ambos estados (E32 y E36) convergen en AND hacia E33 donde ocurre la decompresión de la línea. Terminada la decompresión la macroetapa llega a su final con la etapa E34.

3.1.4 Simulación.

El proceso de simulación esta concebido para validar en cierta medida el modelo secuencial del proceso obtenido con la herramienta Grafcet. De esta forma se puede conocer sin necesidad de trabajar sobre el proceso real si se cumple con los requerimientos de diseño.

Para la simulación del funcionamiento de la prensa a partir del modelo obtenido, utilizando el software ISaGRAF se comienza por editar el modelo. El primer paso es crear un proyecto (Tesis) que contendrá el programa (Prensa) con el modelado de la prensa, al que se le introducirá el diagrama gráfico secuencial (Grafcet) a través de la ventana de edición correspondiente.

Antes de simular será necesario declarar las variables que interviene en el sistema, las mismas se muestran en la tabla 3.1, éstas son de tipo Booleana.

Variable	Tipo	Comentario	Variable	Tipo	Comentario
I0_1	E	Inicio de ciclo	I2_3	E	Final Bajar Tapa
I0_2	E	Reset	I2_4	E	Final Subir Tapa
I0_4	E	Selector Manual/Automático	I2_5	E	Final Avance Plato
I0_5	E	Presostato PS1	I2_6	E	Final Retroceso Plato
I0_6	E	Presostato PS2	I2_7	E	Final Cerrar Puerta
I1_1	E	Pulsador Avance Empujador	I2_8	E	Final Abrir Puerta
I1_2	E	Pulsador Retroc. Empujador	O1	S	Solenoide A
I1_3	E	Pulsador Bajar Tapa	O2	S	Solenoide B
I1_4	E	Pulsador Subir Tapa	O3	S	Solenoide C
I1_5	E	Pulsador Avance Plato	O4	S	Solenoide D
I1_6	E	Pulsador Retroceso Plato	O5	S	Solenoide E
I1_7	E	Pulsador Cerrar Puerta	O6	S	Solenoide F
I1_8	E	Pulsador Abrir Puerta	O7	S	Solenoide G
I2_1	E	Final Avance Empujador	O8	S	Solenoide H
I2_2	E	Final Retroceso Empujador	O10	S	Solenoide P

Tabla. 3.1 Variables del sistema.

Declaradas las variables y los temporizadores que intervienen en el proceso se procede a construir la aplicación con el generador de código y luego se ejecuta el comando “Simular”.

Se aprecia en la simulación que el programa transita secuencialmente por los estados definidos según quedó establecido. Primeramente fue necesario activar la señal de “Reset” que da inicio al funcionamiento del proceso, seguidamente se comprobó la secuencia de funcionamiento manual en la cual se aprecio que la válvula de presión entraba retardada respecto a las electroválvulas de accionamiento de cilindros tal y como se planteo en los requerimiento de diseño. Por su parte, al entrar en el ciclo automático, pudo verse que la secuencia sólo comenzaba una vez que los cilindros estaban en su posición recogida y se enviaba la señal de inicio de ciclo.

Hasta el momento la simulación demuestra la exactitud del modelo para describir el carácter secuencial del proceso en cuestión. Otros aspectos como “Stop” de emergencia y temporizaciones no se consideraron en la simulación pues no se contemplaban en el modelo, hecho marcado por la fácil ejecución que se le puede dar a la hora de implementar sobre el autómata a través del código correspondiente.

Una observación importante recae en el hecho de haber usado el Grafcet como una herramienta de diseño y no directamente como lenguaje de autómatas, es por ello que se obviaron cuestiones que luego podían ser implementadas según se plantea en el párrafo anterior.

A modo de conclusión, se puede plantear que la simulación valida el modelo realizado para describir el funcionamiento de la planta, por lo que se está en condiciones de pasar a la etapa posterior, codificación.

3.2 Programación en lenguaje de autómata.

Una vez modelado el funcionamiento general de la prensa y comprobado mediante simulación que cumple con las consideraciones iniciales para el diseño, se procede a convertir el modelo a lenguaje de autómatas soportado por la familia de PLC SIEMENS S5.

Cabe destacar que aunque el Grafcet es un lenguaje soportado por la mayoría de los autómatas de hoy en día, el Simatic S5-95 de Siemens no lo posee. Dicha situación podría considerarse como una deficiencia, pues seria muy conveniente pasar directamente de la modelación al autómata sin tener que convertir código.

A pesar de lo anterior se prefirió realizar la modelación en Grafcet debido a que como ya se ha señalado este constituye una herramienta poderosa y sobre todo metodológica para la implementación de automatismos secuenciales, además resultar extremadamente fácil para convertir toda la modelación anterior a otro lenguaje de programación de autómatas, siguiendo el procedimiento descrito continuación.

3.2.1 Traducción a contactos.

La traducción a contactos constará de dos partes: la primera es la que representará la secuencia de estados tal como se ha modelado en Grafcet y la segunda las acciones asociadas a realizar en cada etapa.

3.2.1.1 Secuencia de estados.

Consiste en hacer seguir el camino por donde tiene que ir el diagrama, saltando de etapa a etapa cuando se cumpla la transición, todo ello eléctricamente.

La etapa inicial es diferente, debe activarse en el primer ciclo SCAN de la CPU al ponerse el autómata en RUN. Para iniciar esta etapa se necesita un impulso inicial que la active. Como SIEMENS S-5 no posee ninguna instrucción especial que haga esto, entonces debe ser generado como se muestra a continuación:

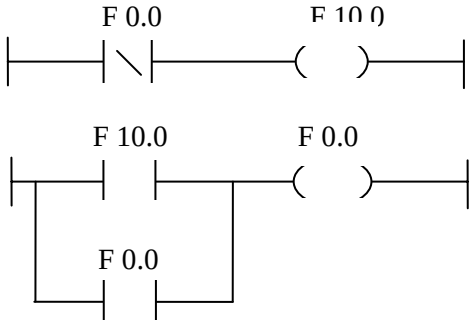


Fig. 3.4 Impulso inicial.

El impulso inicial (conseguido con la marca F10.0) sólo hará que la etapa inicial se active al pasar la CPU a RUN, luego, las marcas F10.0 y F0.0 no harán nada más. De esta forma el contacto F10.0 activará el estado inicial F0.1.

Iniciado el GRAFCET, para pasar a la siguiente etapa debe esperarse por el franqueamiento de la transición, cuando esto ocurra será necesario cambiar a la etapa siguiente y desactivar la actual, dejando siempre una sola etapa activa, así sucesivamente durante todo el diagrama.

En el siguiente esquema se muestra el proceso completo desarrollado para el bloque principal:

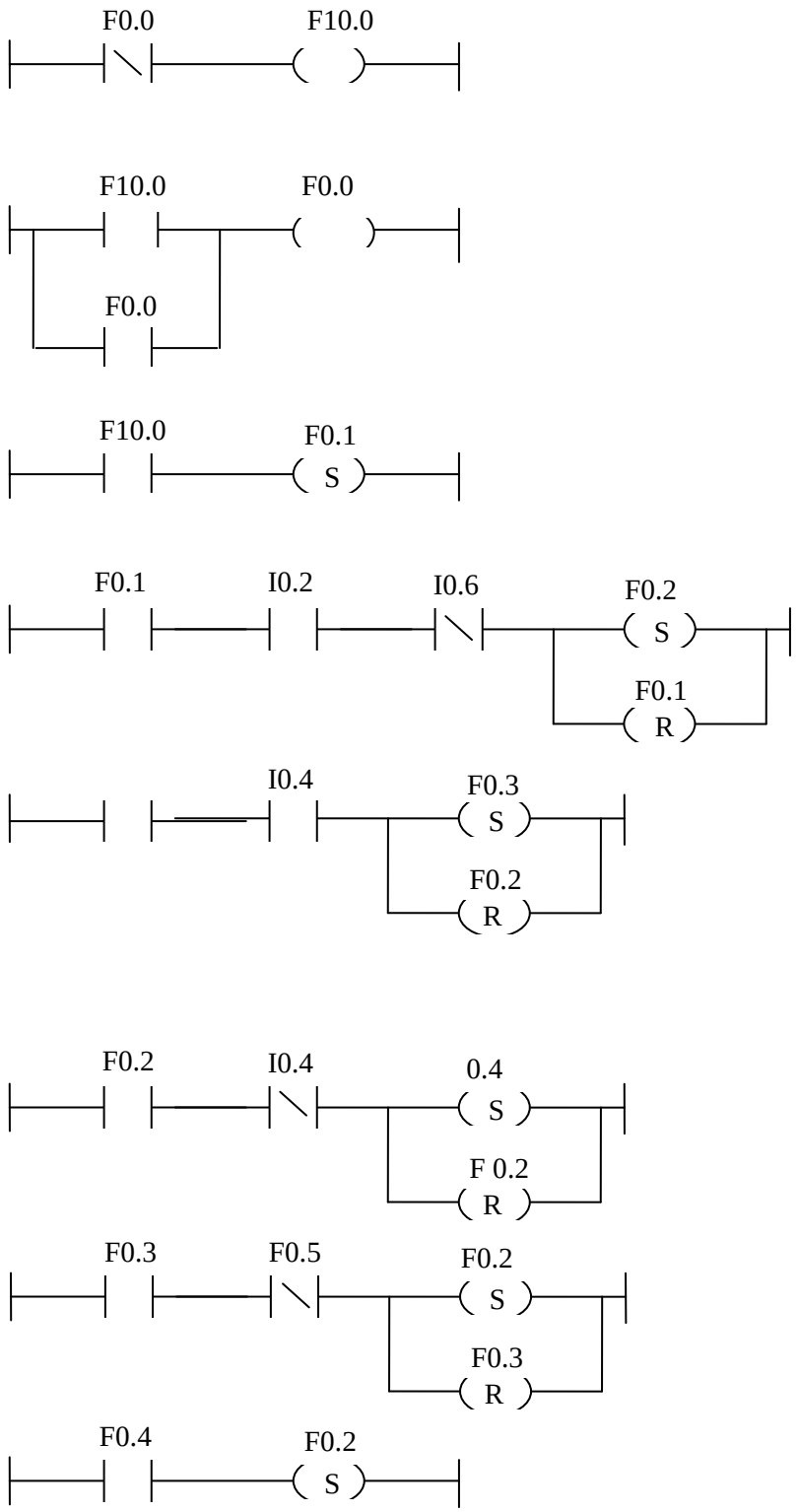


Fig. 3.5 Diagrama de contactos para el bloque principal.

