



Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ingeniería

---

---

---

“Reconstrucción del Control de una  
Máquina de Termomoldeo”

PARTE ESCRITA DEL EXAMEN PROFESIONAL

Para obtener el título de:

INGENIERO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

P r e s e n t a:

Esteban Rodríguez Alvarado

Asesor: Ing. Enrique Ramón Gómez Rosas





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## DEDICATORIA

Este trabajo esta dedicado:

A mis padres

Alberto Rodríguez Rivera

Ma. Soledad Alvarado Rodríguez

Por su amor, ejemplo y dedicación para que me convirtiera en un hombre de bien.

A mi Abuelo

Manuel Alvarado

Por ser digno ejemplo de rectitud y entereza

A mis hermanos

Nora, Beto y Mariana

Por ser estar siempre a mi lado y ser el soporte en mis proyectos

A Adriana Zarate

Por permitirme ser parte de tu vida.

A los Ingenieros: Enrique Gómez y Rodolfo Petters

Por brindarme su cariño, apoyo y la oportunidad de crecer.

A mis amigos:

Edgar V., Víctor C., Gustavo M., Roberto C., Juanjo R., Porfirio A.

Gracias por estar cuando más los he necesitado.

A la Facultad de Ingeniería por formarme y proporcionarme los mejores momentos de mi vida.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por tu nobleza y apoyo.

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

# Indice

## CAPÍTULO I

### **Introducción:**

1.1 Objetivo y antecedentes de la máquina.....	1
1.2 Principio de funcionamiento de las máquinas de estado.....	3
1.3 Conceptos de termofusión.....	5
1.4 Conceptos básicos de bombas y válvulas.....	9

## CAPÍTULO II

2.0 Selección de equipo de control .....	13
2.1 Equipos basados en PC.....	16
2.2 Equipos basados en field point.....	18
2.3 Comparativos entre alternativas.....	20

## CAPÍTULO III

### **Integración del Sistema**

3.1 Análisis del estado del sistema eléctrico.....	24
3.2 Diagramas de propuesta de conexión eléctrica.....	26
3.3 Análisis de cargas.....	31
3.4 Diagramas de conexión electrónica.....	37

## CAPÍTULO IV

### **Programación**

4.1 Conceptos Básicos de Programación en Labview.....	42
4.2 Diagramas de Flujo.....	49
4.3 Programa.....	56

## CAPÍTULO V

### **Manual de Operación**

5.1 Descripción del equipo.....	66
5.2 Parámetros de operación.....	71
5.3 Operación.....	72
5.4 Mensajes de error.....	76

## CAPÍTULO VI

### **Conclusiones y comentarios**

6.1 Conclusiones Finales.....	78
6.2 Bibliografía.....	79

## CAPITULO I

## 1.1 Objetivo y antecedentes de la máquina:

En México existen un sin número de compañías que se dedican a la compra de maquinaria usada ya sea con el objetivo de comercializara o de utilizarla en su proceso. En el caso de las comercializadoras, reconstruyen o desarman las máquinas para venderlas como equipo completo o bien para venderlas como partes. Las empresas que las utilizan en sus procesos, normalmente las reconstruyen para utilizarlas en forma tradicional o bien las modifican para adaptarlas a procesos especiales, esto último normalmente se hace porque es más económico que mandar a construir equipo especial.

En este trabajo se presenta un ejemplo de una máquina que fue comprada para ser modificada y adaptarse a un proceso de producción de termo-moldeo. Éste tipo de máquinas es básicamente una prensa hidráulica con los accesorios necesarios para el trabajo.

La historia de esta máquina es la siguiente: Fue fabricada por la compañía *Rodgers*, en la década de los 70s para el moldeo de piezas como una máquina de estados, es decir que realiza tareas de manera secuencial utilizando lógica de escalera implementada con relevadores y temporizadores electromecánicos, así mismo todos los actuadores son de tipo hidráulico lo que le concede una estructura mecánica muy robusta.

La máquina fue vendida y comprada varias veces sufriendo modificaciones y en cada ocasión se modifico para el proceso requerido. Finalmente esta fue comprada por NGM donde se destinó al moldeo de botes para alojamiento de capacitores. Debido a que la máquina había sufrido un gran número de modificaciones se decidió realizar una reconstrucción completa tomando en cuenta que el equipo desde el punto de vista hidráulico y mecánico estaba en buen estado y por otra parte el control ya no respondía a las necesidades actuales.

Así pues el proyecto consistió en reacondicionamiento completo que incluyó la parte eléctrica, mecánica e hidráulica y la instalación de un sistema de control, y por lo mismo dividimos el trabajo en las mismas partes, siendo responsabilidad de NGM la reconstrucción mecánica e hidráulica, mientras que la parte eléctrica y de control fue mi responsabilidad.

En la parte eléctrica-electrónica es necesario hacer un diagrama de conexiones actuales del sistema, además de un análisis de cargas, de manera que se puedan determinar los límites y capacidades del sistema. Recordemos que se trata de un sistema antiguo y que habrá cosas que se removerán y otras que se reutilizarán, por lo que el análisis de cargas estará sujeto a múltiples cambios lo cual no impide que se puedan hacer muy buenas aproximaciones al resultado final, ya que existen parámetros que son inamovibles, como es la parte del control y todo lo relacionado con este, la capacidad y consumo de las bombas, el consumo de los microinterruptores así como un cierto número de electroválvulas.

Teniendo en cuenta que el resultado de dicho análisis dará pie al cálculo de los tipos de contactores, relevadores y calibres a emplear.

En la parte electrónica o de control se debe proponer un sistema que sea capaz de operar la máquina de manera eficiente y segura, ya que los accidentes relacionados con este tipo de maquinaria suelen ser de consideraciones graves.

La máquina cuenta con sistema de control, el cual será totalmente removido, así como las conexiones eléctricas que tenía anteriormente para evitar posibles fallas en el sistema.

El sistema deberá operar de manera automática y manual.

En el modo de operación automática, el sistema estará auxiliado por micro interruptores, los cuales se ubicarán en ciertos lugares de la máquina con el fin de indicar la posición de la máquina, así como también servirán de inicio del proceso. Además de proveer al sistema de seguridad para el operador.

Sin embargo el sistema deberá contar con una interfaz gráfica que le indique al operador los movimientos que está ejecutando la máquina, así como las etapas del proceso en ejecución. También deberá contar con un teclado que permita al operador hacer los ajustes de tiempos y temperaturas a las cuales se desee realizar el termomoldeo.

Por otro lado se desea que tenga un control de temperatura eficiente y preciso, ya que para la formación de las piezas se requieren diferentes temperaturas. El modo manual de este tipo de maquinaria es parte fundamental en el mantenimiento y en la operación.

El mantenimiento es debido básicamente a la remoción de piezas atascadas en los moldes, pero en ocasiones los carros pueden llegar a atascarse y es necesario liberarlos, así como la prensa y demás aditamentos de la máquina.

En cuanto a la operación, es necesario considerar que ocasionalmente será necesario intercambiar los diferentes tipos de moldes, dependiendo de las demandas y prioridades que tenga la planta en cuanto a su producción. Por lo que será necesario que la máquina cuente con una serie de controles que permitan a los diferentes dispositivos el realizar movimientos de manera independiente.

1.2 Principio de Funcionamiento de las Máquinas de Estado

**Análisis de Máquinas de Estados.**

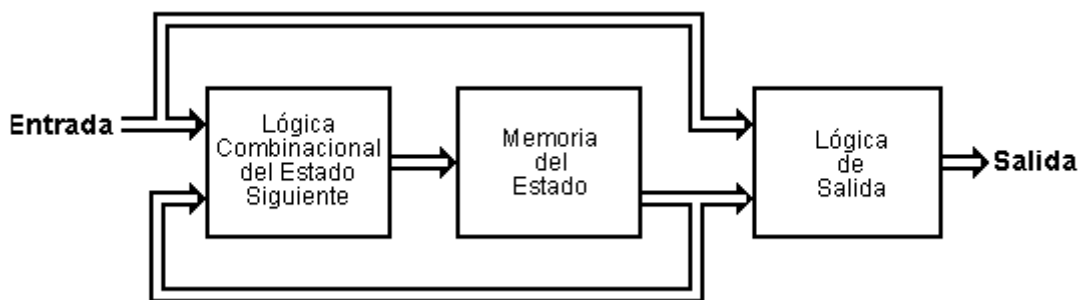
Las máquinas de estados están conformadas por tres partes bien diferenciadas: lógica combinacional del estado siguiente, memoria del estado y lógica combinacional de la salida.



La lógica del estado siguiente depende de las entradas y del estado actual, mientras que la lógica de salida puede tener dos modelos diferentes. Un modelo denominado Máquina de *Mealy* y la otra Máquina de *Moore*

**Máquina de *Mealy***

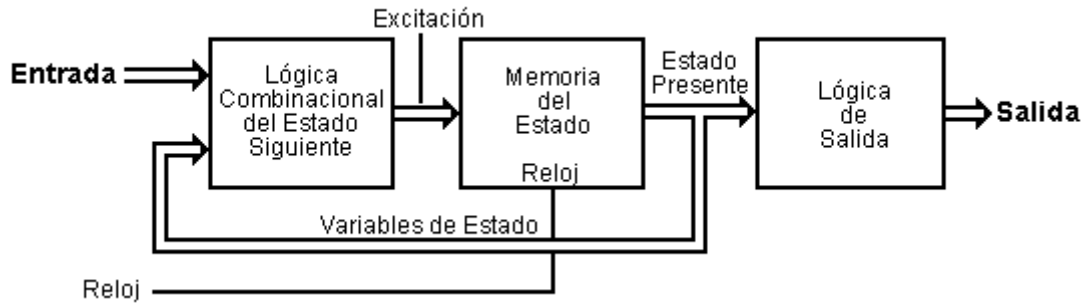
Las máquinas de estado están conformadas por tres partes, una de ellas es la lógica combinacional de salida. En este tipo de máquinas esta lógica depende del estado actual del circuito y de las entradas que no están sincronizadas con el reloj, es decir, son independientes del circuito.





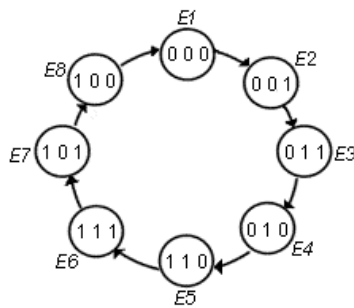
**Máquina de Moore**

La máquina de Moore están conformadas por tres partes, una de ellas es la lógica combinacional de salida. En este tipo de máquinas esta lógica depende únicamente del estado actual del circuito



**Diagrama de Estados**

El diagrama de Estados se utiliza para mostrar la secuencia de los valores en el circuito cada vez que se tiene señal de reloj (*CLK*). Para representar los estados se emplea una gran variedad de códigos especializados, uno de ellos es el código BCD que es estrictamente numérico y es utilizado para la representación de números; otros que son alfanuméricos como el ASCII, son utilizados para representar números, letras, símbolos e instrucciones. Un código muy interesante es el *Gray* el cual varía solo un *bit* entre números sucesivos, característica importante que lo hace valioso y útil en aplicaciones como es el caso de las comunicaciones, codificadores de eje de posición, en los que la susceptibilidad de error aumenta con el número de cambios de *bit* entre números adyacentes dentro de una secuencia.



### 1.3 Conceptos de Termofusión

#### **Termomoldeo**

El termomoldeo es un proceso de estiramiento combinado. El proceso de transformación se fundamenta en la elasticidad de los materiales termoplásticos. Mediante este procedimiento se fabrican grandes piezas de moldeo como carcasas de máquinas, alerones para vehículos, cuadros de mando, bañeras y, por supuesto, también botes para alojar capacitores.

Este proceso permite la fabricación de piezas con el grosor deseado, mejorando la solidez mecánica mediante el proceso de compresión entre moldes, lo que permite alcanzar una elevada productividad y una buena rentabilidad.

Técnicas de moldeo por compresión.

El moldeo por compresión es la técnica más antigua para producir en masa materiales poliméricos, este método se usa casi exclusivamente para moldear resinas termoestables las cuales se clasifican en:

1. Resinas de Fenol-Formaldehído (Fenólicas).
2. Resinas de Urea Formaldehído.
3. Resinas de Melamina –Formaldehído.
4. Resinas Epóxicas.
5. Siliconas.
6. Dialilftalato y otros compuestos.
7. Poliésteres insaturados.

Dado que el material que se utiliza para el moldeo de botes de capacitor es la Resina de Fenol- Formaldehído o fenólicas será la que trataremos en este capítulo con mayor detalle.

Resina de Fenol- Formaldehído (Fenólicos):

Los compuestos fenólicos fueron los primeros polímeros que más se usaron en la década de los 60 y como su nombre lo indica, son materiales que se elaboran a partir de la reacción química de los fenoles y los formaldehídos. Estos compuestos tienen diferentes grados destinados a diferentes mercados y constituyen una de las categorías más antiguas de polímeros sintéticos. La baquelita, por que fue el primer fenólico que se produjo a gran escala.

Fue uno de los primeros que se usaron por las propiedades de aislamiento eléctrico, propias de los polímeros, se emplearon para elaborar accesorios eléctricos como: clavijas, zócalos para focos, interruptores industriales y domésticos, botes de capacitores, etc. Por lo general son de color oscuro, café ligeramente moteado y negro.

Estas resinas se mezclan con aditivos para elaborar el compuesto de moldeo final, se presentan por lo general como un polvo listo para cargarse en los moldes. A menudo existen rellenos de refuerzo o diluyentes, tales como la harina de madera, el algodón, el asbesto o el vidrio y cargas granulares u hojuelas como la mica, el talco o polvo de pizarra.

En esta etapa, la resina aún se encuentra incompleta, es decir, después se debe polimerizar para formar los enlaces transversales y así obtener su forma química final. Esto sucede en el molde con el calor y la presión. El compuesto de moldeo es, entonces una mezcla que se elabora mediante una proporción distributiva de:

- Resina que reaccionó de manera incompleta.
- Rellenos, para reforzar o economizar.
- Catalizador, donde sea necesario, para acelerar la reacción de reticulación.
- Aceleradores, para modificar la velocidad de reacción.
- Lubricantes, como auxiliares en el tratamiento y antiadherentes.
- Colorantes y otros ingredientes especiales.

A continuación describiremos el proceso de moldeo por compresión además de mencionar algunas ventajas que tiene tipo de proceso.

Descripción del Proceso:

1. El molde se sujeta entre las platinas calientes de una prensa hidráulica.
2. Se coloca una cantidad preparada de compuesto de moldeo en el molde.
3. La prensa cierra con presión suficiente para fundir el compuesto.
4. El compuesto se reblandece y fluye para amoldarse al recipiente; entonces se produce el curado químico.
5. La prensa se abre y se saca la pieza moldeada por medio de un expulsor hidráulico
6. Se recogen las piezas moldeadas y se limpian de rebabas.
7. Se recarga el molde y se repite el ciclo nuevamente.

El ciclo de moldeo incluye a menudo, una etapa de respiro o descompresión; la presión se alivia momentáneamente para liberar las sustancias volátiles (aire y productos gaseosos atrapados) y luego se incrementa de nuevo para expulsar los gases.

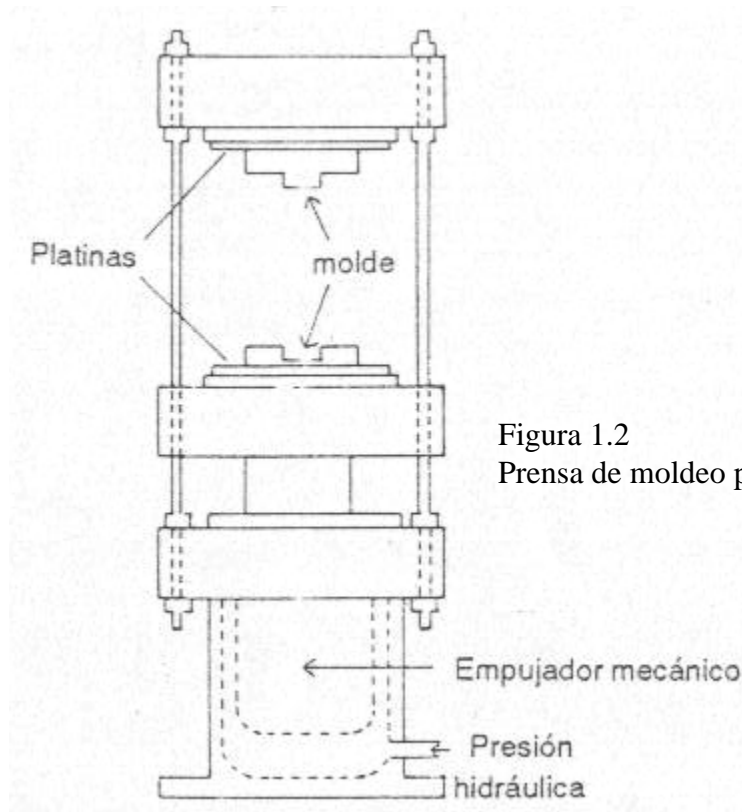
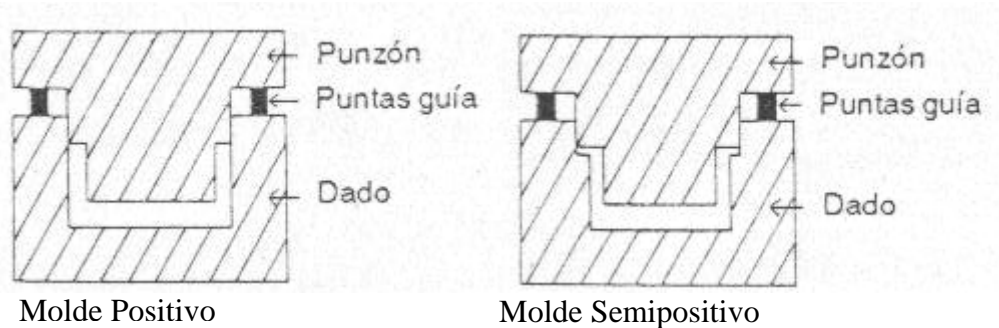


Figura 1.2  
Prensa de moldeo por compresión

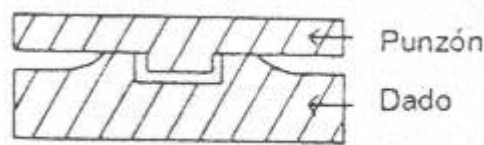
Existen 3 tipos de moldes: positivo, semipositivo y de operación rápida.

El molde positivo toma toda la presión aplicada; el espacio libre es insuficiente para que se pueda escapar el material. La variación en el peso de la carga de tal molde provoca que varíe el espesor o la densidad de la pieza moldeada.

En el molde semipositivo, el punzón detiene en un tope. Solamente se necesita pesar el polvo por un lado para asegurar una carga completa y para evitar el desperdicio



Para el molde de acción rápida se tiene un diseño más simple el cual permite que el material sobrante forme un sello, que al ser expulsado seque rápidamente, además se reduce el costo del molde debido a la simpleza del diseño.



Molde de operación rápida.

Las temperaturas de fusión para las resinas fenólicas son del orden de los 140 a 170 °C lo cual se aplica en la mayoría de las resinas termoestables.

Por otro lado, la presión de moldeo varía según el material y sus propiedades de flujo. En la tabla 1.1 se presentan las presiones que se aplican a la pieza moldeada, y se calculan a partir de la fuerza de carga y el área de la pieza, recordando que son distintas a las presiones de línea hidráulica.

Tabla 1.1 Presiones para moldear termoestables.

MATERIAL	Presión (mPa)	Presión (lb/pulg <sup>2</sup> )
Compuesto de moldeo en pasta	6-10	900-1500
Poliésteres insaturados granulares y fenólicos de flujo suave	14-18	2000-4000
Urea-Formaldehído, menamina-formaldehído, fenólicos rígidos	20-40	3000-6000
Materiales más rígidos	40-55	6000-8000

Ventajas de Moldeo por compresión:

- Genera poco desperdicio 2 a 5 %
- Los rellenos fibrosos se distribuyen bien y no se alteran u orientan durante el tratamiento
- El producto tiene bajos esfuerzos residuales
- Se mantienen las propiedades mecánicas y eléctricas debido a que hay poco flujo de corte que provoque que se formen pistas conductoras.
- El costo de mantenimiento del molde es bajo; se desgasta poco debido a las bajas fuerzas de corte, en comparación con el moldeo por inyección donde el desgaste del molde es mayor.
- Los costos de capital y herramental son más bajos. (planta y herramientas simples)

1.4 Conceptos Básicos de hidráulica.

A principios del siglo XX todas las máquinas y aparatos hidráulicos empleaban agua como fluido de trabajo. La hidráulica moderna ha basado su evolución en el aceite como medio de trabajo.

Los fluidos hidráulicos se pueden clasificar en varios tipos básicos, cada uno con varios subtipos de propiedades diferentes.

Tipo	Subtipo		
Agua	Agua de distribución	Agua con aceites solubles	
Aceites Minerales	Lubricantes	Aceites hidráulicos con aditivos	
Aceites Vegetales	De castor	Mezclas anticongelantes	Fluidos no inflamables
Emulsiones de agua -aceite	Fluidos resistentes al fuego		
Cromatados Clorados	Fluidos sintéticos resistentes al fuego		
Mezclas de aromáticos clorados y ésteres fosfatados	Fluidos sintéticos resistentes al fuego para altas temperaturas		
Fluidos de siliconas	Siliconas modificadas con propiedades lubricantes intensificadas		

El fluido de trabajo que se emplea en la máquina de moldeo es conocido como un derivado de los aromáticos clorados, y son lubricantes sintéticos, a base de hidrocarburos clorados, estos se pueden clasificar como lubricantes para presiones extremas con buenas propiedades de lubricación por capa límite y substancialmente no inflamables.

Poseen un peso específico muy elevado pero se pueden obtener en una amplia gama de viscosidades, aunque de precio relativamente elevado.

En los sistemas óleo hidráulicos, las presiones de 100kg/cm<sup>2</sup> (1500psi) en adelante se consideran de alta presión, en la práctica, los sistemas hidráulicos se proyectan para presiones mucho más elevadas, particularmente cuando el líquido, al igual que un muelle, se comporta como un medio compresible, por ejemplo en la producción de polietileno, la

extrusión de metales, la conformación de piezas, el prensado y la compactación de polvos se emplean presiones del orden de los 2800 a 3500 kg/cm<sup>2</sup>.

Debido al orden de la presión, uno de los requisitos es contar con un fluido para altas presiones en donde los parámetros de viscosidad y coeficiente volumétrico juegan un papel muy importante en el sistema, ya que el primero proporciona a la alta presión fluidez y el segundo de elasticidad.

Otro gran requisito que hay que considerar son las válvulas ya que de ellas depende la lógica de la máquina así como las tareas para las cuales se tenga destinada.

Las válvulas se pueden clasificar en 2 grandes grupos

- Válvulas de control de flujo
- Válvulas de control de presión

Y a su vez estas se pueden clasificar dependiendo de su accionamiento, por lo que la clasificación quedaría:

- Manual
- Mecánica
- Pilotado
- Por solenoide (electro hidráulicas)

También se pueden clasificar dependiendo de su aplicación.

- De uso general (elementos individuales con lumbreras roscadas)
- Válvulas para máquinas herramientas y servicios similares
- Válvulas para equipos hidráulicos móviles, proyectadas para superponerlas en bloques
- Válvulas de alta presión para trabajos duros (Prensas)
- Válvulas de alta presión (hidráulica de aviación)
- Servo válvulas.

*Válvulas de control de Flujo:* Como su nombre lo indica sirve para controlar el flujo del fluido por medio de estrangulamiento, aunque el tipo de estrangulamiento aplicado puede variar y con ello la aplicación, por ejemplo: Válvulas de derrame, de presión compensada, de desaceleración, divisores de flujo, de prioridad, válvulas de transferencia, de secuencia, antirretorno, de bloqueo, etc.

*Válvulas de Control de Presión:* La misión de este tipo de válvulas es la de limitar la presión que el sistema puede alcanzar. Son en principio válvulas de 2 vías, normalmente cerradas pero que se abren a una presión predeterminada por simple ajuste. Pueden ser de accionamiento directo ó pilotadas según el nivel de potencia del circuito.

Por ejemplo: Válvulas diferenciales de seguridad, Válvula de seguridad diferencial con ajuste máximo, válvulas de seguridad de doble sentido, válvulas de seguridad piloto, válvulas de descarga y seguridad combinadas, válvulas de seguridad de ajuste variable, reductoras de presión, de descarga rápida, de desconexión.

*Válvulas Pilotadas:* Las válvulas pilotadas se usan como unidades independientes ó integradas a válvulas piloto, normalmente una válvula piloteada es un válvula grande que contiene en su interior a otra mas pequeña (piloto) la cual se acciona eléctricamente por medio de una solenoide abriendo o cerrando el flujo de la válvula mayor, con ellas se controla la velocidad de desplazamiento y los golpes de ariete debidos a bruscos cambios de presión, las disposiciones más comunes son de corredera y de muelle.

*Válvulas accionadas por solenoide:* Este tipo de válvulas son accionadas eléctricamente, la disposición del estas válvulas es ubicar en la armadura un electroimán o solenoide dentro de un tubo hermético envuelto por el devanado, con lo cual se puede prescindir de los empaques haciendo la construcción más simple. La corriente necesaria para accionar este tipo de válvulas suelen ser del orden de 40 a 50 miliamperes con un umbral de sensibilidad de 0.4 a 0.5 miliamperes, lo cual tiene una buena ventaja ya que es posible emplearlas con sistemas de control analógico y digital.

Servo válvulas: Son válvulas que son accionadas eléctricamente, generalmente la potencia de entrada disponible no es capaz de accionar una válvula de tamaño necesario para controlar toda la potencia del sistema; entonces esta potencia de entrada se emplea para



mover una mas pequeña y que esta si sea capaz de mover a la válvula de mayor tamaño, en este caso la primera válvula se le llama piloto y a la segunda pilotada.

Y finalmente las bombas que son la fuente de poder del sistema ya que en ellas reside el suministro de potencia hidráulica.

Las bombas o motores tuvieron su aparición a principios del siglo XX con los primeros modelos surgió la bomba de paletas, muy eficiente y con un tamaño pequeño era capaz de trabajar con presiones moderadas.

Años después surgió la bomba de engranes la cual era de tamaño pequeño pero de mayor capacidad que la de paletas, después de esto tuvieron un gran auge y se desarrollaron diversos tipo de bombas como: la bomba de levas y paleta, las bombas de pistón, las bombas de tornillo, de movimiento positivo, centrifugas, etc.

## 2.0 Selección del equipo de control.

Para poder seleccionar el equipo de control es necesario acotar el problema, esto es, hacer un diagrama el cual se enfoque solamente a entradas y salidas, pero habrá primero que identificarlas y determinar a que tipo pertenecen.

Para poder controlar la máquina es necesario contar con dispositivos externos que nos indiquen el estado, posición y temperatura de la máquina por lo cual tendremos 2 tipos de entradas Analógicas y Digitales las cuales describiremos brevemente a continuación

### **Entradas analógicas**

Se necesitan 2 entradas analógicas para conocer la temperatura de los moldes. Estas entradas estarán acopladas a dos termopares tipo j, uno para cada molde. Es necesario saber si el equipo de control es capaz de manejar el termopar directamente o si es necesario que se tenga que conseguir un acondicionador independiente.

### **Entradas digitales**

La máquina cuenta con múltiples entradas digitales tanto para los micro interruptores con los que se va a instrumentar, como para las perillas y botones del panel de control, por esto se hace un pequeño listado de lo que se consideró y una breve descripción.

## SELECCIÓN DE EQUIPO DE CONTROL

Entrada Digital	Descripción
1. Prensa Arriba	MSW que indica la posición de la prensa
2. Prensa abajo	MSW que indica la posición de la prensa
3. Alimentador dentro.	MSW que indica la posición del alimentador
4. Alimentador fuera.	MSW que indica la posición del alimentador
5. Carro derecuperación dentro.	MSW que indica la posición del carro de rec.
6. Carro de recuperación fuera.	MSW que indica la posición del carro de rec.
7. Expulsor dentro.	MSW que indica la posición del expulsor
8. Expulsor fuera.	MSW que indica la posición del expulsor
9. Inicio de curado	MSW que indica el inicio del tiempo de curado
10. Limpieza con aire	MSW que indica la limpieza de los moldes
11. Alta presión	MSW que indica la aplicación de alta pres.
12. Calefactores encendidos	Perilla de enc/apa de los calefactores
13. Hidráulico encendido	Perilla de enc/apa de los motores
14. Modo Automático	Perilla de selección de modo
15. Modo Manual	Perilla de selección de modo
16. Subir Prensa	Perilla de acción de la prensa
17. Bajar prensa	Perilla de acción de la prensa
18. Sacar alimentador	Perilla de acción del alimentador
19. Meter alimentador	Perilla de acción del alimentador
20. Sacar carro de recuperación	Perilla de acción del carro de rec.
21. Meter carro de recuperación	Perilla de acción del carro de rec.
22. Meter expulsor	Perilla de acción del expulsor
23. Sacar expulsor	Perilla de acción del expulsor
24. Inicio	Botón de inicio de ciclo
25. Menú	Botón de menú de configuración de parámetros
26. Arriba	Botón de incremento
27. Abajo	Botón de decremento
28. Paro	Botón de paro de emergencia.

\*MSW Microswitch

## SELECCIÓN DE EQUIPO DE CONTROL

### Salidas

La máquina cuenta con un solo tipo de salidas y estas son digitales las cuales se describen a continuación.

Salida Digital	Descripción
1. Subir Prensa	Activación de la prensa
2. Bajar prensa	Activación de la prensa
3. Sacar alimentador	Activación del alimentador
4. Meter alimentador	Activación del alimentador
5. Sacar carro de recuperación	Activación acción del carro de rec.
6. Meter carro de recuperación	Activación del carro de rec.
7. Meter expulsor	Activación del expulsor
8. Sacar expulsor	Activación del expulsor
9. Alta presión	Activación de la válvula que aplica alta presión
10. Limpieza con aire	Activación de la válvula que aplica aire
11. Encendido de Resistencias	Activación de Calefactores
12. Encendido de Hidráulico	Encendido de Motores
13. Calefactor superior	Activación del calefactor superior
14. Calefactor inferior	Activación del calefactor inferior

En resumen se necesitan 2 entradas analógicas capaces de manejar termopares tipo J, 28 entradas digitales y 14 salidas digitales.

Para poder determinar los dispositivos a emplear se consultó la página [www.ni.com](http://www.ni.com) la cual cuenta con información de los dispositivos seleccionados, el criterio que empleamos fue tratar de economizar en cuanto a costo pero cubriendo los requerimientos en cuestión de entradas y salidas.

## 2.1 Equipos basados en una PC

En esta sección hablaremos de equipos basados en una computadora personal, teniendo presente que se trata de tarjetas de adquisición de datos que se conectan al bus PCI de la PC. Estas tarjetas pueden ser soportadas por casi cualquier sistema operativo, ya sea *Windows* o *Unix*, para el caso solo hablaremos del sistema operativo *Windows*.

Los Requerimientos mínimos para poder utilizar estas tarjetas son los siguientes:

- 600 MB de capacidad de almacenamiento libre.
- 128 MB de Memoria RAM
- Sistema Operativo windows 98 o superior

Como se describió anteriormente se emplearán 2 entradas analógicas para termopares tipo j con lo que seleccionamos el siguiente dispositivo

Tarjeta de Adquisición de Datos Modelo PCI-4351

Características.

- Puede medir voltaje, resistencia, termopares, RTD's y Termistores
- 16 entradas diferenciales para voltaje ó 4 entradas para medir resistencia
- 14 entradas para termopares
- 0.42 °C de Precisión en termopares
- 8 líneas bidireccionales TTL
- Convertidor Analógico Digital de 24 bits.
- 60 lecturas/s
- Auto cero
- Detección de juntura fría
- Detección de termopar abierto
- Filtro de línea



## SELECCIÓN DE EQUIPO DE CONTROL

Para las entradas y salidas digitales se seleccionó el siguiente dispositivo del cual se necesitan 2 piezas .

Tarjeta de adquisición de datos Modelo PCI-6503

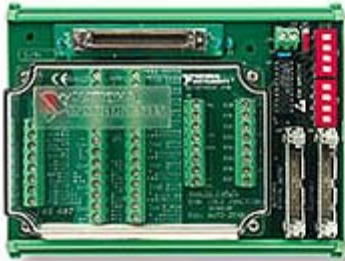
### Características

- 24 líneas de entrada/salida
- 5 volts TTL y CMOS
- Capacidad de 2 cables para handshaking
- Líneas con aislamiento independiente
- Corriente máxima 120mA
- Velocidad dependiente del microprocesador (PC)



### Accesorios.

Base para manejo de termopares.  
Modelo TBX-68T



Cable de Conexión para las tarjetas

PCI-4351



PCI-6503



## SELECCIÓN DE EQUIPO DE CONTROL

### 2.2 Equipos basados en arquitectura field point

La arquitectura Field Point es de tipo modular la cual consta básicamente de 3 partes: Los módulos Field Point, bases con terminales y los módulos de Entradas/salidas.

#### FIELD POINT

El *Field Point de National Instruments* es un sistema de distribución modular de entradas y salidas analógicas y digitales. Este sistema tiene la habilidad de ubicar las salidas y entradas así como también realizar nodos que permiten realizar de manera cercana a las fuentes de señal tales como los sensores.



En el caso particular del modelo 2010, el módulo está basado en la arquitectura de un procesador 80486 de Intel dedicado en el cual se pueden desarrollar programas para monitoreo, medición, control etc., Además de que se puede escoger la manera en la que se desee guardar información ya sea en memoria no volátil o por medio de una PC que se encuentre conectada vía Ethernet, dado que posee 32MB de memoria RAM y de 32MB en memoria flash. También permite que el sistema opere de manera autónoma por medio de ciclos infinitos conocidos como *PDIP Loops ó post processing and analysis*.

Por otro lado cuenta con un puerto serie, y un puerto de conexión en red tipo Ethernet, lo cual permite que los sistemas puedan comunicarse y compartir

## SELECCIÓN DE EQUIPO DE CONTROL

información con otros dispositivos, así como 5 interruptores (Dip switches) y 4 LEDs los cuales son accesibles al operador.

Las bases y terminales están provistas de localidades en las cuales es posible establecer una conexión entre los sistemas a controlar y los módulos de entradas y salidas.