El modulo principal en lista de instrucciones:

Segmento 1 of 3			**Bolque inicial**
:C	DB	1	Llamada al bloque de datos.
:AN	F	0.0	Se crea un pulso de inicialización
:=	F	10.0	manifestado en la marca F10.0
:A	F	10.0	
:O	F	0.0	La marca F0.0 se bloquea de manera
:=	F	0.0	que pulso sólo se genere una vez.
:A	F	10.0	El pulso generado activa
:S	F	0.1	el estado inicial. F0.1
:A	F	0.1	Si el estado 1 se encuentra activo
:A	I	0.2	y se da la señal “reset”
:AN	I	0.6	y no se pulsa el Stop Emergencia
:S	F	0.2	se transita al estado 2, F0.2
:R	F	0.1	y el estado 1 se desactiva.
:A	F	0.2	Estado 2 activo y
:A	I	0.4	selector de ciclo en “manual”
:S	F	0.3	Transitar a Estado 3 (M3 ciclo manual)
:R	F	0.2	desactivar estado 2.
:A	F	0.2	Estado 2 activo y
:AN	I	0.4	selector de ciclo en “Automático”
:S	F	0.4	transitar a Estado 14 (ciclo automático)
:R	F	0.2	desactiva estado 2.
:JU	PB	1	Salto incondicional a bloques de programa
:JU	PB	2	PB1 (Manual) y PB2 (Automático)
:A	F	0.3	Al terminar las secuencias
:O	F	0.4	manual o automática (F0.3,F0.4)
:S	F	0.2	volver a estado 2
:R	F	0.3	Desactivar estado previo
:R	F	0.4	(M3 o M14)

3.2.1.2 Acciones asociadas.

Terminada la primera parte se procede a conectar las acciones asociadas a cada etapa de manera que sólo funcionen cuando se activen.

En la figura siguiente se muestra una parte de este proceso; se han tomado las etapas que presentan en común la acción “Avance del empujador” lo que implica activar el solenoide A, conectado eléctricamente a la salida Q2.0. Estas etapas son: E4, E15, E16, E17, E18 representadas por los contactos F1.0, F2.0, F2.1, F2.2, F2.3.

De igual forma se aplica el procedimiento para la válvula de presión (solenoide P) conectado a la salida Q32.0. Se han conectado en paralelo todos los estados que implican la conexión de la válvula y a ellos el temporizador con retardo a la conexión cuya salida esta acoplada al contactor Q32.0, permitiendo retardar la entrada de la válvula de presión, uno de los requisitos de funcionamiento.

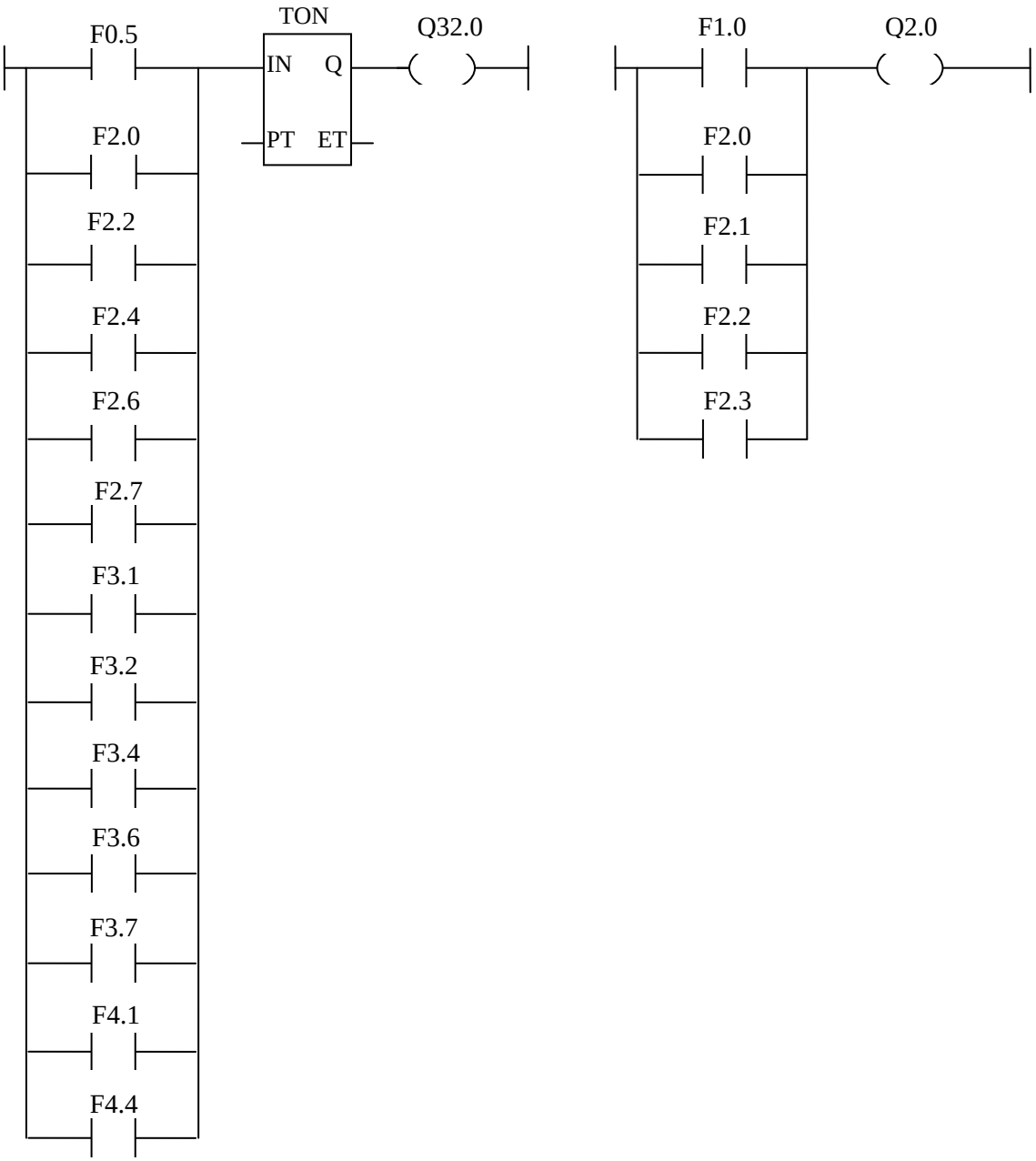


Fig. 3.6 Diagrama de contactos para las acciones asociadas.

3.2.2 Otras consideraciones.

A demás de la traducción del modelado en Grafcet a diagrama de contactos realizada en el epígrafe anterior, se ha incorporado un segmento de código (Protecciones) que implementa aspectos a tener en cuenta que no se modelaron en Grafcet, puesto que no intervienen directamente en el funcionamiento de la prensa. Tales aspectos son:

- Al pulsar el “Stop de emergencia“, se desactivaran los solenoides de las electroválvulas que controlan los cilindros, la electroválvula de presión y el motor de la bomba de presión, quedando en estado inicial.
- Si la presión máxima se mantiene en línea por más de 5 seg. se detendrá el sistema, tal como si se activase el “Stop de Emergencia”.
- Los cilindros no deben quedar con presión retenida por más de 50 segundos, de ocurrir esto se detendrá el sistema.

También se le añade al programa en este segmento la funcionalidad de encender o apagar el motor de la bomba de presión de forma manual o el apagado mediante desconexión de emergencia.

Los temporizadores que intervienen en el programa toman sus respectivos valores desde el bloque de datos DB1, donde dichos valores se encuentran numerados de forma consecutiva, acorde con los temporizadores, de manera que a la hora de puesta a punto, de ser necesario ajustar algún temporizador se accedería fácilmente a ellos.

El código completo del programa escrito en lista de instrucciones se aprecia en el anexo D, acompañado de los comentarios pertinentes para su mejor entendimiento.

3.3 Evaluación de la aplicación.

Luego de terminado el proceso de escritura del programa final para el autómata se procede con la evaluación de aplicación de forma práctica en el proceso real. Para ello se siguen los pasos descrito a continuación.

1. Comprobar que todos los componentes del Autómata están en su lugar, perfectamente insertados en sus conectores y asegurados.
2. Comprobar que la línea de alimentación está conectada a los correspondientes terminales de la fuente de alimentación del equipo, y que se distribuye adecuadamente a los módulos de entrada y salida.
3. Verificar que las conexiones de los bornes de E/S están firmes y corresponden al esquema de cableado.
4. Energizar el sistema si todo lo anterior se encuentra en orden.
5. Accionar los dispositivos de entrada manualmente y verificar que su estado es registrado en los módulos de entrada del autómata.
6. Se enciende el autómata y se mantiene en STOP.
7. Descargar el programa a la CPU del Autómata.
8. Pasar el autómata a RUN. Si el autómata detectase errores permanecerá en STOP; esto implicaría revisar el código del programa.
9. Iniciar el automatismo presionando RESET en el panel de mandos.
10. Sin encender el motor de la bomba comprobar que todos los solenoides pueden ser accionados de forma manual.
11. Comprobar la efectividad del “Stop de Emergencias”.
12. Si los dos pasos anteriores se realizaron de forma satisfactoria se procede a conectar el motor de la bomba de presión.
13. Realizar comprobación del ciclo de operación manual ahora con presión en la línea. Dejar todos los cilindros recogidos.
14. Cambiar el selector de ciclo a posición AUTOMATICO y accionar el pulsador de INICIO DE CICLO. Debe iniciarse la secuencia automática.

Los pasos del 1 al 7 garantizan que no existan problemas con el hardware asociado a la aplicación, dígase conexiones eléctricas y sensores, de forma que los errores que se puedan presentar estén asociados al programa realizado.