Por otra parte funcionan también como fuentes de alimentación y comunicación ya que poseen un bus de datos con el cual se comunican entre módulos.

Existen diferentes tipos de módulos de entradas y salidas en la arquitectura *Field Point* recordando que necesitamos 2 entradas analógicas para los termopares las cuales describiremos a continuación

### • Analógicos

Los analógicos se pueden dividir en entradas, salidas, Termopares, Termistores y Galgas extensométricas

Para los módulos de entradas y salidas analógicas se tienen las siguientes características

1. 8 y 16 canales  
(Capaces de operar en el rango de [1 a 30 V] y [0-20] y +/-20 mA.
2. 12 y 16 bits de resolución.
3. Software programable.
4. Rechazo de ruido de 50 y 60 Hz, por medio de un filtro pasobajas.

Para los Termopares, Termistores y Galgas Extensométricas se cuentan con las siguientes características

1. Entradas Pseudo diferenciales, selección de filtros pasobajas.
2. Manejo de termopares tipo J, K, T, N, R, S, E
3. RTD s ubicados en los intervalos de [0 a 400  $\Omega$ ] y [0-4000 $\Omega$ ]
4. 3 niveles de excitación en galgas extensométricas en: 2.5, 5, 10 V



## SELECCIÓN DE EQUIPO DE CONTROL

- Digitales

Los módulos *Field Point* discretos se dividen en entradas y salidas

Para las entradas se manejan las siguientes características:

1. 8 ó 16 canales
2. 24 VDC.
3. Aislados ópticamente y circuitería limitadora de corriente.
4. Manejo de corriente de 1 [A]

Los módulos de salidas poseen las siguientes características:

1. 8 ó 16 canales
2. Voltajes de salida en el rango de [5 a 30 V]
3. Manejo de 1 Ampere por canal
4. Cada canal provisto de un indicador de estado

### 2.3 Comparativos entre alternativas

#### Aspectos Técnicos

- Capacidades y características:

Para la temperatura tenemos que las capacidades de los equipos a comparar en cuanto a voltajes y corrientes son muy similares, 20[mA] y 30 [VDC] en cada caso y teniendo en cuenta que las señales que se van a procesar provienen de un sistema electromecánico y es relativamente lento, la variación de temperatura es en segundos por lo que el intervalo de muestreo que se necesita es bajo, con un muestreo de 20 muestras por segundo sería suficiente. Por otro lado la tarjeta PCI4351 que es la que muestrea la temperatura posee un ADC de 24 bits mientras que el FP proporciona una resolución de 16 bits la cual es suficiente para las temperaturas que se manejan. Por otro lado la tarjeta posee 14 entradas para termopares lo cual es demasiado ya que solo se necesitan 2 mientras que para el FP se le pueden poner el número que necesitamos, lo cual ya resulta una ventaja ya que no se tiene que cerrar las entradas no deseadas para no contaminar los demás canales con el ruido con las restantes.

Entradas y salidas digitales.

## SELECCIÓN DE EQUIPO DE CONTROL

Para las entradas y salidas tenemos que el FP tiene mejor manejo de corriente y voltaje dado que sus capacidades son 1[A] y 24 [VDC] mientras que la tarjeta PCI-6503 solo puede manejar 120[mA] y 5 [VDC] lo cual es una desventaja ya que necesita mas componentes adicionales para poder manejar las bobinas de relevadores de mayor capacidad los cuales accionarían las electroválvulas.

Aunque hay que tomar en cuenta que los módulos FP solo pueden manejar entradas ó salidas por separado mientras que la tarjeta puede manejar ambas.

- Elementos adicionales

Las tarjetas ADQ necesitan de un mayor número de elementos adicionales para poder implementar el sistema de control, por ejemplo la tarjeta PCI 4351 necesita de una base y un cable especial para poder manejar los termopares mientras que para el FP se pueden conectar directamente a su bus de conexiones.

Además hay que tomar en cuenta que para las salidas digitales es necesario considerar elementos adicionales tales como relevadores, que realicen la conexión y desconexión de las bobinas de las electroválvulas.

- Lugar de operación

El ambiente de trabajo del equipo es muy áspero, ya que posee temperaturas por encima de los 30°C y esta densamente cargado de partículas de polvo, lo cual es un problema para la PC y sus tarjetas mientras que el FP es un sistema más robusto e ideal para esas condiciones de trabajo.

- Mantenimiento

El mantenimiento del equipo es parte fundamental del sistema ya que como se describió anteriormente el ambiente de trabajo es muy áspero para los elementos que se encuentren expuestos a este, tales como tarjetas, microprocesadores, electrónica dedicada etc.

En ambos casos los sistemas son intercambiables y de tecnología *PLUG and PLAY*, pero en el caso de la PC hay que abrir el gabinete para poder desmontar las tarjetas mientras que en los FP solo es necesario desmontarlo de la base e intercambiarlo por otro.

## SELECCIÓN DE EQUIPO DE CONTROL

- Confortabilidad para el operador

Para los sistemas basados en una PC se tienen ciertas ventajas ya que se pueden realizar programas que posean una interfaz muy amigable y en el caso del FP se tiene que acondicionar una dado que el sistema no cuenta con una propia.

Por otro lado el sistema basado en una PC posee la desventaja de los cables adicionales tales como: ratón, teclado, monitor, alimentación, cables de las tarjetas etc. Estos se resuelven de manera simple con un gabinete que albergue a todo el sistema. En el sistema basado en un FP no se tiene ese problema ya que cuenta con un bus de comunicaciones en los que se conectan sus dispositivos, evitando la molestia de los cables y necesita un espacio menor para su montaje.

- Aspectos Económicos

Los costos de los sistemas son muy similares, aunque en ambos se tiene el problema de incremento de precio debido a la importación y además de estar sujetos a cambios dependiendo de la paridad del dólar con el peso.

A continuación se presentan las cotizaciones de ambos sistemas puestos en México incluyendo accesorios

Equipo basado en una PC

Modelo	Cantidad	Precio
NI PCI-6503	2	\$145 dólares
Cable para tarjeta 6503	2	\$40 dólares
NI PCI-4351	1	\$995 dólares
TBX-68T base para termopar	1	\$180 dólares
Cable para tarjeta 4351	1	\$90 dólares
PC con requerimientos	1	\$1000 dólares
		Total \$2735 dólares

## SELECCIÓN DE EQUIPO DE CONTROL

Equipo basado en un FP

Modelo	Cantidad	Precio
Field Point	1	\$1100 dólares
FP TCJ-120 medidor termopar	2	\$225dólares
Base TB10 para termopar	1	\$245 dólares
Módulo de Salida digital NI-401	1	\$280 dólares
Módulo de Entrada digital NI-301	2	\$180 dólares
		Total \$2855 dólares

### 3.1 Análisis del Estado del Sistema Eléctrico

Como se comentó al principio del capítulo I en la descripción del proyecto, solo nos enfocáramos a la parte eléctrica y de control de la máquina, dejando a NGM la parte mecánica e hidráulica para su reacondicionamiento.

Realizamos un levantamiento con el fin de determinar el estado de la parte eléctrica de potencia y reemplazar por completo la parte de control de la máquina.

El resultado de dicho levantamiento fue muy pobre ya que solamente se encontraban en buen estado las bombas y válvulas, por esta razón se decidió que era mejor plantear un nuevo circuito eléctrico lo que requirió el cálculo de los contactores y protectores térmicos.

Por otro lado se tuvieron que realizar nuevos planos eléctricos para las electroválvulas, así como también había que contemplar en estos planos el nuevo sistema de control.

La manera de realizar los planos eléctricos obedece a una nomenclatura especial en la cual se enumera de diez en diez y se ubica tanto en la parte superior como en la inferior de la hoja, esto se hace con la finalidad de ubicar a los diferentes dispositivos en ciertos lugares dependientes de la numeración, es decir un dispositivo adquiere su nomenclatura dependiendo de la ubicación que tenga con respecto a la numeración, esto a su vez permite la identificación y conexión de cualquier dispositivo ubicado en cualquier lugar del plano, sin tener necesidad de emplear grandes hojas.

Desventajas:

Las desventajas que tiene el empleo de esta técnica para realizar los planos, es que no se presenta el sistema en conjunto en un mismo plano, ya que la mayoría de los elementos se encuentran referenciados a un lugar y luego son llamados en otras posiciones a lo largo de la numeración por lo que hay que tener cuidado con la nomenclatura y con las conexiones de los dispositivos.

La nomenclatura que se empleó para los dispositivos es la siguiente

QXX: Se refiere a un interruptor termomagnético.

KXX: Se refiere a un contactor electromecánico ó de estado sólido (Relevador)

MXX: Se refiere a un motor.

LX: Conductor de alimentación

FXX: Fusible

PBXX: Interruptor eléctrico de presión

RSCXX: Perilla de 3 posiciones

TXX: Transformador

BRXX: Rectificador de onda completa

CXX Capacitor

MSXX: Micro interruptor.

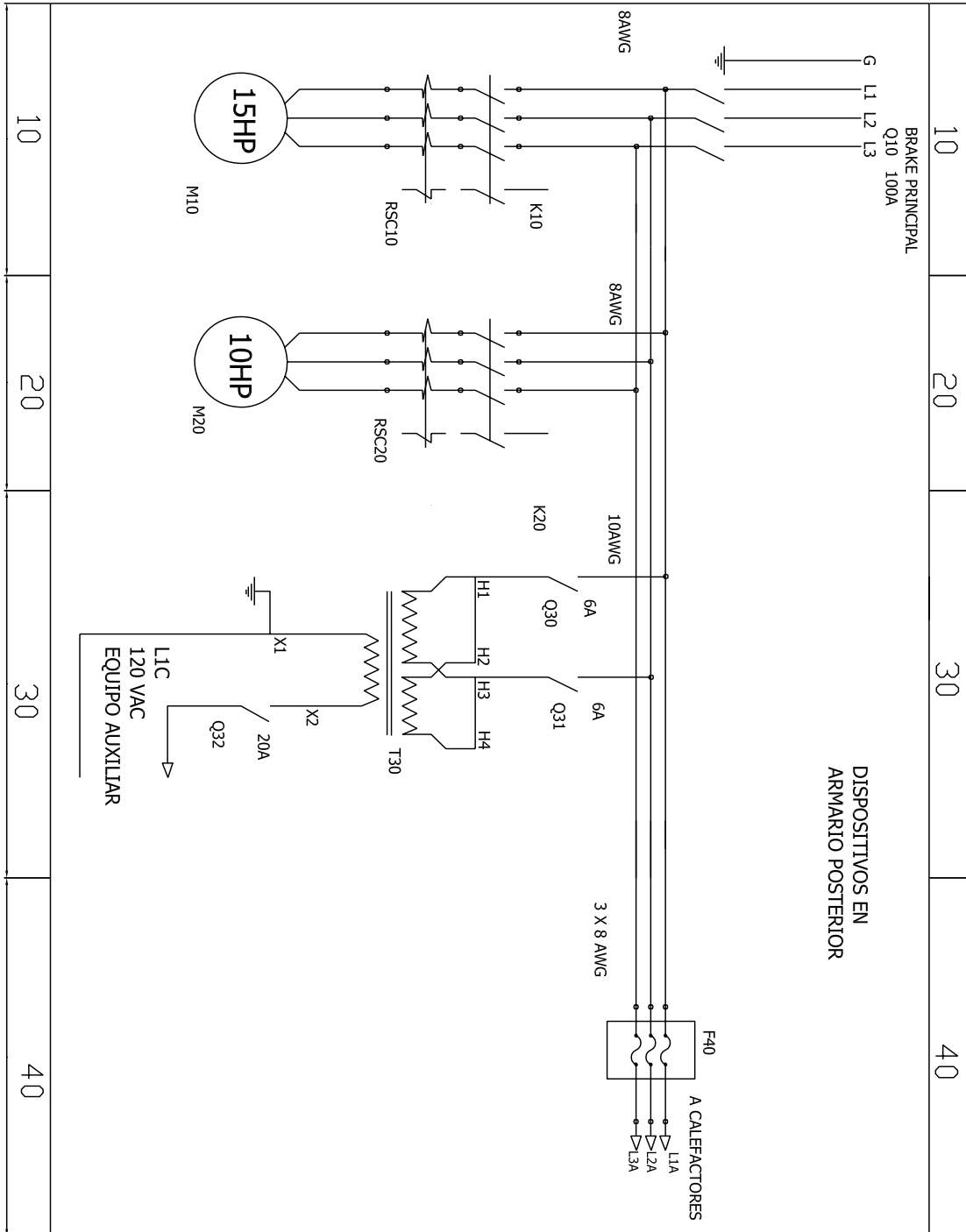
DXXX: Bobina de electroválvula

RX: Resistencia cerámica.

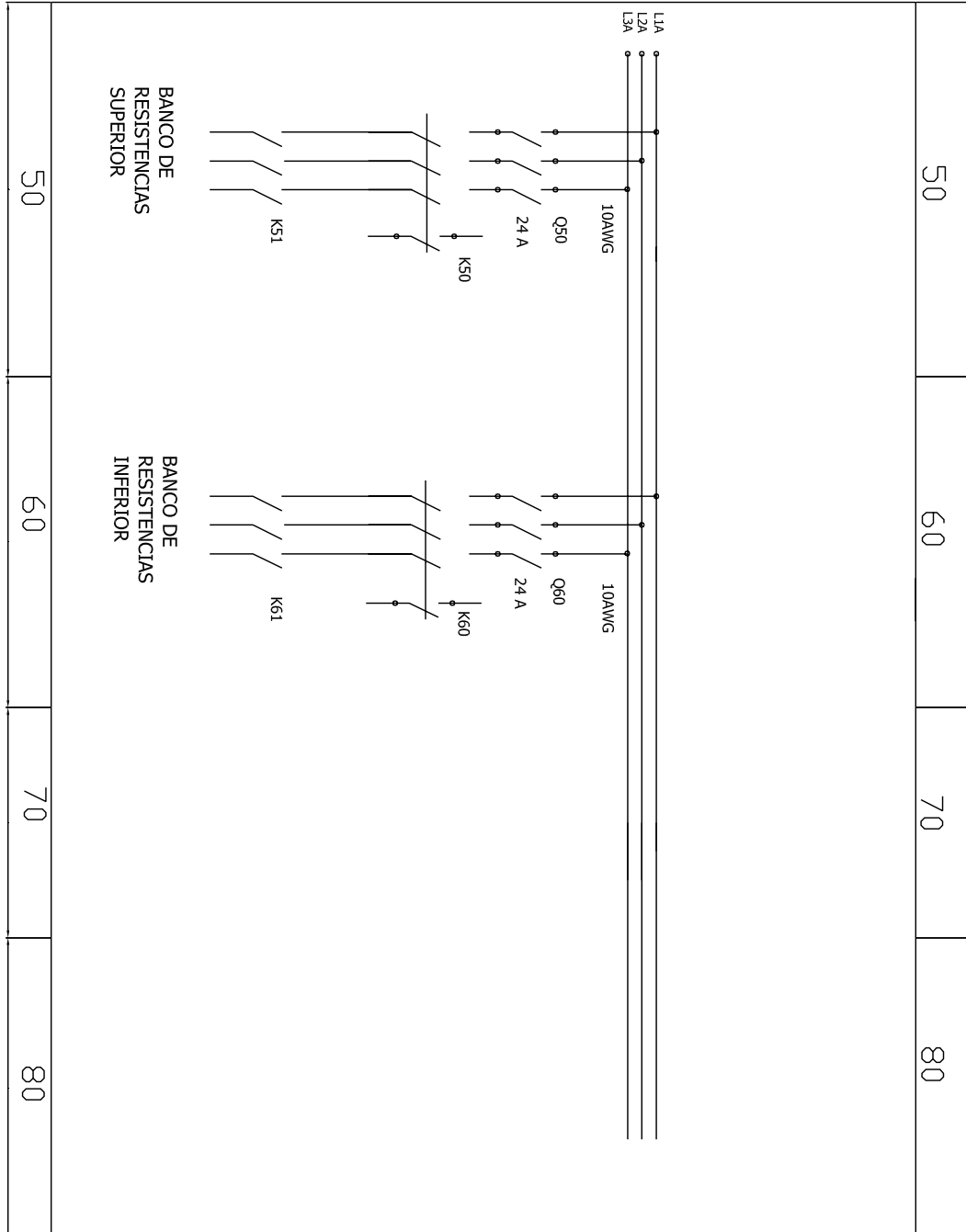
En el plano se mencionan capacidades de los conductores, contactores, interruptores y fusibles empleados.

3.2 Diagramas de propuesta de conexión eléctrica.

Circuito principal de alimentación

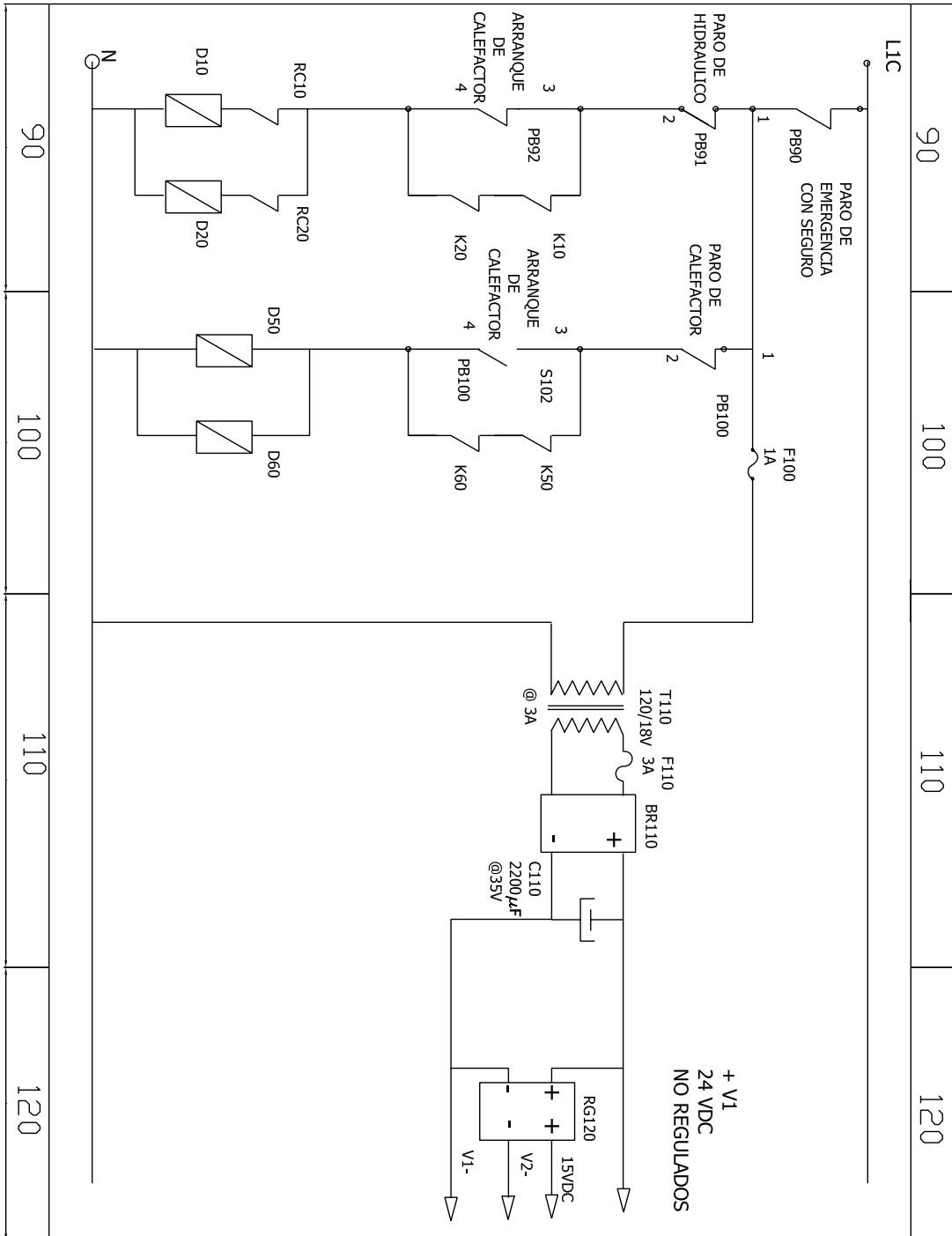


Circuito de calefactores

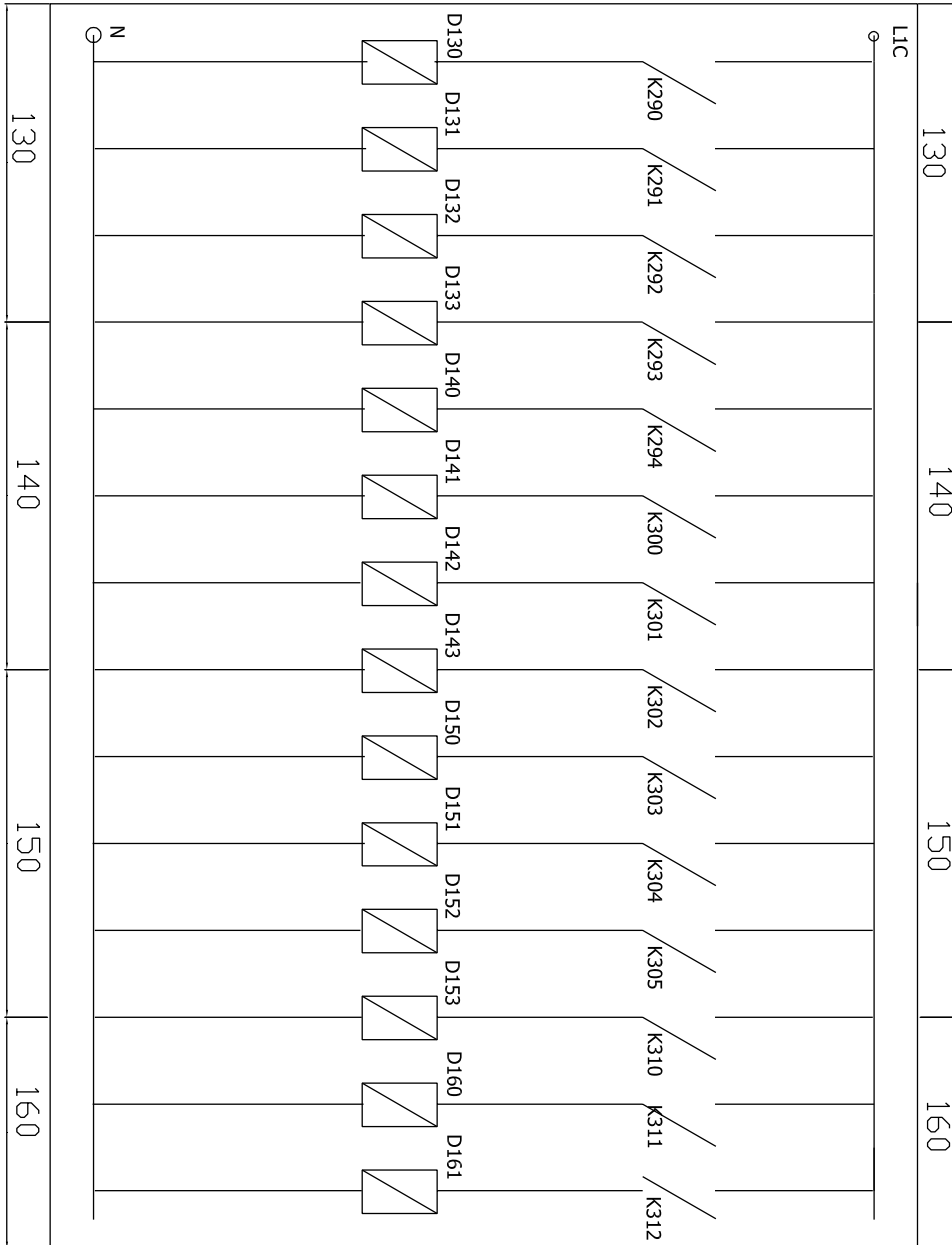




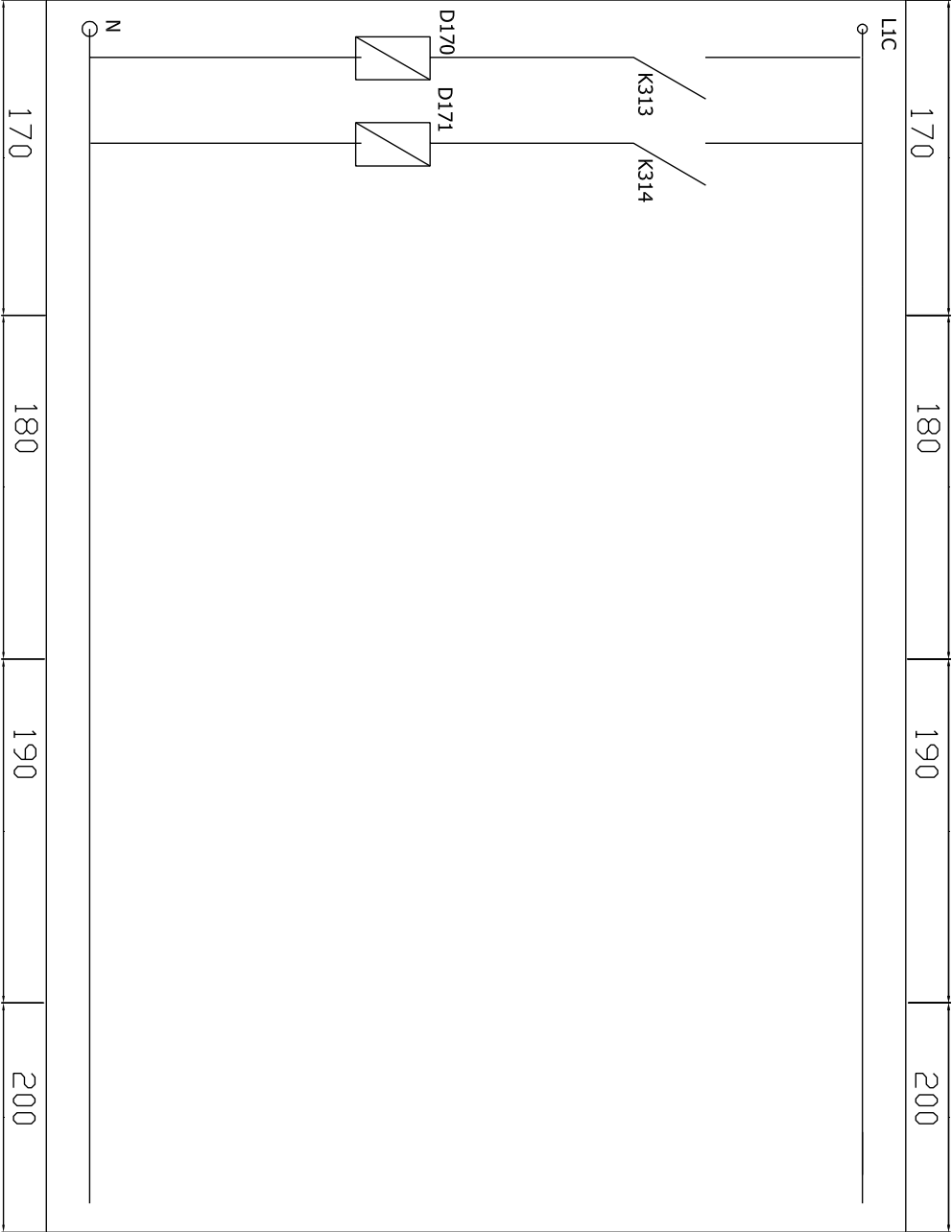
Circuito de paro y arranque de dispositivos



Circuito de bobinas de electrovalvulas



Circuito de bobinas de electrovalvulas



3.3 Análisis de Cargas.

En el diagrama del circuito principal de alimentación podemos observar que el sistema propuesto cuenta con un alimentador y 4 circuitos derivados. Se tomó como base la capacidad de los motores y la potencia de los calefactores para poder determinar la capacidad del alimentador ya que son lo elementos que mas demandan corriente.

Cálculo del Alimentador:

Potencia del motor 1 15 HP I plena carga 45.6 [A]

Potencia del motor 2 10 HP I plena carga 28 [A]

Entonces tenemos que la corriente que debe soportar el alimentador por parte de los motores deberá de de ser:

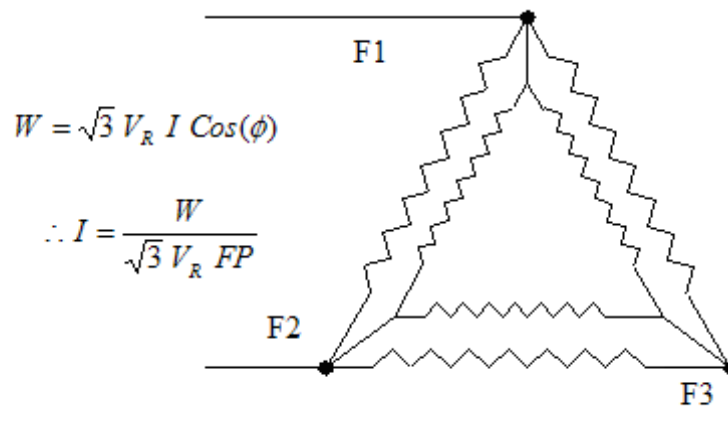
$$IA1 = 1.25(I \text{ Motor mayor}) + I2 \text{ motor}$$

Sustituyendo tenemos que: IA1 = 85 [A]

Sabemos cuántas y como se van a acomodar las resistencias así como sus características por lo tanto:

Para el banco superior de resistencias conectadas en delta

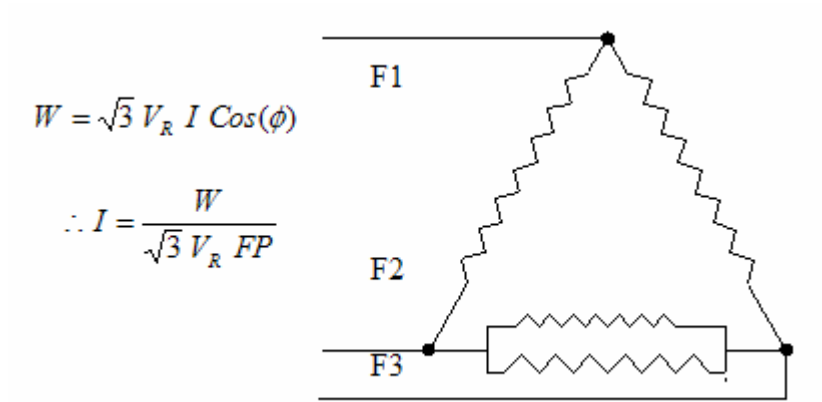
Donde las resistencias son 3/4 [in] de diámetro y 220V y 1500 Watts



Tenemos que I BS = 9.84 [A] por fase

Para el banco inferior de resistencias conectadas en delta

Donde las resistencias son  $\frac{3}{4}$  [in] de diámetro y 220V y 1500 Watts



Sustituyendo tenemos que:

$$IF1=4.92 \text{ [A]}$$

$$IF2=9.84 \text{ [A]}$$

$$IF3=4.92 \text{ [A]}$$

Entonces el alimentador deberá tener una capacidad de:

$$I_{\text{alimentador}} = IA1 + IF2 + IBS$$

$$\text{Sustituyendo tenemos que: } I_{\text{alimentador}} = 104.68 \text{ [A]}$$

Por lo que se deberá colocar un Alimentador con capacidad de 120 [A]

Una vez calculado el alimentador se incluyeron dispositivos de desconexión para la protección de cada uno de los circuitos derivados, esto con la finalidad de permitir que el personal de mantenimiento pueda tener acceso a los motores a las resistencias o al equipo auxiliar sin tener el riesgo de que estos puedan ser energizados accidentalmente.

Para el motor que se encuentra directamente conectado al contactor K10, tenemos que de datos de placa

Motor 15Hp 3F Voltaje de alimentación 220 VAC  $I_{MAX} = 45.6 \text{ A}$   $I_{MIN} = 22.8 \text{ A}$

$I_{K10} = 1.25 * (I_{MAX})$

Sustituyendo tenemos que

$I_{K10} = 57 \text{ [A]}$

Por lo que el contactor se seleccionará de 60 [A]

Para el motor que se encuentra directamente conectado al contactor K20 tenemos que de datos de placa

Motor 10Hp 3F Voltaje de alimentación 220 VAC  $I_{MAX} = 28 \text{ [A]}$   $I_{MIN} = 26 \text{ [A]}$

$I_{K20} = 1.25 * (I_{MAX})$

Sustituyendo tenemos que

$I_{K10} = 35 \text{ [A]}$

El contactor más cercano es de 60 [A]

Para la protección de la parte electrónica se definieron 2 interruptores termomagnéticos de 6[A]

Alimenta a 16 bobinas de relevadores 100 [mA] aprox.

Alimentación del módulo Field Point 500 [mA] aprox.

Alimentación de las bobinas de arranque de calefactores y resistencias 500[mA] aprox.

$I_{Q30} = I_{Q31} = 3.6 \text{ [A]}$

Continuando con los calefactores tenemos que para protección se ubicaron 2 interruptores termomagnéticos, para conexión/desconexión se ubicaron 2 contactores electromecánicos y realizar el control de temperatura se ubicaron 2 contactores de estado sólido.

Tomando como referencia los valores obtenidos anteriormente tenemos que:

Para el banco superior de resistencias  $I_{BS} = 9.84 \text{ [A]}$  por fase

El valor comercial mínimo para los interruptores termomagnéticos Q50 y contactores de termomagnéticos K50 3F que se consiguieron fue de 32 [A] mientras que para los contactores de estado sólido K51 fue de 45 [A]

Tomando como referencia los valores obtenidos para el banco inferior de resistencias tenemos que:

$IF1 = 4.92 \text{ [A]}$

$IF2 = 9.84 \text{ [A]}$  \*Considerando como el valor mayor

$IF3 = 4.92 \text{ [A]}$

El valor comercial mínimo para los interruptores termomagnéticos Q60 y contactores de termomagnéticos K60 3F que se consiguieron fue de: 32 [A] Mientras que para los contactores de estado sólido K61 fue de 45 [A]

Resumiendo tenemos que los contactores seleccionados:

Contacto	Tipo	Voltaje [V]	Corriente [A]	Fase
Q10	Termomagnético	220/440	120	3F
K10	Electromecánico	220/440	60	3F
K20	Electromecánico	220/440	60	3F
Q30	Termomagnético	220	6	1F
Q31	Termomagnético	220	6	1F
Q50	Termomagnético	400	32	3F
Q60	Termomagnético	400	32	3F
K50	Electromecánico	400	32	3F
K60	Electromecánico	400	32	3F
K51	Edo. Sólido	600	45	3F
K61	Edo. Sólido	600	45	3F

Cálculo de conductores principales:

Los conductores de los circuitos derivados para los motores deben de estar suficientemente bien dimensionados para soportar los arranques y paros, así como la operación continua en el accionamiento de sus cargas y estos deben de ser capaces de permitir sobrecargas que los motores pudieran producir

Por lo que se dimensionan para el 125% de la corriente a plena carga del motor.