A partir del paso 8 se comienza a evaluar la aplicación a partir de los requerimientos de diseño señalados en el capitulo I. Primeramente se comprobó que el sistema logra la integración de todas las secuencias de funcionamiento en los dos ciclos de operación manual y automático.

Operando en cada una de las secuencias se procedió con el análisis detallado del funcionamiento, imponiendo condiciones críticas como tiempo de presión máxima en la línea y tiempo de presión retenida en los cilindros, ambos provocados por exceso de carga de material y atascamientos, activación de la señal de “Stop” de emergencia. Ante estas circunstancias el sistema funcionó satisfactoriamente según lo previsto, detener el funcionamiento de la prensa.

De la evaluación se puede apreciar, además, la existencia de problemas con elementos mecánicos que deben ser resueltos en la puesta a punto para no sacrificar el funcionamiento del ciclo automático. Se puede citar por ejemplo los golpes fuertes de los cilindros al final de la carrera provocados por la incorrecta disposición de los sensores, etc.

Otros aspectos relacionados con la validación de la aplicación de control automático, ya como aspecto cualitativo, esta relacionado con el grado de satisfacción del cliente y con la vida útil del equipamiento, para ello se considera de suma importancia entregar la documentación del proyecto necesaria para la correcta explotación del equipo además de ofertar dentro de la propuesta un pequeño entrenamiento de operación de la prensa para operadores y personal de mantenimiento.

3.4 Análisis de factibilidad económica.

Para el análisis de factibilidad económica referido a la aplicación de control propuesta se partió de una máxima que plantea: *Lo que finalmente es más práctico y menos costoso emplear, depende en realidad de un gran número de factores y los mismos deben ser considerados individualmente para cada proyecto de automatización en cuestión. Lo más importante es saber encontrar la solución más eficaz, económica y útil para cada aplicación*.

En un proceso productivo no siempre se justifica la implementación de sistemas de automatización, pero existen ciertas señales indicadoras que justifican y hacen necesario la implementación de estos sistemas, los indicadores principales son los siguientes:

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

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

Conclusiones.

- El modelo secuencial obtenido describe de forma exacta el funcionamiento del proceso a controlar según se demuestra en la simulación con el software ISaGRAF.
- Según se muestra en la implementación sobre el proceso real, la aplicación de control automático a base de PLC SIEMENS S5 logra excelentes resultados en el funcionamiento de la prensa, pues se logra la integración de todas las secuencias de funcionamiento en los dos ciclos de operación, manual y automático, además de cumplir con los restantes requerimientos de diseño impuestos.

Conclusiones

Conclusiones.

- Mediante el análisis del funcionamiento de la prensa hidráulica se establece que dado el carácter secuencial del proceso es conveniente automatizar con tecnología de autómatas programables.
- Es necesario, a partir de un análisis correspondiente, determinar los requerimientos de diseño que serán tenidos en cuenta a la hora de plantear la aplicación de control.
- Del análisis detallado de las herramientas empleadas se deduce que las mismas son viables para el desarrollo de las actividades contempladas en la metodología para el diseño de la aplicación
- Según se muestra en la implementación sobre el proceso real, la aplicación de control automático a base de PLC SIEMENS S5 logra excelentes resultados en el funcionamiento de la prensa, pues se logra la integración de todas las secuencias de funcionamiento en los dos ciclos de operación, manual y automático, además de cumplir con los restantes requerimientos de diseño impuestos.

Recomendaciones

Recomendaciones

Teniendo en cuenta, sobre todo, la seguridad de los obreros que interactúan directamente con la maquinaria de prensado, se le debe adicionar nuevas funciones al proceso de operación automática de la prensa, como pudiera ser la parada de emergencia por proximidad.

Debido a la existencia de otras maquinarias de prensado, que funcionan de manera secuencial y carecen de una aplicación de control automático, el contenido de este trabajo pude extenderse hacia las mismas, con el objetivo de satisfacer tales necesidades.

Bibliografía

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

[1]. A. Porras / A.P.Montanero. "Autómatas Programables: fundamentos, manejo, instalación y prácticas" Ed. Mc Graw Hill

[2]. Buro, J. P. Hasebrink. Neumática Básica.1991

[3]. García Moreno, E. “Herramientas de Modelado para Sistemas de Eventos Discretos”. Folleto. Universidad Politécnica de Valencia.

[4]. John W. Web, Ronald A. Reis “Programmable Logic Controllers. Principles and Applications”. Third Edition. Editorial Prentice Hall.

[5]. Lawrence T. Amy. “Automation Systems for Control and Data Acquisition”. Editorial Instruments Society of America.

[6]. Ogata, K. Modern Control Engineering/ Katsuhico Ogata -- New York: Ed. Prentice Hall,1998.

[7]. "PC and PLC: the right answer" Simatic Report International, Mayo de 1998 Siemens Automation and Drives Group

[8]. SMC neumática, el catálogo.1994.disponible en http://www.smces.es

[9]. Simatic S5. Autómata programable S5-95U. Instrucciones. EWA 4NEB 812 6068-04a, 1991.

[10]. SIMATIC S5-90U/S5-95U. Programmable Controller.System Manual.EWA 4NEB 812 6115-02b.Edition 03, 1994.

[11]. Thomas O Butcher. “Computer Automation in Manufacturing An introduction”. Editorial Chapman and Hall, 1996.

(Tutorial Grafcet)

[12]. http://www.automatas.org/software.htm. accedida 2006-03-09

(tutorial PLC)

[13]. http://www.automatas.org/siemens/tutorial_s5_5.htm accedida 2006-03-09

[14]. http://www.automatas.org/siemens/siemens.htm accedida 2006-03-09

[15]. http://www.automatas.org/siemens/tutorial_s5_1.htm accedida 2006-03-09

(Catálogos y hojas de datos)

[16]. http://www.grupo-maser.com accedida 2006-03-15

[17]. http://www.jhf.com/Catalog06/0911.pdf accedida 2006-03-15

[18]. http://www.jhf.com/Catalog06/0885.pdf accedida 2006-03-15

[19]. http://www.lafacu.com.

[20]. http://www.mita-teknik.com/products/hardware/Sensor_accessories/vibration_sensors/XCK-M.pdf accedida 2006-03-16

(Pagina del fabricante de la prensa)

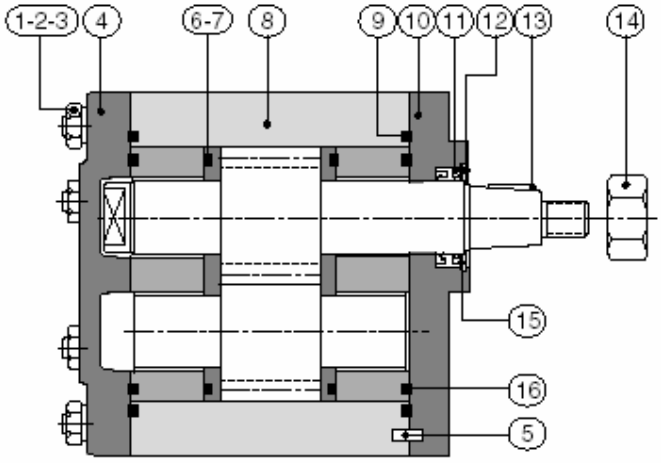
[21]. http://www.moros.com

Anexos

Anexo A. Hojas de datos de dispositivos**.**

Bomba engranajes Serie PLC
Gear pump Type PLC

Nuestras bombas están equilibradas hidrostáticamente y provistas de reajuste lateral automático.
Se recomienda el empleo de aceite para instalaciones oleodinámicas con aditivos antiespumantes y de extrema presión.
Para obtener una larga vida, tanto del aceite como de la bomba es preciso trabajar entre una viscosidad de 3°-8° E, según presiones de trabajo a una temperatura de 50° C.
Gama de temperaturas del fluido hidráulico –20° C + 80° C.
El apartado de filtraje es muy importante, ya que la mayoría de averías son debidas a la suciedad del aceite.
Recomendamos: filtraje en aspiración 125 µ mínimo. Filtraje en retorno 40 µ mínimo.
La mejor forma de accionamiento es de conexión directa por medio de un acoplamiento elástico, que permite un movimiento mínimo radial y axial de 0,3 a 0,4 mm, por lo que de esta forma quedarán absorbidas todas las vibraciones del motor que tanto perjudican la buena marcha de la bomba.
Los conductores de aspiración serán lo suficientemente dimensionados para que la depresión no exceda de 0,3 bars.
Presión máxima en conducto de aspiración 2 bar.
Conexión por bridas.
Sentido de giro derecha o izquierda, mirando la bomba por el lado del eje.
Antes de poner por primera vez la bomba en marcha, asegurarse que el sentido de giro es el correcto.
Presentamos en el apartado de bombas dobles, varios tipos de fijación con sus ejes más normales. No obstante se podrán construir bombas dobles con las mismas fijaciones que las simples y sus ejes correspondientes.
Estas consideraciones también son válidas para bombas triples y cuádruples que podemos fabricar.



El conjunto marca 8 está compuesto por:
1 - Cuerpo bomba
2 - Cojinetes
2 - Placas compensación
1 - Rueda dentada motriz
1 - Rueda dentada conducida

The set mark 8 consist of:
1 - Pump housing
2 - Bearings
2 - Compensation plate
1 - Driving gear
1 - Driven gear

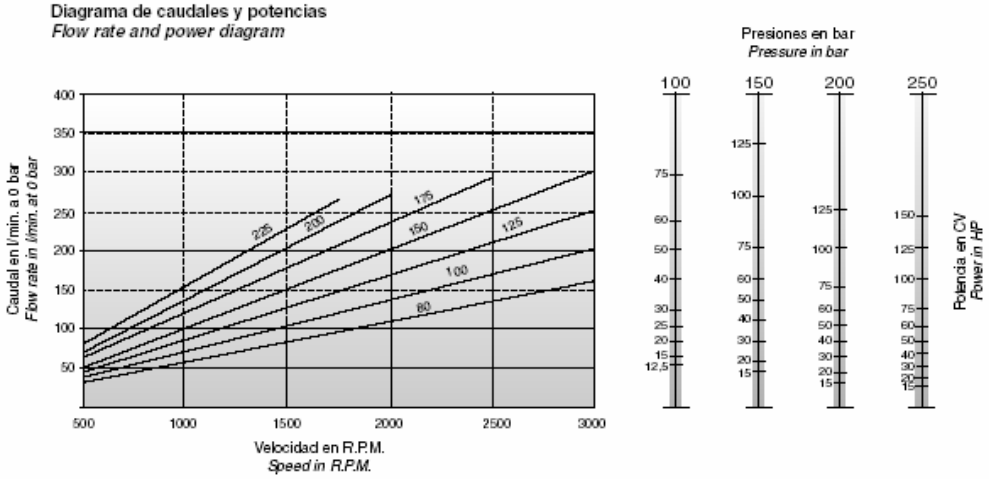
Núm.	Denominación *Description*	Cantidad *Quantity*
1	Tuerca *Nut* DIN-934 M12	8
2	Arandelas *Washer*	8
3	Espárragos *Screws*	8
4	Tapa posterior *Back cover*	1
5	Pasador *Pin*	2
6	Junta de compensación *Gasket*	2
7	Junta antiextrusión *Anti-extrusion gasket*	2
8	Conjunto cuerpo bomba *Pump housing sub-assembly*	1

Núm.	Denominación *Description*	Cantidad *Quantity*
9	Juntas de tope *Gasket*	2
10	Tapa soporte bomba *Flange*	1
11	Retén aceite doble *Oil seal*	1
12	Anillo elástico *Circlip*	1
13	Chaveta *Key*	1
14	Tuerca eje bomba *Shaft nut*	1
15	Junta guia *Guide gasket*	1
16	Junta de cierre *Gasket*	2

Datos técnicos hidráulicos *Hydraulic technical data*								
Caudal bomba *Pump Flow rate*	(L/min) 1500 R.P.M.	80	100	125	150	175	200	225
Cilindrada *Displacement*	cm^3/v *cc/r*	53,6	66,6	83,3	100	116,6	133,3	150
Presión máx. continua en *Cont. max. pressure*	bar	225					200	175
Presión máx. inter 5 seg. máx. *Intermitent max. pressure*	bar	250					225	200
R.P.M. máximas *Max. R.P.M.*		3.000				2.500	2.000	1.750
Mínimas R.P.M. según presión *Min. R.P.M. at given pressures*	100 bar	400				350		
	175 bar	450				400		
	220 bar	550				—	—	—

Diagrama de rendimientos volumétricos a 1500 R.P.M.
Volumetric efficiencies diagram at 1500 R.P.M.

Diagrama de caudales y potencias
Flow rate and power diagram



NOTA: Estos diagramas han sido obtenidos con un aceite de 4,5° E (37 cSt) de viscosidad y una temperatura de 50° C.

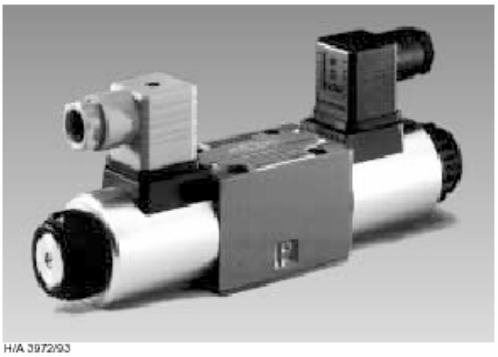
NOTE: These results have been obtained with 4,5° E (37 cSt) viscosity oil and at 50° deg C.

Electroválvulas Pilotos.

MANNESMANN REXROTH	4/3-, 4/2- and 3/2 Directional Control Valves Model WE 6.. /E, Series 6X with wet pin AC or DC solenoids			RA 23 178/08.99
	Size 6 (D 03)	up to 5100 PSI (350 bar)	up to 21 GPM (80 L/min)	Replaces: 06.98

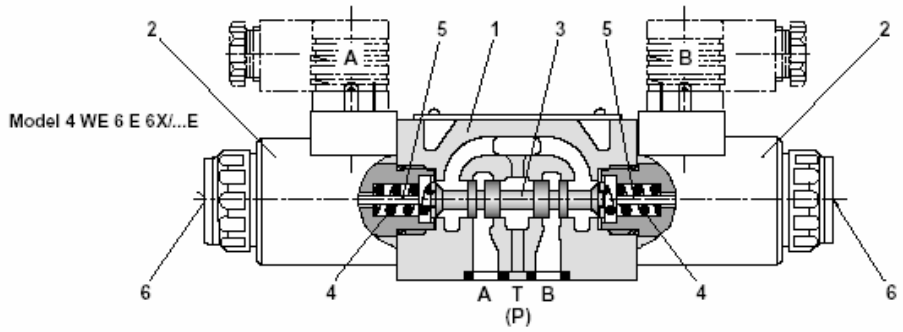
Features:

- Direct operated, solenoid controlled directional spool valve, heavy duty construction
- Mounting pattern to ISO/DIS 4401-3 NFPA T3.5. MR1 and ANSI B 93.7 D03
  Subplates see data sheet RA 45 052
- Removable coils for quick replacement, or conversion, in AC or DC voltages
- Dual frequency solenoids AC voltage with 50 or 60 Hz operation
- Individual electrical connectors
- Wet pin core tubes, with high pressure tank capacity, standard.



H/A 3972/93
Model 4 WE 6...6X/EG 24 N9Z45

Functional description



Directional control valves Model WE 6 are solenoid operated directional spool valves. They control the start, stop and direction of flow.

They consist of housing (1), one or two solenoids (2), control spool (3) return spring(s) (4).

Unengaged, control spool (3) is held centered, by means of return spring(s) (4) (except for detented spool). Control spool (3) is shifted by wet pin solenoids (2). **To guarantee satisfactory operation, ensure that the solenoid core tube is filled with oil. Cycling the valve will typically ensure core tubes have filled with oil.**

The force of solenoid (2) extends push-pin (5) against control spool (3), moving it left or right from a neutral position. This provides flow from P to A and B to T or P to B and A to T.

When solenoid (2) is de-energized, control spool (3) returns to center by return springs (4).

Manual override (6) allows activating the control spool (3) without electrical power.

Model 4 WE 6 .. 6X/ O E... (only for spools A, C and D)

This design permits 2 switching positions with 2 solenoids and no detent. When the solenoids are de-energised there is **no defined neutral position.**

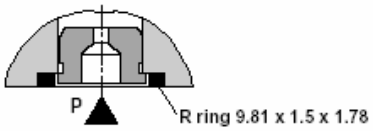
Model 4 WE 6 ..6X/ OF E... (only for spools A, C and D)

This design permits 2 switching positions with 2 solenoids and detent. Energizing either solenoid, however, only one at a time, for approx. 100 ms is sufficient to shift spool (3) and maintain a position on the detent.

Orifice Insert (Model 4 WE 6..6X/E.../B..)

To limit maximum flows, orifice inserts are optionally available. Primarily, the orifice insert is intended to prevent flow rates in excess of the maximum performance data of the valve (see page 4). The insert is installed in port "P", however, will fit any of the valve ports.

Example: 4 WE 6E 6X/EG24NDA/B12 = 1.2 mm orifice in port "P".



Technical data (For applications outside these parameters please consult us)

General

Installation position				Optional
Ambient temperature, max.		*t*	°F (°C)	122 (50)
Weight	Single solenoid valve	*m*	lbs (kg)	3.2 (1.45)
	Valve with 2 solenoids	*m*	lbs (kg)	4.3 (1.95)

Hydraulic

Operating pressure	Port A, B, P	*p*	PSI (bar)	5100 (350)
	Port T	*p*	PSI (bar)	up to 3050 (210) DC; up to 2320 (160) AC Where symbols A and B occur, port T must be employed as a drain port if the operating pressure is above the permitted tank pressure .
Flow, max.		q_V	GPM (L/min)	up to 21 (80) DC; up to 15.8 (60) AC
Cross section of flow (switching position 0):				
	for symbol Q	*A*	in² (mm²)	approx. 6 % of nominal cross section
	for symbol W	*A*	in² (mm²)	approx. 3 % of nominal cross section
Hydraulic fluid 1) Suitable for NBR and FPM seals 2) Only suitable for FPM seals				Mineral oil (HL, HLP) to DIN 51 524 1); Fast bio-degradable pressure fluids to VDMA 24 568 (also see RA 90 221); HETG (rape seed oil) 1); HEPG (Polyglycol) 2); HEES (synthetic ester) 2); other fluids on request
Hydraulic fluid		*t*	°F (°C)	– 22 to 176 (– 30 to 80) (NBR seals)
Temperature range				– 4 to 176 (– 20 to 80) (FPM seals)
Viscosity range		*ν*	SUS (mm²/s)	35 to 2320 (2.8 to 500)
Fluid cleanliness				Maximum permissible degree of contamination of fluid to ISO 4406 Class 18/15. We therefore recommend a filter with a minimum retention rate of $ß_{10} \geq 75$.