Conductor que alimenta al motor de 15Hp 3F @ 220V

De los datos de placa tenemos que

$$I_{max} = 45.6 \text{ [A]}$$

$$I_{min} = 22.8 \text{ [A]}$$

Tomando la  $I_{max}$  y considerando el 125% de la corriente a plena carga tenemos que

$$I_{conductor} = 1.25 \times 45.6 = 57 \text{ [A]}$$

Considerando una eficiencia de 0.8 y un FP de 0.8 del motor, tenemos que

$$W = \sqrt{3} V_R I \cos(\phi) n \quad \therefore I = \frac{W}{\sqrt{3} V_R FP n}$$

sustituyendo

Tenemos que  $I = 45.88 \text{ [A]}$  considerando la corriente más grande para la selección del calibre.

De tablas de calibre tenemos que el calibre 8 AWG soporta una corriente de 70[A] por lo que el calibre seleccionado es el 8AWG

Conductor que alimenta al motor de 10Hp 3F @ 220V

De los datos de placa tenemos que

$$I_{max} = 28 \text{ [A]}$$

$$I_{min} = 26 \text{ [A]}$$



Tomando la  $I_{max}$  y considerando el 125% de la corriente a plena carga tenemos que:

$$I_{conductor} = 1.25 \times 28 = 35 [A]$$

Considerando una eficiencia de 0.8 y un FP de 0.8 para el motor :

Tenemos que

$$W = \sqrt{3} V_R I \cos(\phi) n \quad \therefore I = \frac{W}{\sqrt{3} V_R FP n}$$

Sustituyendo

Tenemos que  $I = 30.58 [A]$  considerando la corriente más grande para la selección del calibre.

De tablas de calibre tenemos que el calibre 10 AWG soporta una corriente de 50[A] pero la empresa NGM nos requirió uniformidad en el circuito se seleccionó el calibre 8AWG

Para las resistencias tenemos que de datos calculados

Para el banco superior:

Tenemos que  $I_{BS} = 9.84 [A]$  por fase

Para el banco inferior tenemos:

$$IF1 = 4.92 [A] \quad IF2 = 9.84 [A] \quad IF3 = 4.92 [A]$$

Y Considerando las corriente de mayor orden tenemos que la  $I_{max} = 10 [A]$

Pero considerando que los conductores se encuentran en trabajo continuo y a temperaturas superiores a los 30°C consideramos una calibre 16 AWG.

Los demás calibres que se emplean para las perillas, bobinas, conexión con los microswitch se emplearán calibres 18 o 20 AWG ya que las corrientes que estos dispositivos manejan son menores a los 2 [A] y por seguridad se sobre dimensionan.

A continuación se presentan los demás planos de conexión electrónica o los que se encuentran relacionados con los FieldPoint , microswitch, perillas y bobinas de las electroválvulas.

3.4 DIAGRAMAS DE CONEXIÓN ELECTRONICA

Diagrama de conexión de perillas del FP D1-301

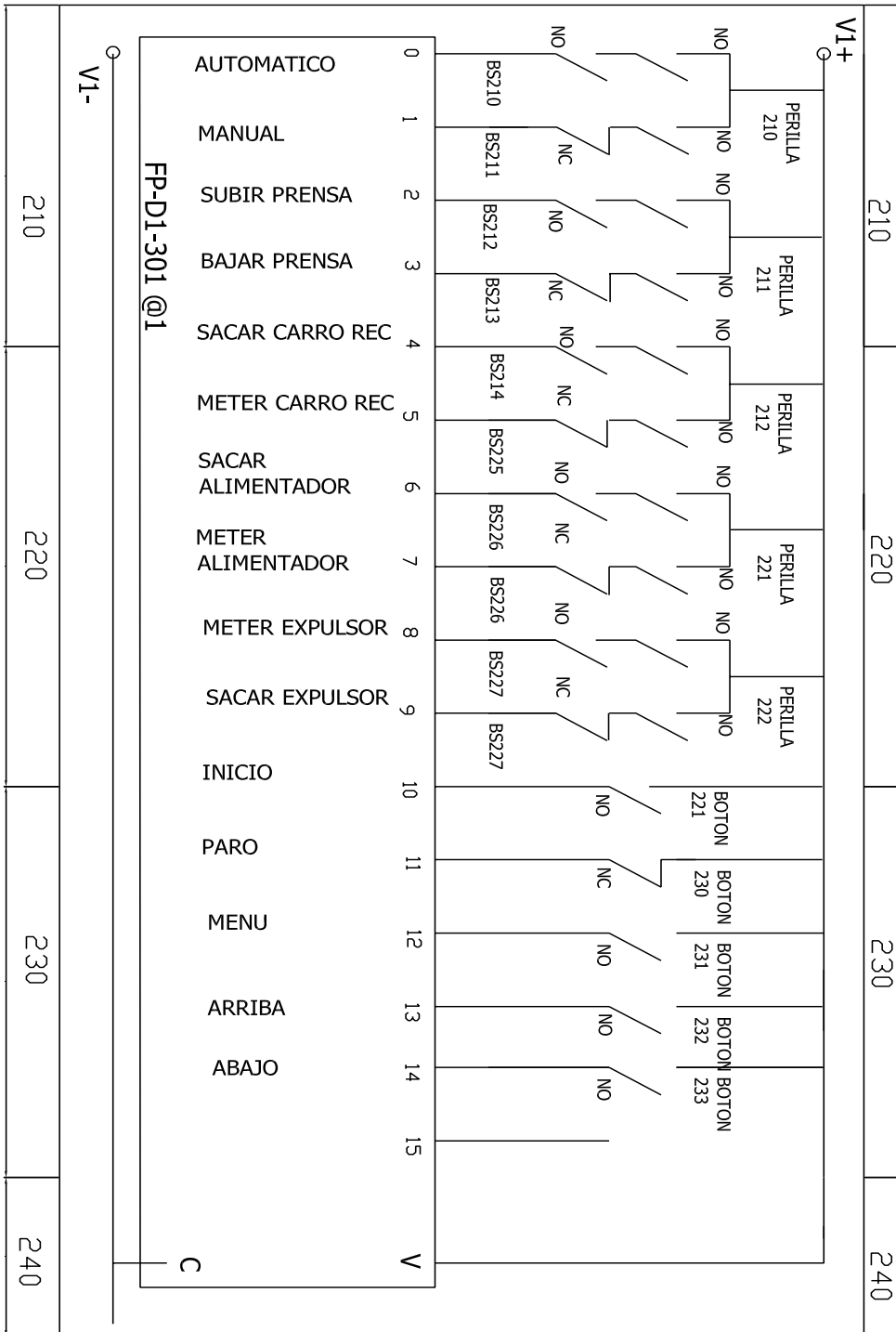


Diagrama de conexión de microswitch del FP D1-301

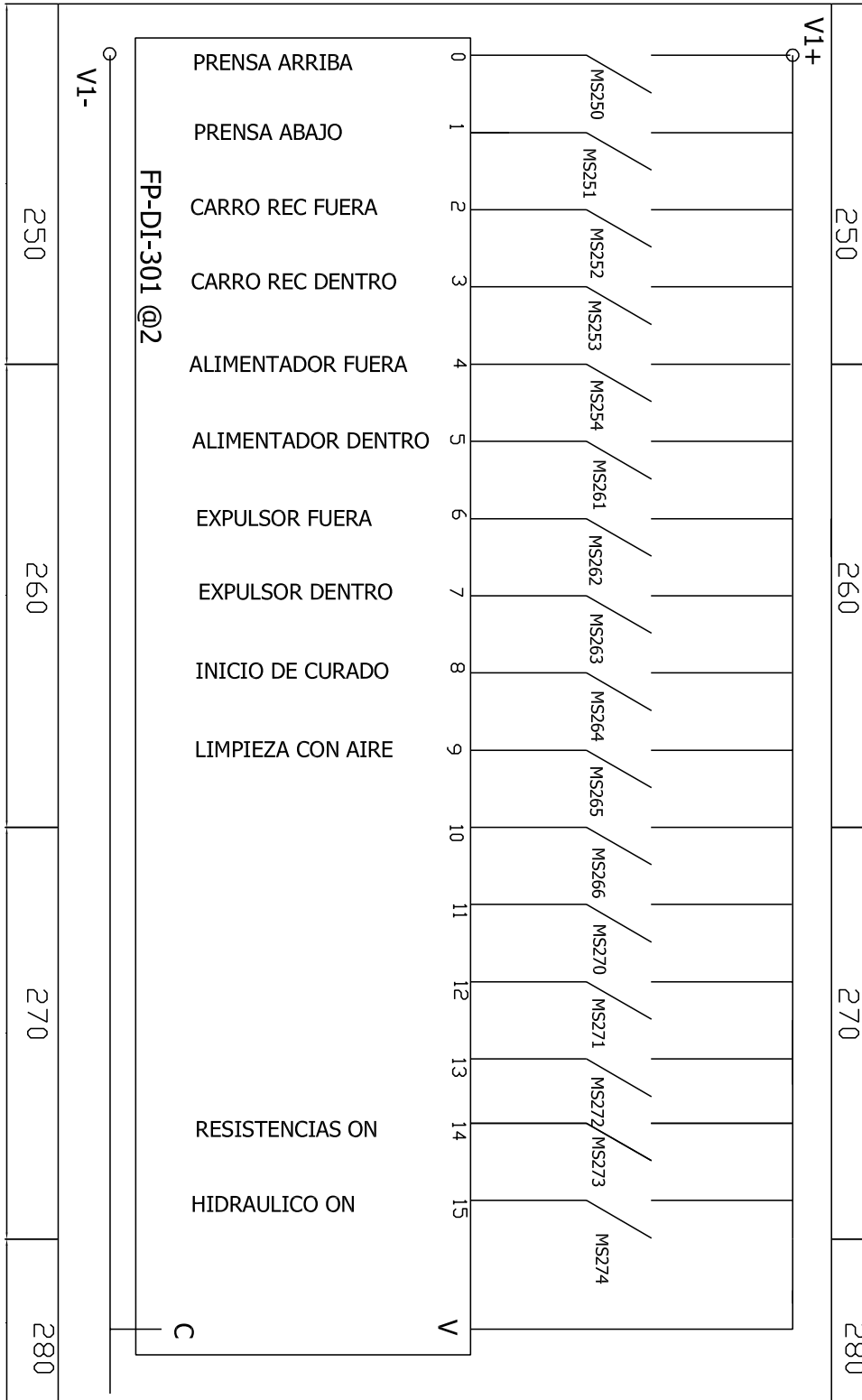


Diagrama de conexión de bobinas del FP D0-403

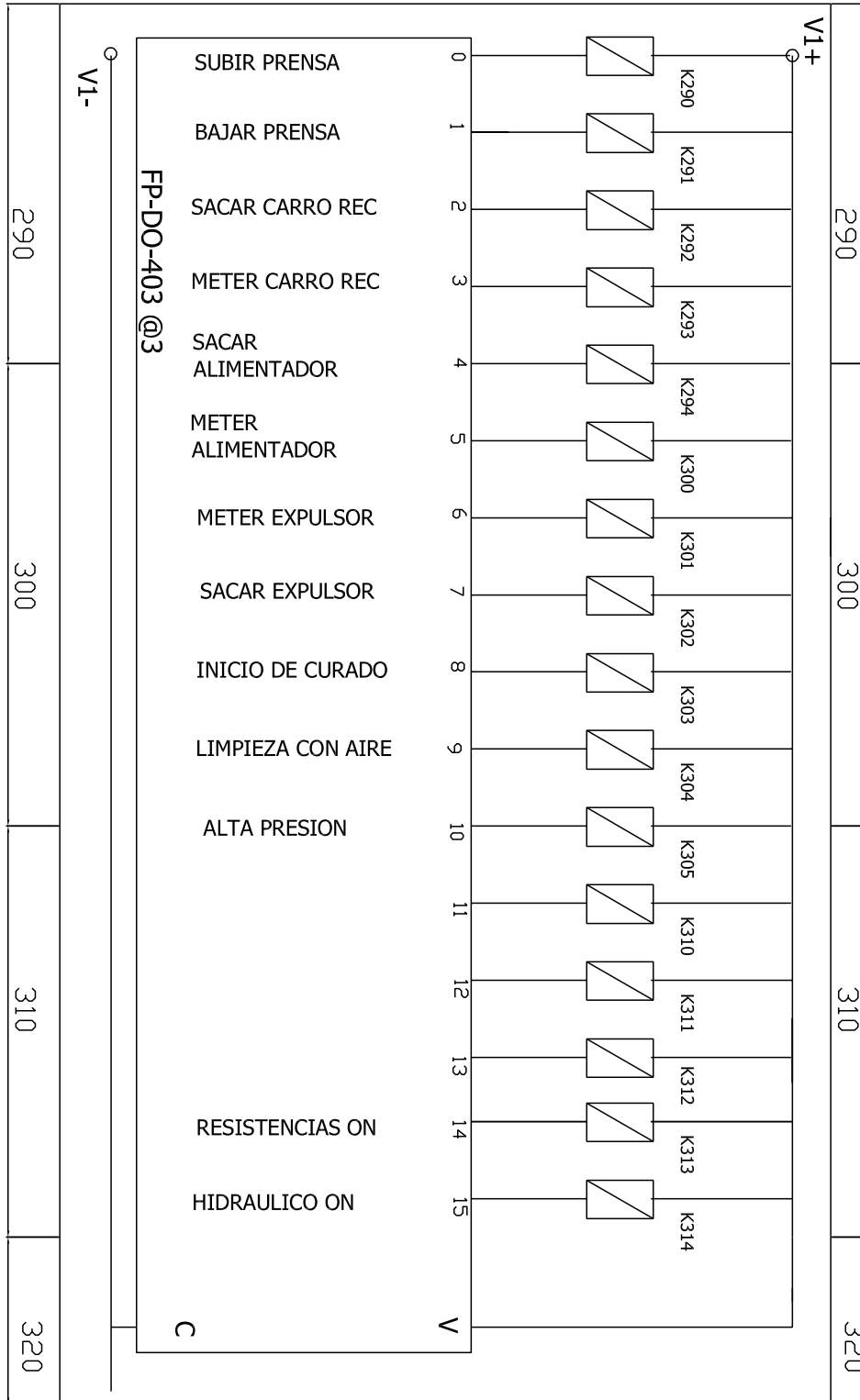


Diagrama de conexión de termopares del FP TB-10

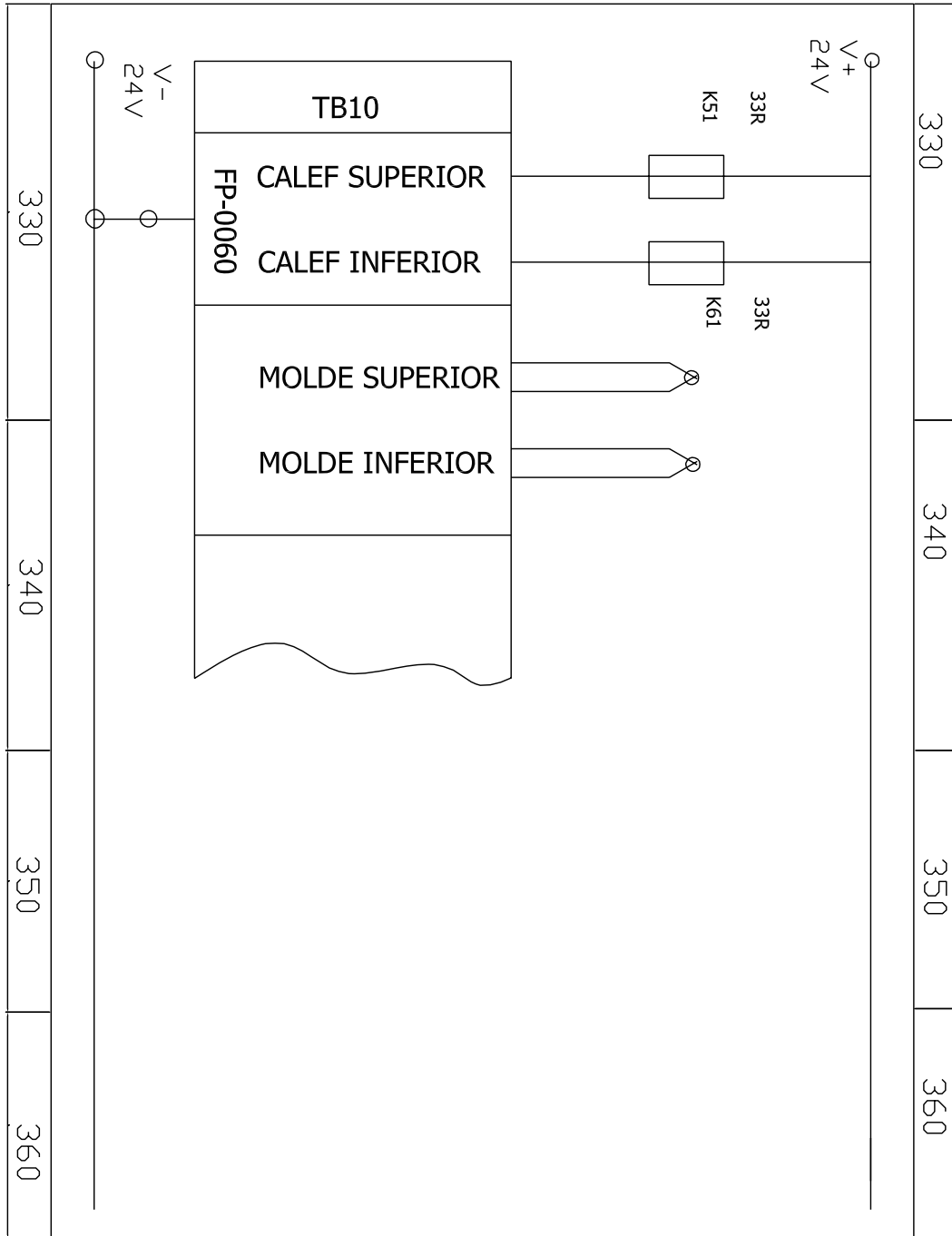
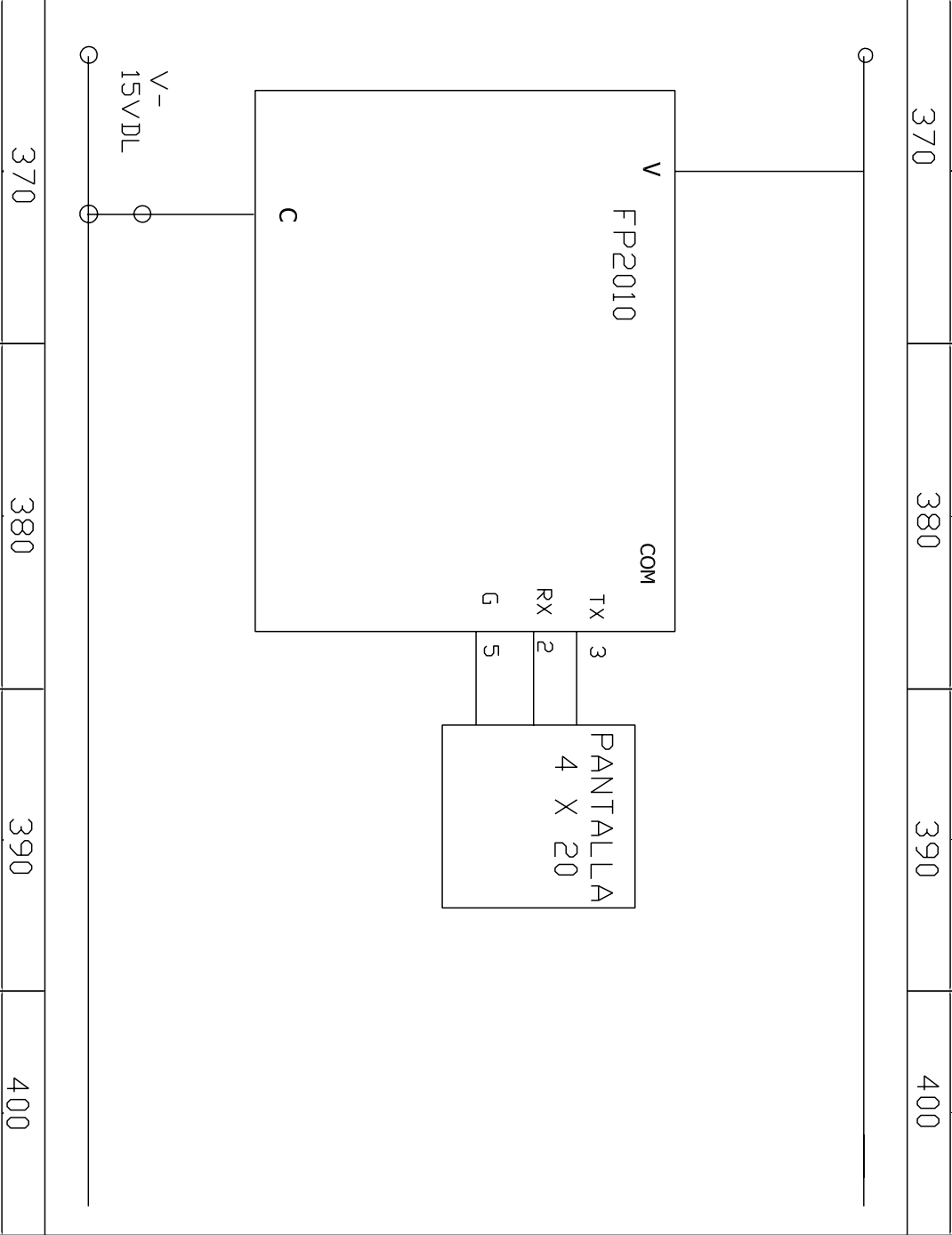


DIAGRAMA DE LA PANTALLA LCD



#### 4.1 Conceptos Básicos de Programación en Labview

El Lenguaje de programación empleado para la máquina de moldeo es *Labview* el cual se desarrollo para que el programador contara con un laboratorio de instrumentación virtual estableciendo un espacio para desarrollar sistemas y equipos en la rama de instrumentación electrónica. El lenguaje fue desarrollado por estudiantes y docentes enfocados en el desarrollo de aplicaciones en *hardware* y *software* para la solución de problemas relacionados con la instrumentación electrónica, y cuenta con diferentes dispositivos que permiten al usuario realizar mediciones de diversas magnitudes físicas por medio de diferentes periféricos.

*Labview* es un lenguaje de programación de tipo gráfico que permite diseñar interfaces de usuario mediante una consola virtual. La programación de la consola se realiza por medio un diagrama de bloques permitiendo desarrollar de una manera rápida cualquier aplicación. Dado que cuenta con iconos que realizan tareas específicas los cuales se conectan por medio de líneas, llamadas alambres de conexión estos permiten que la programación sea más rápida en comparación con los lenguajes tradicionales basados en texto.

No obstante que el lenguaje es gráfico se cuenta con bloques que permiten establecer nexos con programación tradicional como *C++*, *Matlab* etcétera. También permite hacer llamados a librerías dinámicas (DLL).

Características de Labview:

Una de las principales características de Labview radica en su manejo de módulos, ya que utiliza bloques funcionales específicos, es decir el lenguaje cuenta con módulos que realizan tareas que van desde hacer simples sumas, hasta procesamiento de imágenes.

Además permite la conexión con otros dispositivos mediante un intercambio de datos por medio de protocolos de comunicación como DataSocket, TCP/IP, UDP, Serial, entre otras, también permite el intercambio de información con Active X, librerías dinámicas, bases de datos, hojas de cálculo etc.

Otra característica importante de este lenguaje se encuentra en su flujo de datos, dado que muestra la ejecución secuencial del programa, esto es, muestra paso a paso la tarea que se está ejecutando por medio de líneas de flujo y deteniéndose por instantes para mostrar los valores y contenidos de cada tarea que se lleva a cabo. Por otra parte permite la operación con variables polimórficas tales como caracteres, booleanos, numéricas, etc. Dichas variables se pueden manejar por medio de las herramientas matemáticas con las que cuenta el programa, permitiendo al usuario crear programas de manera matricial y vectorial haciendo más eficiente la programación.

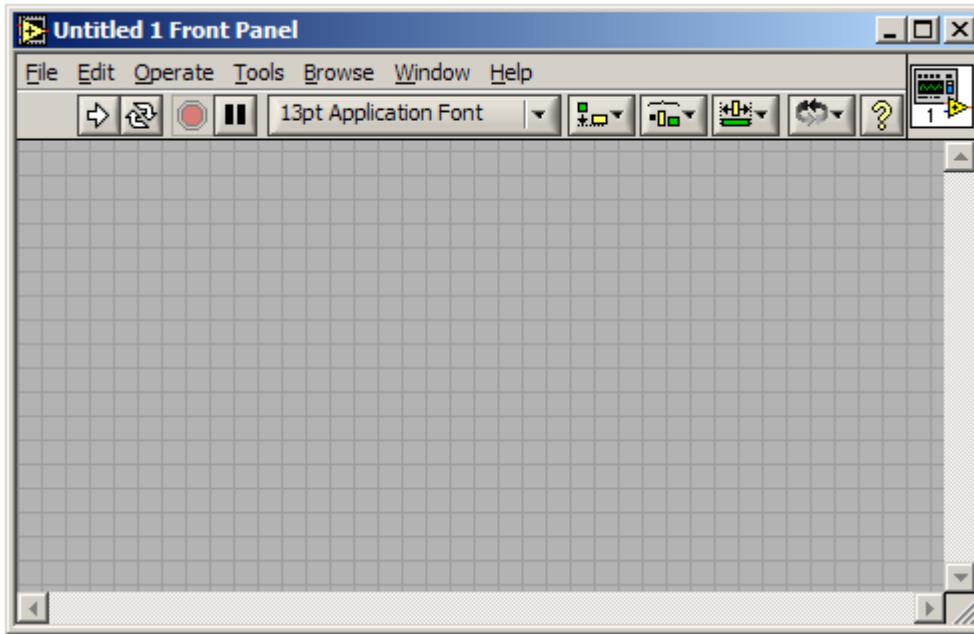
Labview permite el desarrollo de sistemas en tiempo real donde el programa es ejecutado sin tener necesidad de contar con un sistema operativo que lo soporte, ya que cuenta con uno propio el cual se encarga de la administración de tareas y dispositivos, generando los archivos y librerías capaces de ejecutarse de manera independiente a *Labview* por medio de un constructor de aplicaciones.

Aplicaciones de Labview:

Es un lenguaje de programación que encuentra aplicaciones en casi todos los campos de las ciencias e ingenierías debido a que permite realizar sistemas de medición, monitoreo y control de procesos, además de procesamiento digital de señales permitiendo análisis en el dominio de la frecuencia o del tiempo, manipulación de imágenes y audio, automatización por medio de módulos desarrollados para cada tipo de aplicaciones que se requieran, mismos que cubren las necesidades académicas e industriales.

En su espacio de trabajo con dos tipos de paneles, el panel de usuario, que es una interfaz con la que interactúa el usuario y el panel de programación que es el panel en donde residen las operaciones y funciones que se han programado para que el panel frontal funcione.

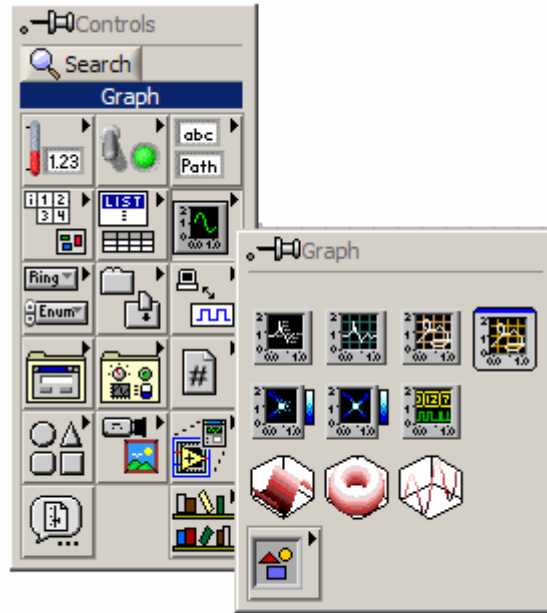




Panel Frontal  
Figura 4.1

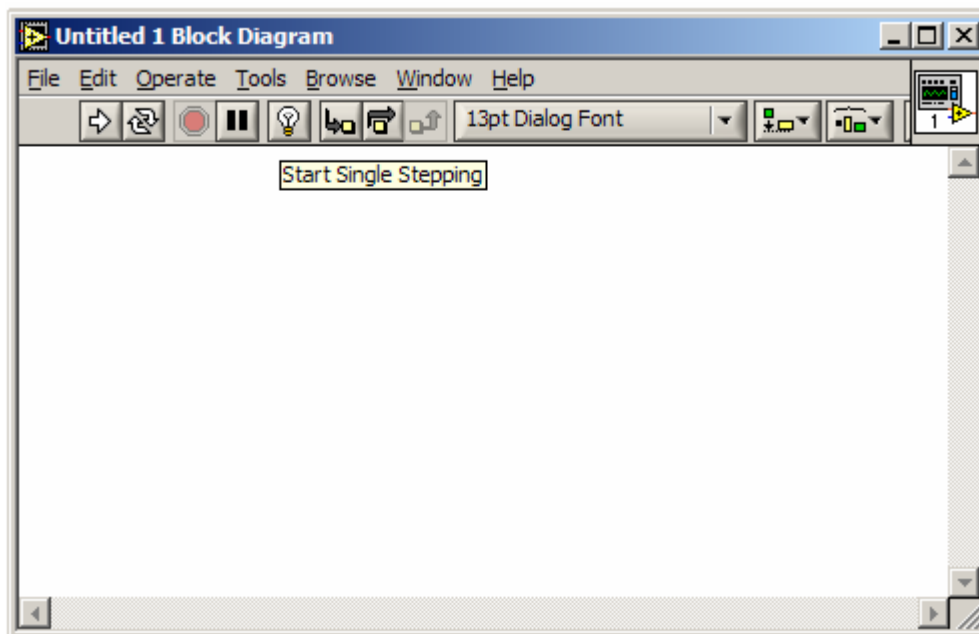
El panel frontal permite al programador diseñar instrumentos virtuales de manera gráfica, ya que cuenta con una paleta de controles en la que se incluyen perillas, palancas, botones, diales, termómetros, indicadores de nivel, gráficos en 2 y 3 dimensiones, tablas, anillos buscadores, entre otros.

Cada uno de los controles que se presentan en el panel frontal tiene una representación en el panel de programación, ya sea de tipo booleana, carácter, arreglo cluster, anillo etc. Por otro lado en el panel frontal es posible personalizar a los elementos en color y forma además de adicionar adornos, textos, retículas, de manera que se pueda crear un ambiente agradable al operador. Ver figura 4.2



Paleta de Controles  
Figura 4.2

En el panel de programación o de bloques se hacen los programas de manera gráfica, por medio de bloques de funcionamiento específico, a los cuales se les asigna un icono en la paleta de funciones.



Panel de programación  
Figura 4.3

Estos iconos pueden representar procedimientos (apertura de archivos, conexiones con puertos, manejo de periféricos etc.) operaciones, ciclos, datos, arreglos, números, etc. la conexión entre estos iconos se hace por medio de líneas. Ver figura 4.4

Figura 4.4  
Paleta de Funciones



Por ejemplo en la figura 4.5 se muestra un arreglo de booleanos convertido a un número al cual se le adiciona el número 3 y el resultado se va a un caso de selección

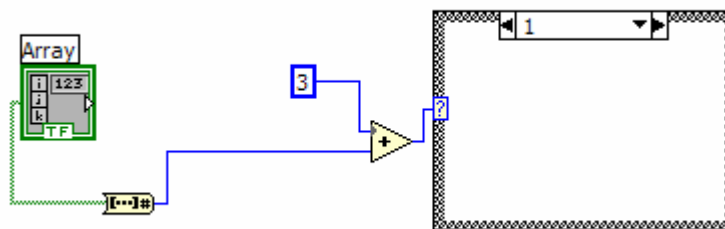


Figura 4.5

Los iconos contienen "terminales de conexión" y en algunos casos contienen conexiones de entrada y salida como el icono de suma, cada tipo de dato está identificado por colores, en el caso de los booleanos se representa con el color verde, los numéricos por el color azul, mientras que los de tipo caracteres por el rosa y dependiendo del tipo de dato que se tenga se le asigna un color distinto. Por otro lado hay que tomar en cuenta que aunque Labview es un lenguaje polimórfico es necesario tener congruencia con los datos que se están manejando, es decir, que no se pueden mezclar diferentes tipos de datos sin modificarlos previamente para guardar una cierta concordancia.

Los programas pueden ser ejecutados de manera directa ó paso a paso. Cuando se selecciona la ejecución paso a paso se muestran las líneas de flujo de los datos, y se muestran momentáneamente los valores que van tomando algunos iconos, de manera que el usuario verifique que el programa está haciendo lo que se desea.

Cuando se diseña un VI se tiene la posibilidad de convertirlo en parte de un programa principal es decir un subVI, esto es, que el VI creado pasaría a ser un icono funcional al cual se le deberá de definir el número de entradas y salidas y utilizarlo como parte de otro programa más complicado, que en términos de programación los subVI's serían el equivalente a subrutinas.

La compilación de los programas se realiza de forma gráfica, optimizado internamente el código de programa por medio del *kernel* de *Labview*.

Adquisición de datos: Labview es un lenguaje dedicado a realizar instrumentos virtuales, por lo tanto es necesario medir, controlar y manipular los datos, por lo que está provisto de diferentes alternativas para realizar estas funciones las cuales se seleccionarán dependiendo de la aplicación que desee. National Instruments cuenta con tarjetas de Adquisición de Datos, Módulos *Field Point*, Módulos de Visión, módulos de movimiento, vibración, etc.