Electrical

Type of voltage				DC voltage	AC voltage
Available voltages[1]) (for ordering codes for AC voltages see below)		*U*	V	**12**, **24**, 42, 60, **96**, 110, 180, **196**, 220	42, **110**, **120**, 127, **220**, **240** 50/60 Hz
Power consumption		*P*	W	30	–
Holding current		*P*	VA	–	50
In-rush current		*P*	VA	–	220
Duty cycle				continuous	continuous
Shifting time to	ON	*T*	ms	25 to 45	10 to 20
ISO 6403	OFF	*T*	ms	10 to 25	15 to 40
Shifting frequency			Sw/h	up to 15000	up to 7200
Insulation				Exceeds NEMA class B	Exceeds NEMA class B
Coil temperature		*t*	°F (°C)	up to 302 (150)	up to 356 (180)

[1]) Special voltages on request

When making the electrical connection, the ground screw (⏚ PE) must be connected to earth ground

Note on AC solenoids
These solenoids may be used with 2 or 3 voltage/frequency relationships:
e.g. solenoid type **W110** for 110 V, 50 Hz
110 V, 60 Hz
120 V, 60 Hz

Order codes		
	W42	42 V, 50 Hz 42 V, 60 Hz
	W110	110 V, 50 Hz 110 V, 60 Hz 120 V, 60 Hz

Order codes		
	W127	127 V, 50 Hz 127 V, 60 Hz
	W220	220 V, 50 Hz 220 V, 60 Hz 240 V, 60 Hz

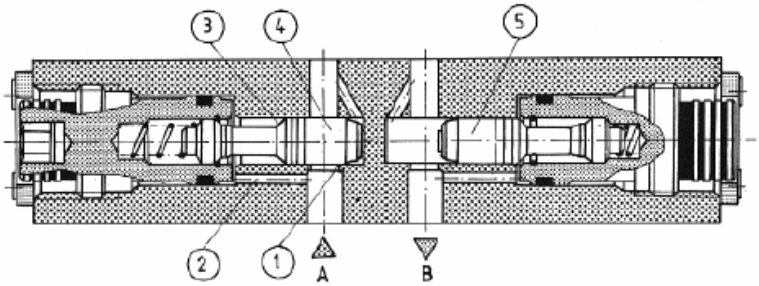
THROTTLE / CHECK VALVE TYPE Z2FS6

WK 450 232

Size 6 | up to 31.5 MPa | 04.1999r.

Double throttle/check valves serve to control the main flow or pilot flow rate in one direction and give free flow in the opposite direction.
Valve type Z2FS6 is a double throttle/check adopted for vertical stack mounting (sandwich plate design).
Two symmetrically fitted in one block throttle/check valves limit the flow rate in one direction by means of an adjustable throttle pin and allow free flow through the check valve in the opposite direction.
The valve Z2FS6 is generally mounted between a subplate and direct operated directional valve of corresponding size and serves here to limit the main flow rate (to influence the speed of a user). With pilot operated valve, the double throttle/check valve may be used as pilot choke adjustment (pilot flow limiter). In this case it will be fitted between pilot and main valve.

DESCRIPTION OF OPERATION



Hydraulic fluid in line A flows to a user through the throttle position 1. At the same time, the fluid being under operating pressure reaches the spring loaded side 3 of the spool 4 via the line 2. The spool 4 is thus hold in the throttle position by both spring and pressure force.

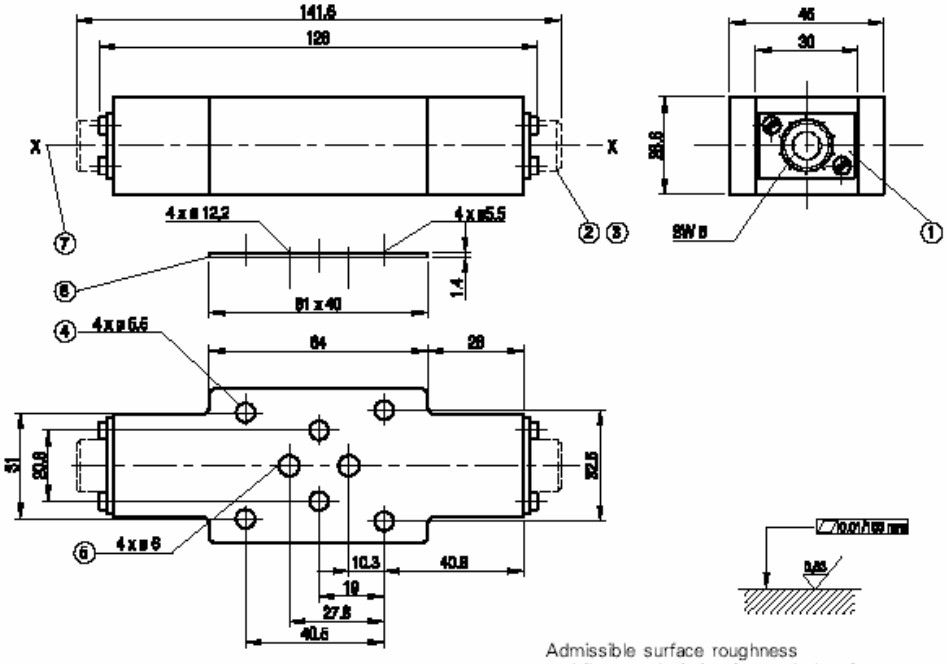
Fluid returning from the user shifts the spool 5 to the right and permits the fluid to flow freely through the valve cartridge now acting as a check valve.
According to the mounting position of the valve, throttle effect can be achieved in the supply or drain.

TECHNICAL DATA

Hydraulic fluid	Mineral oil or phosphate ester
Nominal fluid viscosity	37 mm^2/s at the temperature of 328 K
Viscosity range	2.8 to 380 mm^2/s
Optimum working temperature (fluid in a tank)	313 - 328 K
Fluid temperature range	243 - 343 K
Filtration	up to 16 µm
Maximum operating pressure	31.5 MPa
Cracking pressure	0.05 MPa

OVERALL DIMENSIONS

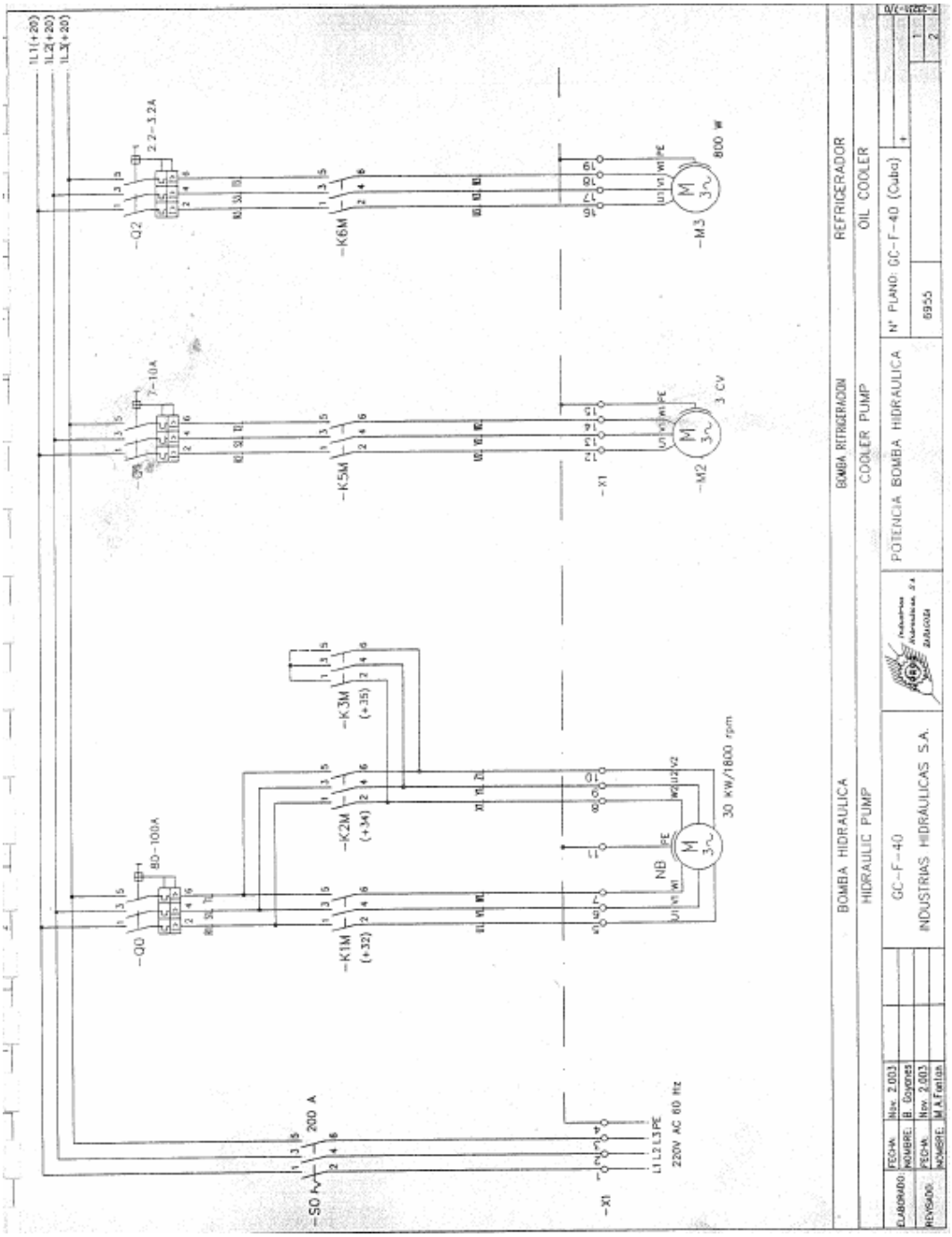
Weight - 0.8 kg

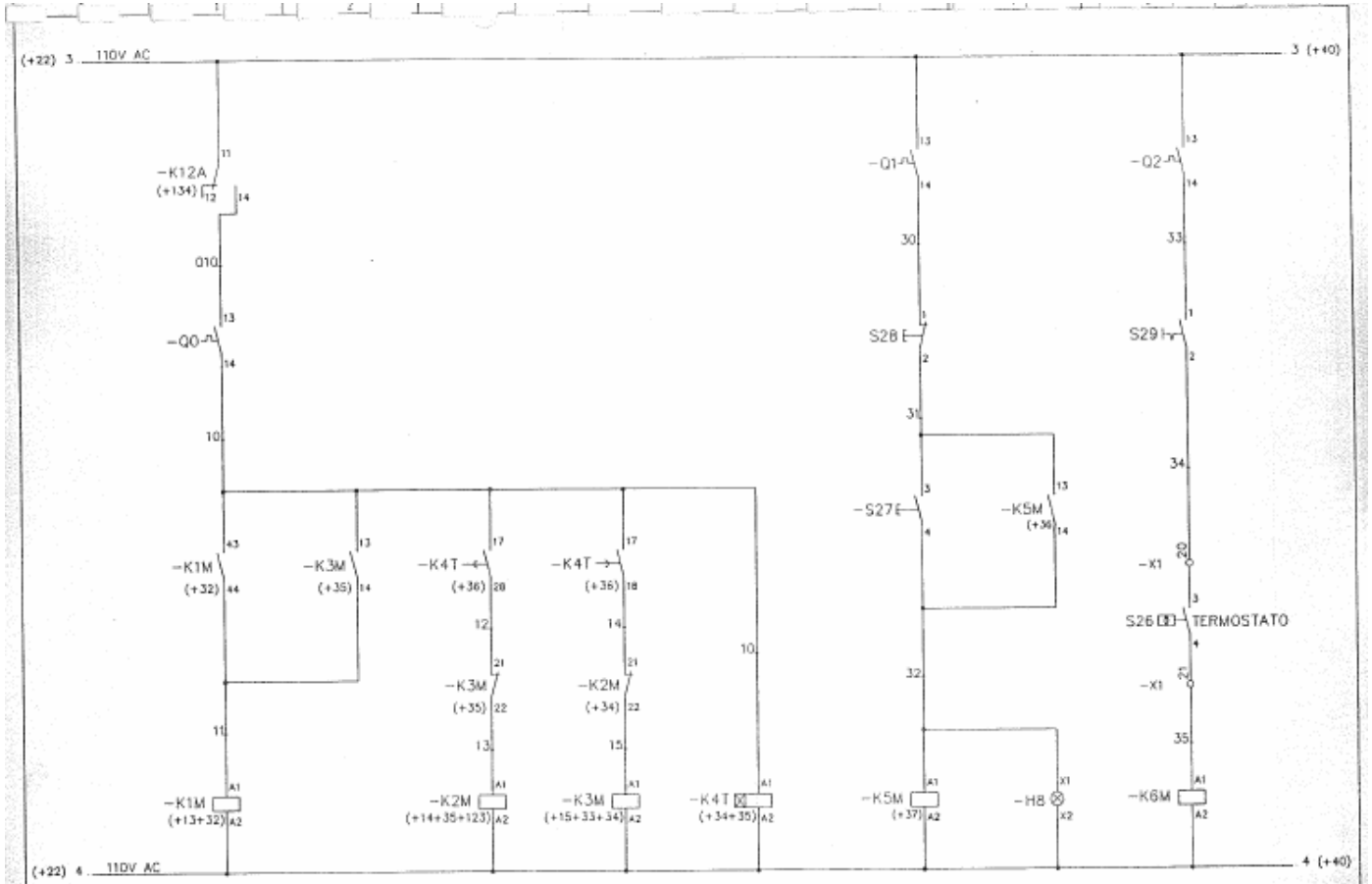


Admissible surface roughness
and flatness deviation for a subplate face.

1 - Name plate with scale
2 - Set screw to change flow section
3 - Rotation to the left - decreasing switching time
Rotation to the right - increasing switching time
4 - Four holes for valve mounting
5 - O-rings - 9.2 × 1.8 - 4 pcs
6 - Plate for o-rings fixing
7 - Conversion from throttling in the supply for throttling in the drain can be done by rotating the valve round the axis X-X.

Anexo B. Esquemas de conexión**.**





ARRANCADOR BOMBA HIDRAULICA
HYDRAULIC PUMP

BOMBA REFRIGERACION
COOLER PUMP

REFRIGERADOR
OIL COOLER

ELABORADO:	FECHA:	Nov. 2.003	
	NOMBRE:	B. Gayones	
REVISADO:	FECHA:	Nov. 2.003	
	NOMBRE:	M.A.Fonton	

GC-F-40
INDUSTRIAS HIDRÁULICAS S.A.

Industrias Hidráulicas S.A. ZARAGOZA

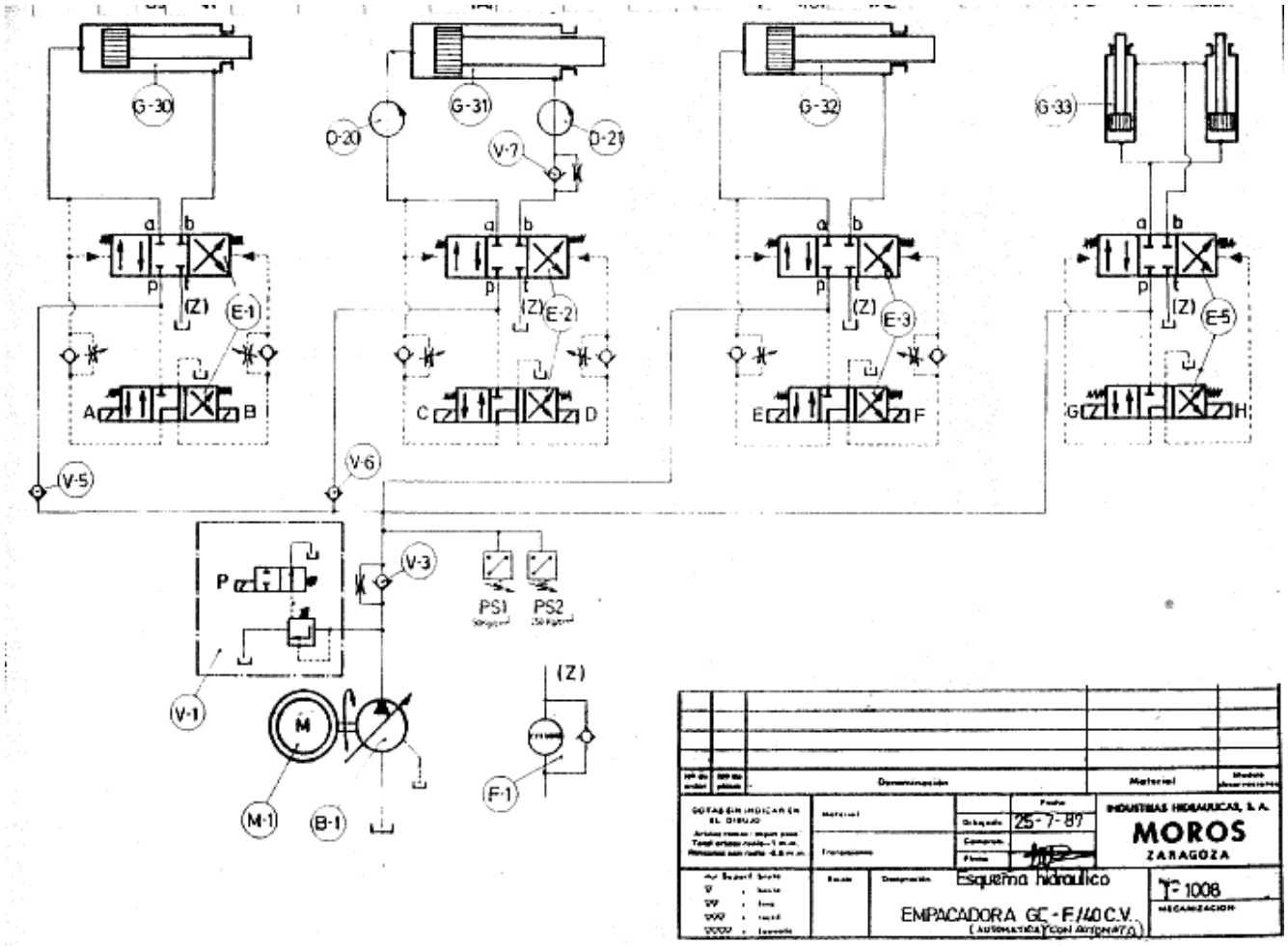
MANIOBRA
BOMBA HIDRAULICA

N° PLANO: GC-F-40 (Cuba)

6955

3
4

F-2831-7/8


G-30
G-31
G-32
G-33
D-20
D-21
V-7
a
b
p
t
(Z)
E-1
E-2
E-3
E-5
A
B
C
D
E
F
G
H
V-5
V-6
V-3
P
PS1
PS2
V-1
M
M-1
B-1
F-1
INDUSTRIAS HIDRAULICAS, S.A.
MOROS
ZARAGOZA
25-7-87
Esquema hidraulico
EMPACADORA GC-F/40 C.V.
(AUTOMATICA con Argon)
T-1008
MECANIZACION

Anexo C. Relación de variables y conexiones.

RELACION DE SALIDAS			
Módulo 0	FUNCION	Módulo 1	FUNCION
E0.0	MARCHA MOTOR M1	E1.0	PULS. AVANCE EMPUJADOR
E0.1	PARO MOTOR M1	E1.1	PULS. RETROCESO EMPUJ
E0.2	MARCHA BOMBA ENFRIAMIENTO	E1.2	PULS. BAJAR TAPA
E0.3	PARO BOMBA ENFRIAMIENTO	E1.3	PULS. SUBIR TAPA
E0.4	SELECTOR “MANUAL/AUTO”	E1.4	PULS. AVANCE PLATO
E0.5	MARCHA CICLO “AUTO”	E1.5	PULS. RETROCESO PLATO
E0.6	STOP EMERGENCIA	E1.6	PULS. APERTURA PUERTA
E0.7	RESET	E1.7	PULS. CIERRE DE PUERTA
AG-95	FUNCION	AG-95	FUNCION
E32.0	FINAL AVANCE EMPUJADOR	E33.0	PRESOSTATO PS1 (70 bar.)
E32.1	FINAL RETROCESO EMPUJ.	E33.1	PRESOSTATO PS2 (250 bar.)
E32.2	FINAL BAJADA TAPA	E33.2	
E32.3	FINAL SUBIDA TAPA	E33.3	
E32.4	FINAL AVANCE PLATO	E33.4	
E32.5	FINAL RETROCESO PLATO	E33.5	
E32.6	FINAL APERTURA PUERTA	E33.6	
E32.7	FINAL CIERRE PUERTA	E33.7	