Los dispositivos son administrados y configurados por medio de otro software llamado *Measurement and Automation* en el cual se configuran y reconocen los dispositivos que han sido instalados. Ver figura 4.6

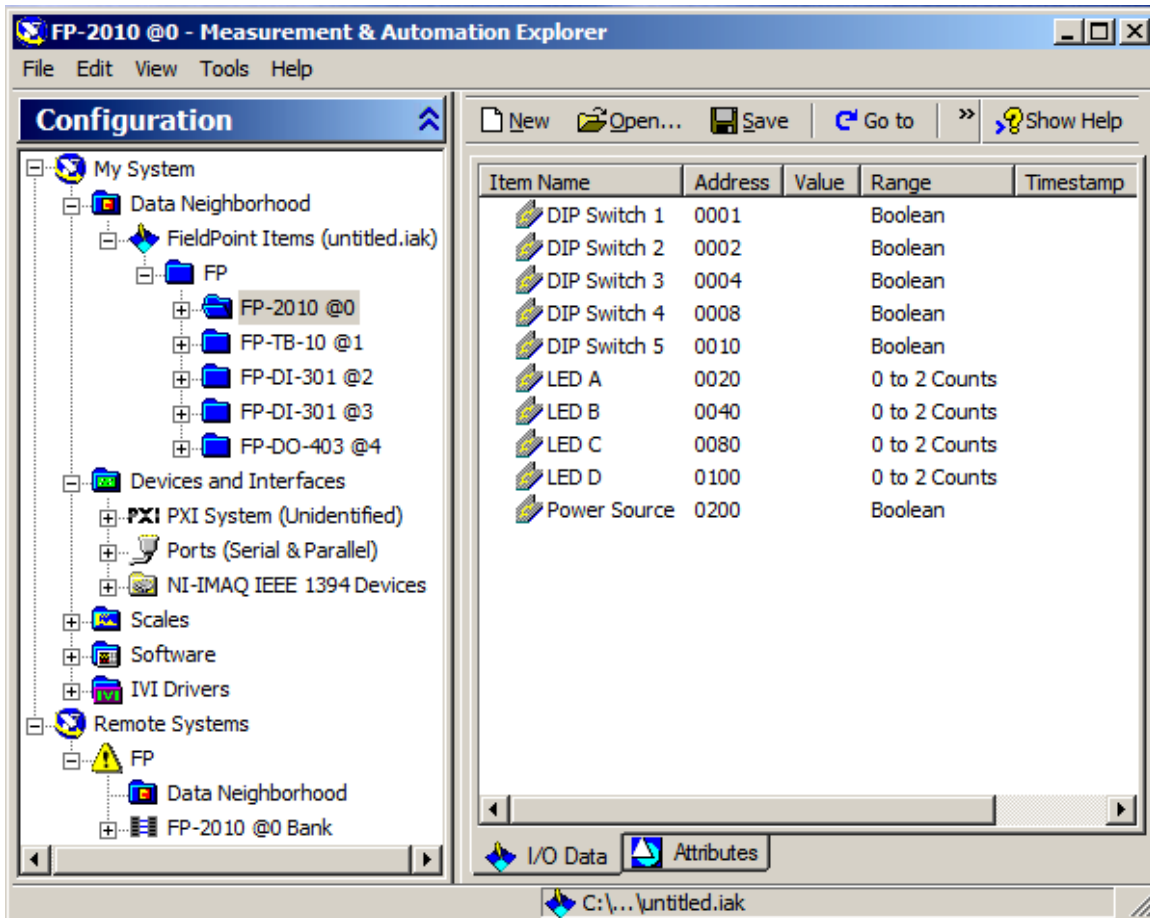


Figura 4.6  
 Mesumeremet &  
 Automation Explorer

Este software cuenta con un panel de prueba en donde se pueden habilitar entradas y salidas, leer datos, renombrar los dispositivos en el caso de los *FieldPoint* también es posible configurar las referencias, ya sea referencia simple , referencia diferencial, así como también los voltajes de operación +/- 10 V en el caso de las tarjetas de adquisición.

**4.2 Diagramas de Flujo**

En este apartado se presentan los diagramas de flujo del programa que controla a la moldeadora. Comenzaremos por los elementos más generales para después verlos con mayor detalle.

Diagrama de Flujo Moldeadora Principal

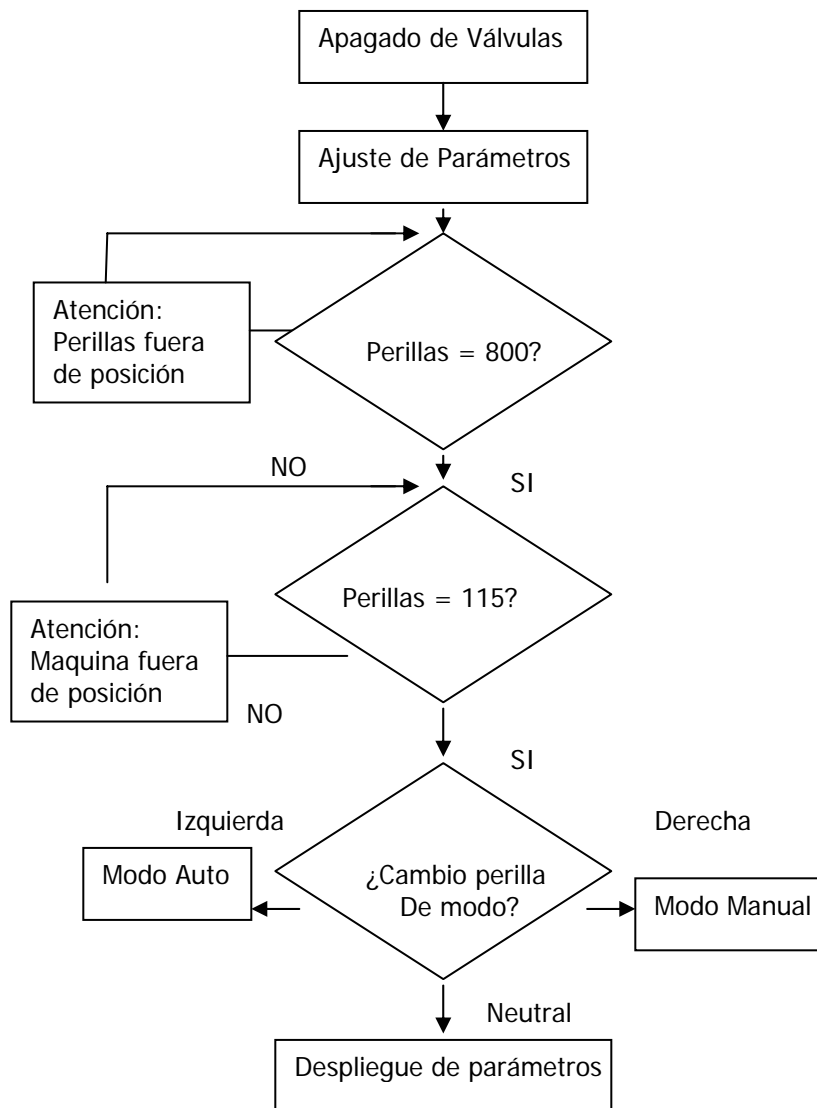


DIAGRAMA DE FLUJO MODO MANUAL

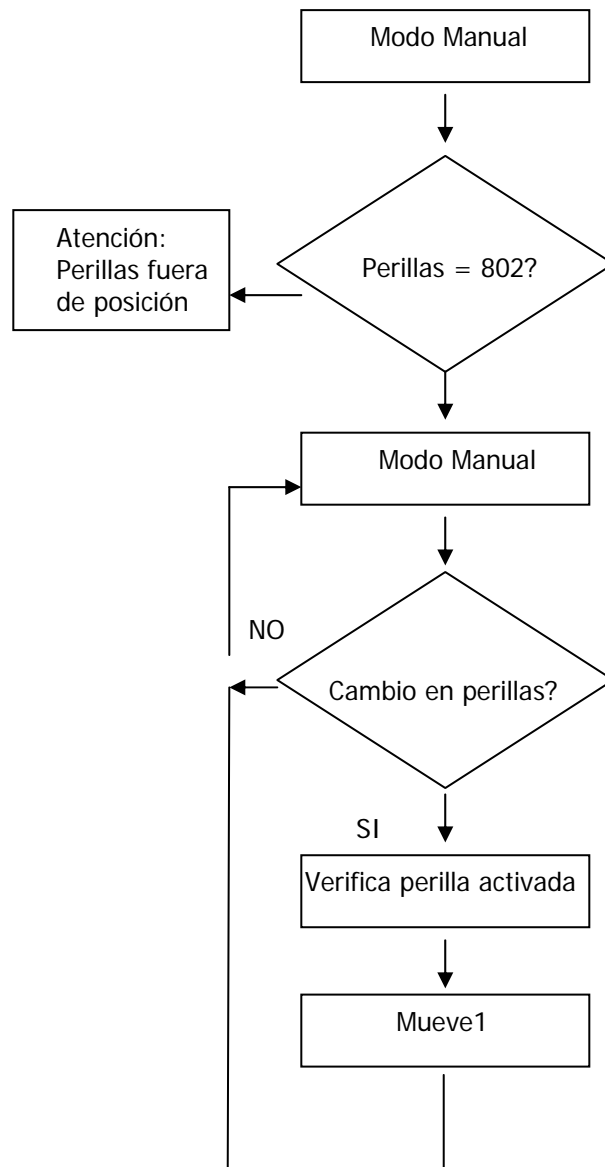
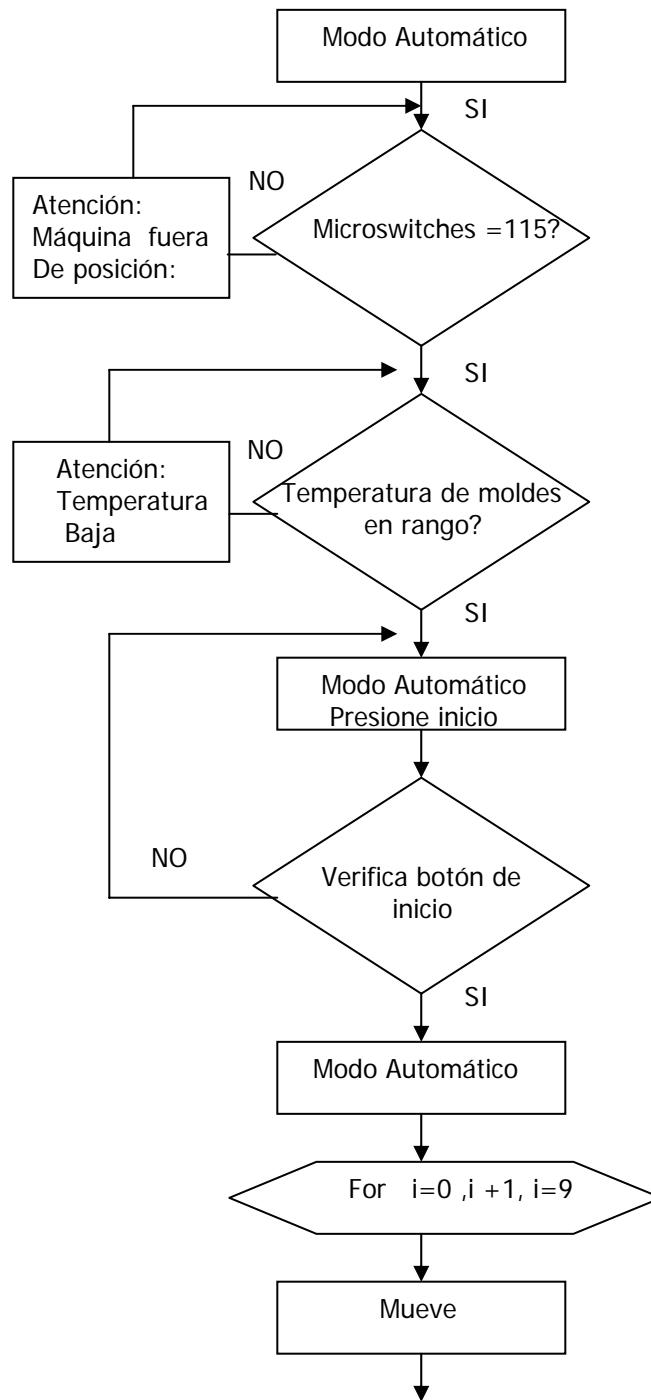


DIAGRAMA DE FLUJO DEL MODO AUTOMATICO





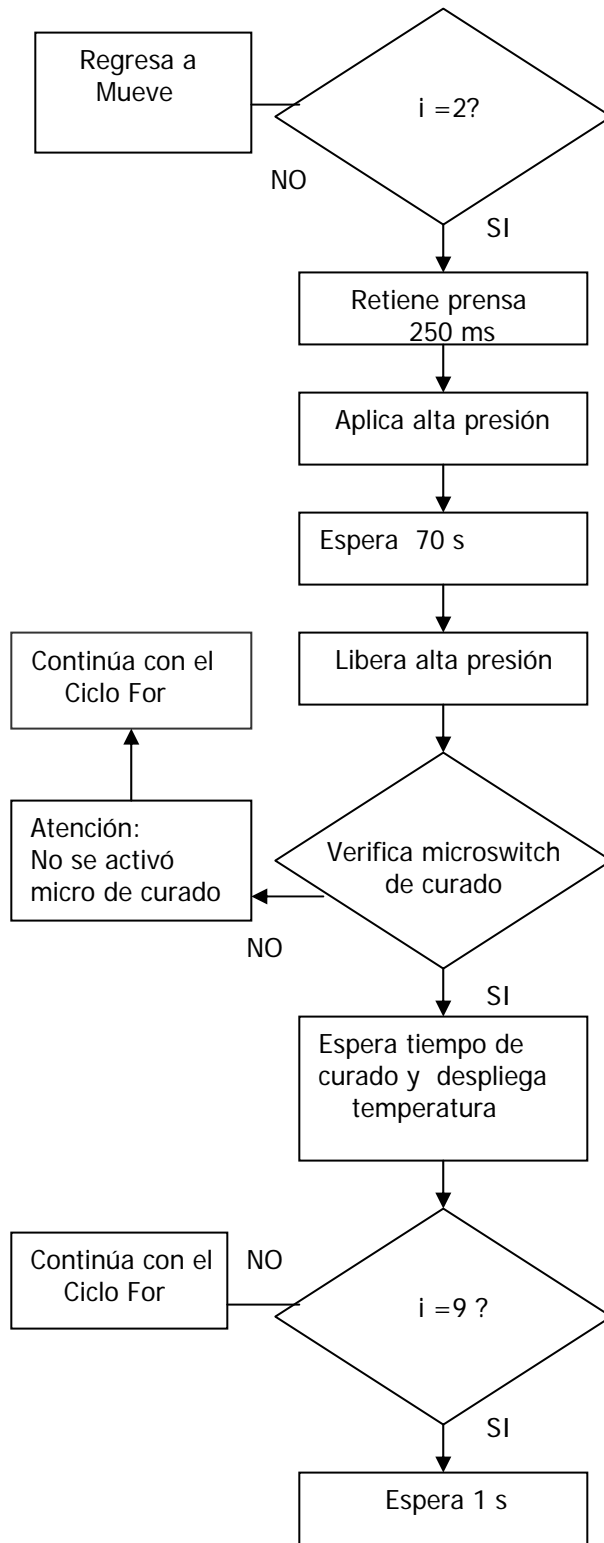
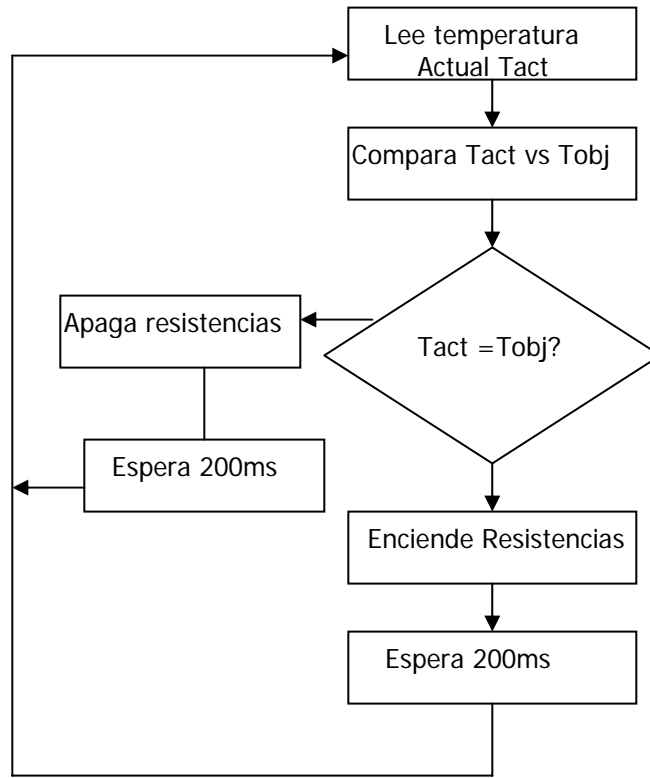


DIAGRAMA DE FLUJO DEL CONTROL DE TEMPERATURA



Jerarquía del Programa

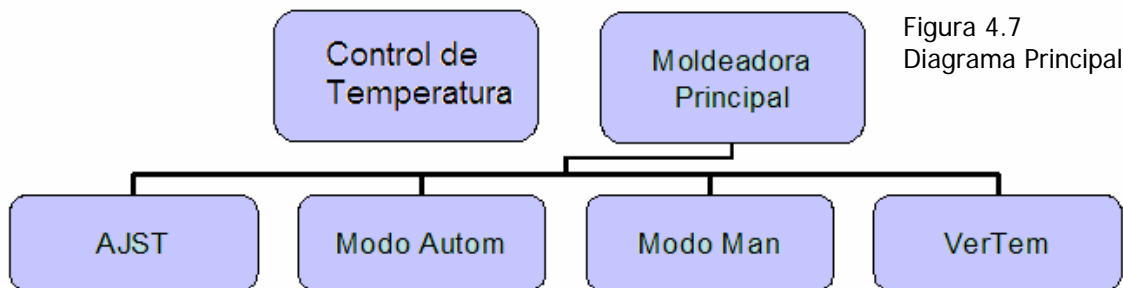


Figura 4.7 Diagrama Principal

En la figura 4.7 se muestra el diagrama de jerarquía de la moldeadora, como se puede observar en la parte superior hay 2 íconos: El Control de temperatura y el de Moldeadora Principal.