RELACION DE SALIDAS			
Módulo 0	FUNCION	Módulo 1	FUNCION
E0.0	MARCHA MOTOR M1	E1.0	PULS. AVANCE EMPUJADOR
E0.1	PARO MOTOR M1	E1.1	PULS. RETROCESO EMPUJ
E0.2	MARCHA BOMBA ENFRIAMIENTO	E1.2	PULS. BAJAR TAPA
E0.3	PARO BOMBA ENFRIAMIENTO	E1.3	PULS. SUBIR TAPA
E0.4	SELECTOR “MANUAL/AUTO”	E1.4	PULS. AVANCE PLATO
E0.5	MARCHA CICLO “AUTO”	E1.5	PULS. RETROCESO PLATO
E0.6	STOP EMERGENCIA	E1.6	PULS. APERTURA PUERTA
E0.7	RESET	E1.7	PULS. CIERRE DE PUERTA
AG-95	FUNCION	AG-95	FUNCION
E32.0	FINAL AVANCE EMPUJADOR	E33.0	PRESOSTATO PS1 (70 bar.)
E32.1	FINAL RETROCESO EMPUJ.	E33.1	PRESOSTATO PS2 (250 bar.)
E32.2	FINAL BAJADA TAPA	E33.2	
E32.3	FINAL SUBIDA TAPA	E33.3	
E32.4	FINAL AVANCE PLATO	E33.4	
E32.5	FINAL RETROCESO PLATO	E33.5	
E32.6	FINAL APERTURA PUERTA	E33.6	
E32.7	FINAL CIERRE PUERTA	E33.7	

REGLETAS DE CONEXIÓN

TERMINAL: -X1						
FROM		WIRE MARKING	CONECTION TYPE	TERMINAL NUMBER	TO	
ELEMENT	CONECTION NUMBER				ELEMENT	CONECTION NUMBER
-S0	2	L1	—○—	1	-L1	
-S0	4	L2	—○—	2	-L2	
-S0	6	L3	—○—	3	-L3	
PE		PE	—○—	4	PE	
-K1M	2	U1	—○—	5	-M1	U1
-K1M	4	V1	—○—	6	-M1	V1
-K1M	6	W1	—○—	7	-M1	W1
-K2M	2	X1	—○—	8	-M1	W2
-K2M	4	Y1	—○—	9	-M1	U2
-K2M	6	Z1	—○—	10	-M1	V2
PE		PE	—○—	11	PE	
-K5M	2	U2	—○—	12	-M2	U1
-K5M	4	V2	—○—	13	-M2	V1
-K5M	6	W2	—○—	14	-M2	W1
PE		PE	—○—	15	PE	
-K6M	2	U3	—○—	16	-M3	U1
-K6M	4	V3	—○—	17	-M3	V1
-K6M	6	W3	—○—	18	-M3	W1
PE		PE	—○—	19	PE	
S29	2	34	—○—	20	S26	3
S26	4	35	—○—	21	-K6M	A1

TERMINAL: -X2						
FROM		WIRE MARKING	CONECTION TYPE	TERMINAL NUMBER	TO	
ELEMENT	CONECTION NUMBER				ELEMENT	CONECTION NUMBER
-S23	14	PS1		1	-A2	b14
-S24	14	PS2		2	-A2	b15
		1L+		3	--F6	2
		1L+		4	-A2	a11
		L-		5	-V1	31
		L-		6	-K1A	A2
-K1A	14	100		7	-Y1	A1
K2A	14	101		8	-Y2	A1
-K3A	14	102		9	-Y3	A1
K4A	14	103		10	-Y4	A1
-K5A	14	104		11	-Y5	A1
K6A	14	105		12	-Y6	A1
-K7A	14	106		13	-Y7	A1
K8A	14	107		14	-Y8	A1
K9A	14	108		15	-Y9	A1
K2M	14	321		16	-H2	X1
-A2	a4	A322		17	-H3	X1
-A2	a5	A323		18	-H4	X1
-A2	a6	A324		19	-H5	X1
-A2	a7	A325		20	-H6	X1
-A2	a8	A326		21	-H7	X1
-A2	a9	A327		22		
-A2	a12	A330		23		
-A2	a15	A333		24		
-A2	a16	A334		25		
-A2	a17	A335		26		
-A2	a8	A336		27		
-A2	a19	A337		28		
-X2	6	L-		29	-X2	30
-X2	29	L-		30	-X2	31
-X2	30	L-		31	-X2	32
-X2	31	L-		32	-Y1	A2

TERMINAL: -X3						
FROM		WIRE MARKING	CONECTION TYPE	TERMINAL NUMBER	TO	
ELEMENT	CONECTION NUMBER				ELEMENT	CONECTION NUMBER
		E02	—○—	1	-A3	6
		E07	—○—	2	-A3	9
		E10	—○—	3	-A4	4
		E321	—○—	4	-A2	b3
-S31	4	E322	—○—	5	-A2	b4
-S32	4	E323	—○—	6	-A2	b5
-S33	4	E324	—○—	7	-A2	b6
-S34	4	E325	—○—	8	-A2	b7
-S35	4	E326	—○—	9	-A2	b8
-S36	4	E327	—○—	10	-A2	b9
-S37	4	E330	—○—	11	-A2	b12
-S38	4	E331	—○—	12	-A2	b13
		E334	—○—	13	-A2	b16
		E335	—○—	14	-A2	b17
		E336	—○—	15	-A2	b18
		E337	—○—	16	-A2	b19
-F6	1	1L+	—○—	17	-X3	18
-X3	17	1L+	—○—	18	-X3	19
-X3	18	1L+	—○—	19	-X3	20
-X3	19	1L+	—○—	20	-X3	3
-V1	31	L-	—○—	21	-X3	22
-X3	21	L-	—○—	22	-X3	23
-X3	22	L-	—○—	23	-X3	24
-X3	23	L-	—○—	24	-X2	5

Anexo D. Programa Final.

OB1.

```
Segmento 1 of 3                 Bolque inicial

    C     DB        1           carga bblque de datos con
                                el valor de los temporizadores.

    AN    F       0.0
    =     F      10.0           Pulso inicialización

    A     F      10.0
    O     F       0.0           Bloqueo
    =     F       0.0

    A     F      10.0           El pulso inicializa el estado1 representado 1,
    S     F       0.1           por F0.1

    A     F       0.1           En el estado inicial, al pulsar el reset
    A     I       0.2           y no estar presionado el Stop de emergencia
    AN    I       0.6           se transita al estado 2 y se apaga el estado 1
    S     F       0.2
    R     F       0.1

    A     F       0.2           Con el estado 2, si el selector de ciclo se
    A     I       0.4           encuentra en manual se transita al estado 3
    S     F       0.3           representado por F0.3 y se desactiva
    R     F       0.2           el estado 2.

    A     F       0.2           Con el estado 2 activo y el selector
    AN    I       0.4           en ciclo automático, se activa el
    S     F       0.4           estado 4 y se desactiva el 2
    R     F       0.2

    JU    PB        1           Saltos incondicionales a los bloques de programas
    JU    PB        2           que contiene las secuencias Manual y Automático

    A     F       0.3           Al terminar las secuencias manual y automática
    AN    F       0.5           se retornará al estado 2, desactivando los estados
    O     F       0.4           precedentes y activando el mismo.
    S     F       0.2
    R     F       0.3
    R     F       0.4
***

Segmento 2 of 3                 Acciones Asociadas

    O     F       2.0           La salida Q2.0 conectada al solenoide A
    O     F       2.1           puede ser activada por cualquiera de
    O     F       2.2           los estados que se señalan (F…).
    O     F       2.3
    O     F       1.0
    =     Q       2.0

    A     F       2.4           De igual forma se conectan en paralelo
    O     F       1.1           los estados que activan el solenoide B,
    =     Q       2.1           conectado a la salida Q2.1.

    O     F       2.2           Para el resto de las salidas se hará
    O     F       2.3           el mismo procedimiento.
```

O	F	2.4	
O	F	2.5	
O	F	2.6	
O	F	2.7	
O	F	3.0	
O	F	3.1	
O	F	3.2	
O	F	3.3	
O	F	3.4	
O	F	3.5	
O	F	1.2	
=	Q	2.2	
A	F	3.7	
O	F	4.0	
O	F	1.3	
=	Q	2.3	
A	F	2.6	
O	F	2.7	
O	F	3.0	
O	F	3.4	
O	F	3.5	
0	F	1.4	
=	Q	2.4	
A	F	3.1	
O	F	3.6	
O	F	4.1	
O	F	1.5	
=	Q	2.5	
A	F	3.2	
O	F	1.6	
=	Q	2.6	
A	F	4.4	
0	F	1.7	
=	Q	2.7	
A	F	0.5	
O	F	2.0	
O	F	2.2	
O	F	2.4	
O	F	2.6	
O	F	2.7	
O	F	3.1	
O	F	3.2	
O	F	3.4	
O	F	3.6	
O	F	3.7	
O	F	4.1	
O	F	4.4	
L	DW	1	
SD	T	1	
A	T	1	
=	Q	32.0	
A	F	3.5	
=	Q	33.1	Salida al Relé cuenta paquetes

```
A     Q     33.2
=     Q     32.1      Piloto marcha motor

A     I     32.4
=     Q     32.3      Piloto final avance plato

A     I     32.5
=     Q     32.4      Piloto final retroceso Plato

A     I     32.6
=     Q     32.5      Puerta abierta

A     I     32.7
=     Q     32.6      Puerta cerrada.

A     F     2.0       Al comenzar el ciclo automático
S     F     4.6       se activa la marca F4.6,  para indicar
A     F     0.4       que el ciclo está en ejecución. Al finalizar
R     F     4.6       el ciclo se desactivará la marca.
A     F     4.6       El estado de la misma se manifiesta en el
=     Q     32.2      Piloto ciclo automático.

A     F     0.1       Este bloque de codigo indica que
R     F     0.2       ante una señal de Stop de emergencia
R     F     0.3       dada por el operador o por protecciones
R     F     0.4       propias de la planta, todos
R     F     0.5       los estado se desactivarán y
R     F     1.0       se transitará al estado inicial.
R     F     1.1
R     F     1.2
R     F     1.3
R     F     1.4
R     F     1.5
R     F     1.6
R     F     1.7
R     F     2.0
R     F     2.1
R     F     2.2
R     F     2.3
R     F     2.4
R     F     2.5
R     F     2.6
R     F     2.7
R     F     3.0
R     F     3.1
R     F     3.2
R     F     3.3
R     F     3.4
R     F     3.5
R     F     3.6
R     F     3.7
R     F     4.0
R     F     4.1
R     F     4.2
R     F     4.3
R     F     4.4
R     F     4.5
R     F     4.6
***
```

Segmento 3 of 3 otras consideraciones

```
:A    I   33.7
:S    F    0.1                    Stop Emergencia
:
:A    Q    2.0                     cilindros enclavados
:O    Q    2.2                      por más de 50 s (DW6)
:O    Q    2.4                     provocan una señal
:L    DW   6                       de Stop de emergencia
:SD   T    6
:A    T    6
:S    F    0.1

:A    I   33.1                     Presion maxima retenida
:L    DW   7                        por mas de 5 seg.
:SD   T    7
:A    T    7
:S    F    0.1

:A    I    0.0                     marcha motor
:AN   F    0.1
:S    Q   33.2
:A    F    0.1                      paro motor
:O    I    0.1
:R    Q   33.2

 A          I        0.2
 AN         F        0.1           marcha bomba enfriamiento
 S          Q       33.2
 A          F        0.1
 O          I        0.3           paro bomba enfriamiento.
 R          Q       33.2
 BE
```

PB1 (secuencia manual).

Segmento 1 of 1

```
:A    F    0.3                      Estando activo el estado 3, al
:A    I    1.0                     Pulsador Avance Empujador
:S    F    1.0                     se activa el estado 4
:R    F    0.3

:A    F    0.3                      al estar activo el estado 3 y
:A    I    1.1                     Pulsador retroceso Empujador,
:AN   I   32.1                       no final retroceso
:S    F    1.1                      se activa el estado 7 y
:R    F    0.3                      se apaga el estado 3
:A    F    0.3                     estado 3 y
:A    I    1.2                     Pulsador bajar tapa
:S    F    1.2                     se activa estado 8
:R    F    0.3                      desactiva estado 3

:A    F    0.3                      activo estado 3 y
:A    I    1.3                     Pulsador Subir tapa,
:AN   I   32.3                       no final subir tapa
:S    F    1.3                     activa estado 9,
:R    F    0.3                     desactiva estado 3

:A    F    0.3                      activo estado 3
:A    I    1.4                     Pulsador avance plato
:S    F    1.4                     activa estado 10
:R    F    0.3                     desactiva estado 3
```

```
:A    F    0.3                    activo estado 3 y
:A    I    1.5                    Pulsador retroceso plato
:AN   I   32.5                     no final retroceso
:S    F    1.5                    activa estado 11
:R    F    0.3                    desactiva estado 3

:A    F    0.3                    activo estado 3 y
:A    I    1.6                    Pulsador abrir puerta
:AN   I   32.6                     no final abrir puerta
:S    F    1.6                    activa estado 12
:R    F    0.3                    desactiva estado 3

:A    F    0.3
:A    I    1.7                    Pulsador cerrar puerta
:AN   I   32.7                     no final cerrar puerta
:S    F    1.7                    Estado 13
:R    F    0.3
:
:A    F    1.0                    estado 4 activo, al soltar
:AN   I    1.0                    el pulsador se desactiva
:S    F    0.3                    el estado y se vuelve al
:R    F    1.0                    estado 3
:
:A    F    1.1                    estado 7 activo
:AN   I    1.1                    si se llega al final del recorrido
:O    I   32.1                    o se suelta el pulsador
:S    F    0.3                    volver a estado 3
:R    F    1.1
:
:A    F    1.2                    estado 8 activo, al soltar
:AN   I    1.2                    el pulsador volver al estado 3
:S    F    0.3
:R    F    1.2
:
:A    F    1.3                    estado 9 activo al soltar el pulsador
:AN   F    1.3                    o llegar al final de recorrido
:O    I   32.3
:S    F    0.3                    volver al estado 3
:R    F    1.3
:
:A    F    1.4                    estado 10 activo y se
:AN   I    1.4                    libera el pulsador
:S    F    0.3                    retornar al estado 3
:R    F    1.4
:
:A    F    1.5                    estado 11 y se libera el pulsador
:AN   I    1.5                    o se llega al final del recorrido,
:O    I   32.5                    se retorna al estado 3
:S    F    0.3
:R    F    1.5
:
:A    F    1.6                    estado 12 y se libera el pulsador
:AN   I    1.6                    o se llega al final del recorrido
:O    I   32.6                    se retorna al estado 3
:S    F    0.3
:R    F    1.6
:
:A    F    1.7                    estado 13 y se libera el pulsador
:AN   I    1.7                    o se llega al fin del recorrido
```

```
:O    I   32.7                    se retorna al estado 3
:S    F    0.3
:R    F    1.7
:
:A    F    1.0                    la marca 0.5 se activa
:O    F    1.1                    la activarse cualquier estado
:O    F    1.2                    de la secuencia manual.
:O    F    1.3
:O    F    1.4
:O    F    1.5
:O    F    1.6
:O    F    1.7
:=    F    0.5
:BE
```

PB2 (secuencia automática)

Segmento 1 of 2

```
:A    F    0.4                    estado 14 activo y
:AN   I   33.0                    no hay presión en línea
:A    I   32.1                    final retroceso empujador
:A    I   32.3                    final subir tapa
:A    I   32.5                    final retroceso Plato
:A    I   32.7                    final cerrar puerta
:S    F    2.0                    (condiciones necesarias para iniciar el ciclo)
:R    F    0.4                    transita a estado 15 (avance empujador)

:A    F    2.0                    E15
:A    I   32.0                    final avance empujador
:A    I   33.1                    ps2 activo
:S    F    2.1                    transita a estado 16
:R    F    2.0                    (decompresión)
:
:A    F    2.1                    e16
:AN   I   33.0                    cae presión
:S    F    2.2                    transita a estado 17
:R    F    2.1                    (bajar tapa)
:
:A    F    2.2                    e17
:A    I   32.2                    final bajar tapa
:A    I   33.1                    ps2 on
:S    F    2.3                    transita a estado 18
:R    F    2.2                    (decompresión)
:
:A    F    2.3                    e18
:AN   I   33.0                    cae presión
:S    F    2.4                    transita a estado 19
:R    F    2.3                    (retroceso empujador)
:
:A    F    2.4                    E19
:A    I   32.1                    final retroceso empujador
:S    F    2.5                    transita a estado 20
:R    F    2.4                    (decompresión)
:
:A    F    2.5                    E20
:AN   I   33.0                    cae presión
:S    F    2.6                    transita a estado 21
:R    F    2.5                    (avance plato)
:
:A    F    2.6                    E21
:A    I   33.1                    Ps2 on
```

```
:S    F    2.7                    transita a estado 22
:R    F    2.6                     (retención de la presión)
:
:A    F    2.7                    E22
:L    DW   2                       prolongación de la presion
:SD   T    2                      del paquete  por tiempo T2.
:A    T    2                     transita a estado 23
:S    F    3.0                    (decompresión)
:R    F    2.7
:
:A    F    3.0                    E23
:AN   I   33.0                     Cae presión en linea
:S    F    3.1                    transita a estado 24
:R    F    3.0                     (retroceso parcial del empujador)
:
:A    F    3.1                    E24
:L    DW   3
:SD   T    3                      retroceso parcial.
:A    T    3
:S    F    3.2                    transita a estado 25
:R    F    3.1                     (abrir puerta)
:
:A    F    3.2                    E25
:A    I   32.6                    final Abrir puerta.
:S    F    3.3                    transita a estado 26
:R    F    3.2                     (decompresión)
:
:A    F    3.3                    E26
:AN   I   33.0                     Cae Presión
:S    F    3.4                    transita a estado 27
:R    F    3.3                    (expulsión de paquete)
:
:A    F    3.4                    E27
:A    I   33.4                    final avance plato
:S    F    3.5                    transita a estado 28
:R    F    3.4                    (decompresión)
:
:A    F    3.5                    E28
:AN   I   33.0                     Decompresion de línea
:L    DW   4
:SD   T    4                      Retardo (E29)
:A    T    4
:S    F    3.6                    transita a Macro 30
:R    F    3.5
:
:A    F    3.7                    E37(subir tapa)
:A    I   32.3                    final subir tapa
:S    F    4.0                    transita a estado 38
:R    F    3.7                    (decompresion)
:
:A    F    4.0                    E38
:AN   I   33.0                     cae presión
:S    F    0.4                    Fin de secuencia.
:R    F    4.0
:***
```

Segmento 2 of 2 MACRO-ETAPA 30

```
:A    F    3.6                    Primeramente se regresa un poco
:L    DW   5                      el plato opresor, durante 1 segundo
:SD   T    5                      transcurrido T5  (1+1 s)
```

```
:A   T   5                    se comienza a cerrar la puerta.
:S   F   4.1                  (transita a estados 31 y 35)
:S   F   4.4
:R   F   3.6
:
:A   F   4.1                  al llega al final de carrera de
:A   I  32.5                  retroceso plato, se detiene la accion.
:S   F   4.2                  y se transita a estado 32
:R   F   4.1
:
:A   F   4.4
:A   I  32.7                  el fin de carrera cerrar puerta
:S   F   4.5                  indica la transición al estado 36
:R   F   4.4
:
:A   F   4.2                  si ambos estados (E32 y E36)
:A   F   4.5                  se encuentran activos
:S   F   4.3                  se transita al estado 33,
:R   F   4.2                  detención de ambos cilindros
:R   F   4.5                  y decompresión
:
:A   F   4.3                  E35
:AN  I  33.0                  cae presión
:S   F   3.7                  Fin de la macro-etapa
:R   F   4.3                  transita a estado 37
:BE
```

DB1 (bloque datos temporizadores).

```
0:   KT = 000.0;
1:   KT = 010.1;        Retardo conexión válvula presión.
2:   KT = 020.1;        Prolongación presión de paquete.
3:   KT = 020.1;        Retroceso parcial plato presor.
4:   KT = 005.1;        Decompresión cilindro plato.
5:   KT = 020.1;        Retroceso plato antes de cerrar puerta.
6:   KT = 500.1;        Tiempo máximo presión retenida en cilindros
7:   KT = 050.1;        Tiempo límite presión máxima en línea.
```