El **Control de Temperatura** es un programa que tiene la misma jerarquía que el de la moldeadora principal. Este programa se encarga, como su nombre lo indica, de controlar la temperatura de los moldes de la máquina mediante un control de tipo encendido-apagado el cual actúa sobre las resistencias que se encuentran en la base de los moldes inferior y superior, además en estas bases se encuentran ubicados los sensores de temperatura que en este caso se tratan de un par de termopares tipo j que a su vez están conectados a las entradas de la base TB10 del módulo FieldPoint. El programa de **Moldeadora Principal** controla a la máquina en cuanto a modos de operación y modos de ajuste, además verifica la posición de la máquina y las perillas del panel de control. Como se puede ver en la figura 4.7 le siguen 3 iconos debajo del programa principal los cuales realizan las funciones de subrutinas y estas se describen a continuación.

El programa de **AJST** es un programa que realiza los ajustes de operación de la máquina, los ajustes son la temperatura del molde superior y del molde inferior y el tiempo de curado.

El programa de **modo man**, permite hacer movimientos de los dispositivos de la máquina (Carros, alimentador, prensa etc.) por medio de las perillas de control, además de llamar a 2 subrutinas como se muestra en la figura 4.8

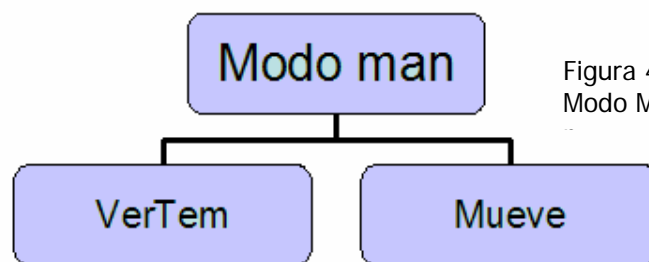
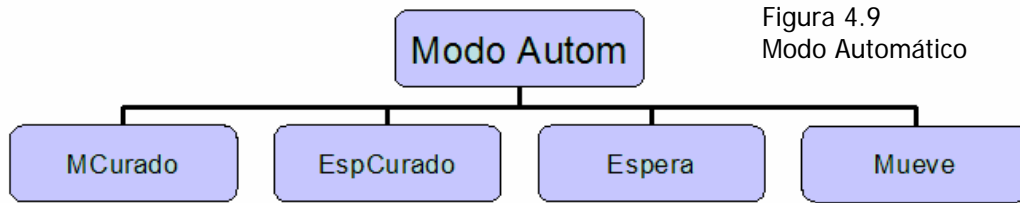


Figura 4.8  
Modo Manual

El programa del **modo Autom** realiza el control de la máquina de manera automática, además de que controla el tiempo de curado y el tiempo en el que se

aplica la alta presión, además de que es la manera en la que la máquina moldea las piezas, y a su vez esta compuesto por 4 subrutinas como se muestra en la figura 4.9



**Mcurado** lo que hace es verificar que la prensa haya bajado lo suficiente para activar el micro interruptor del tiempo de curado, además de que despliega la temperatura de los moldes.

**EspCurado** es un programa que descuenta el tiempo programado de curado y despliega la temperatura de los moldes.

**Espera:** el programa espera un cierto tiempo a que la prensa aplique la presión alta suficiente para fundir y moldear el material.

**Mueve:** Este es un programa que realiza los movimientos de la máquina, verifica los micro interruptores, perillas y escribe a la pantalla los mensajes de operación o de error que se hayan detectado.

Y por último se tiene el programa **verTem**. Este programa es una subrutina de Control man la cual protege al expulsor de la máquina y lo que hace es verificar que la temperatura de los moldes sea la adecuada para la operación del expulsor, en caso de que sea menor se puede operar la máquina de modo manual y se deshabilita la perilla del expulsor. Ya que si se encuentra por debajo de la temperatura de operación el expulsor puede atascarse.

### 4.3 Programa

Como se describió en el apartado anterior el programa que controla la máquina de moldeo esta formado por dos programas principales el Control de temperatura y el Moldeadora Principal. El control de temperatura se describirá de manera detallada ya que es un programa sencillo que permite ejemplificar la manera de programar en Labview. Para el programa principal de la moldeadora solo se hará a grandes rasgos debido a su grado de complejidad.

#### CONTROL DE TEMPERATURA

En la figura 4.10 se muestra el panel frontal, que esta formado por un arreglo numérico para las temperaturas de los moldes y en la parte inferior se puede observar un arreglo de booleanos los cuales indican la resistencia que se encuentre encendida.

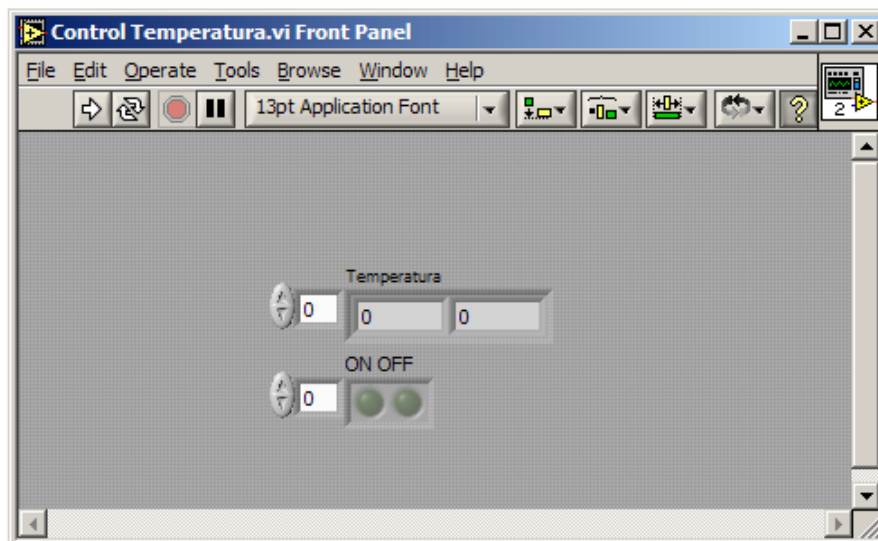


Figura 4.10  
Control de Temperatura  
Panel Frontal

En el diagrama de bloques o panel de programación de la figura 4.11 se tiene que hay 2 elementos que se encuentran fuera de un ciclo *while loop* y forman un arreglo, en este arreglo se presenta el estado de los canales 2 y 3 del TB10 del FP, el cual permanece en espera hasta que sea solicitado.

Por otro lado dentro del ciclo *While* hay una secuencia que va del 0 al 2, en donde se observa el paso 0 de dicha secuencia en la cual se lee la temperatura de los termopares los cuales están asignados a los canales 0 y 1 del TB-10 de FP y con estas lecturas se forma una arreglo numérico y sale de la secuencia 0 por que se va emplear en las demás secuencias. Este arreglo tiene una representación vectorial que sería equivalente a un vector de dos elementos. Ese vector de 2 elementos está conectado a un indicador que corresponde al que se observa en el panel frontal de la figura 4.10

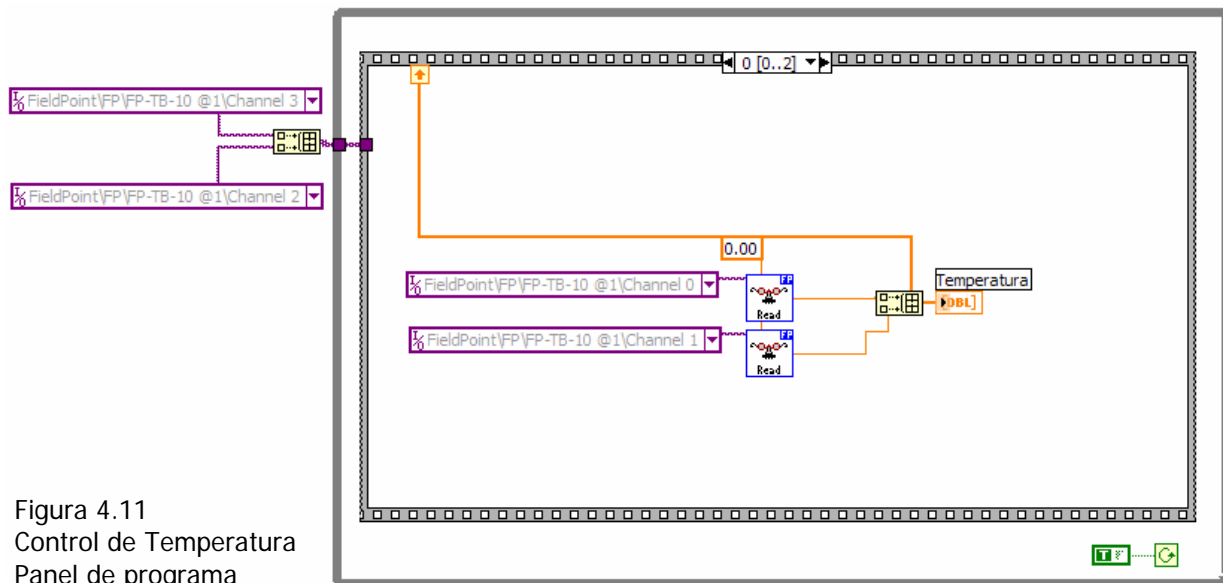


Figura 4.11  
Control de Temperatura  
Panel de programa

En la figura 4.12 se muestra la secuencia número 1 y el arreglo que tiene el estado de los canales 2 y 3 del TB10 , este arreglo se introduce en el ícono de escritura el cual espera el resultado de la comparación entre el arreglo numérico y los valores de temperatura fijados dentro de una variable global.

La comparación se efectúa por un lado con el arreglo 0 y 1 de la secuencia 0 y por el otro lado con el otro arreglo de temperaturas que se encuentra dentro de una variable global, en esta variable se encuentran las temperaturas deseadas de los

moldes superior e inferior, estas temperaturas son fijadas por el operador y son las temperaturas de trabajo de la máquina de moldeo.

Esto es el equivalente a comparar a 2 vectores de 2 elementos cada uno y son comparados elemento a elemento, por lo que el resultado de la comparación arroja valores booleanos (falso ó verdadero)

El resultado de la comparación es introducido a un arreglo de booleanos indicadores, que tiene su representación en el panel frontal y el resultado de la comparación tiene su repercusión en el encendido o apagado de las resistencias, por lo que de esta manera es como se controla la temperatura de la máquina.

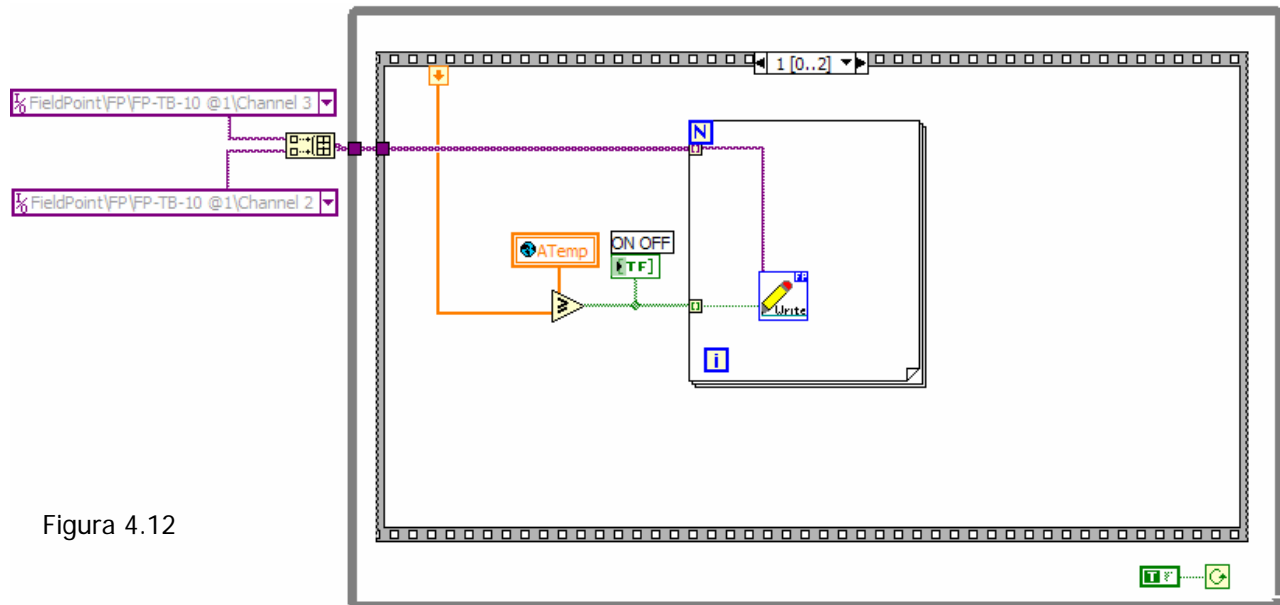


Figura 4.12

Finalmente para la última parte de la secuencia que es la número 2 se tiene un tiempo de espera de 2 segundos, tiempo suficiente para encender o apagar las resistencias. (figura 4-13)

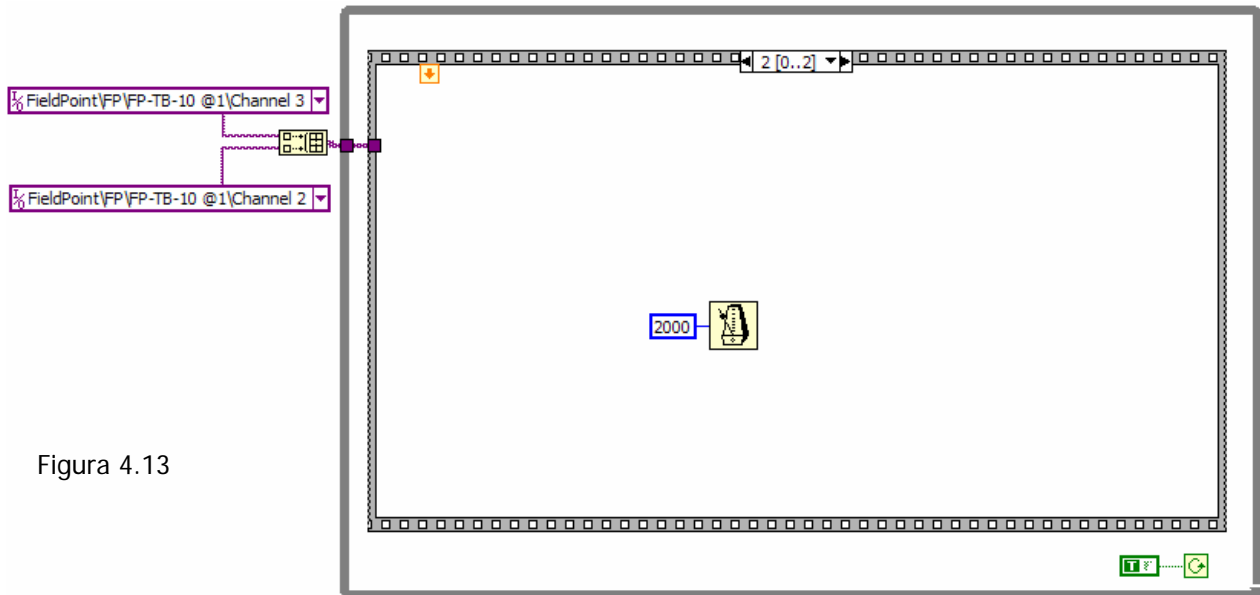


Figura 4.13

**Programa Moldeadora Principal.**

La estructura del programa de la moldeadora principal está basada en un ciclo *while loop* cuyo contenido se deberá de ejecutar infinitas veces mientras sea verdadera la condición de este.

Como vimos en los diagramas de flujo la operación de la máquina es de tipo secuencial por lo que el programa en su primera instrucción debe realizar el apagado de todas las válvulas, este es un procedimiento que se realiza por seguridad del operador, inmediatamente después de haber realizado el procedimiento, lo que sigue es desplegar los parámetros variables de la máquina tales como las temperaturas de moldes y el tiempo de curado, para que estos puedan ser modificados por el operador en caso de que así lo desee. (Ver figura 4.14)



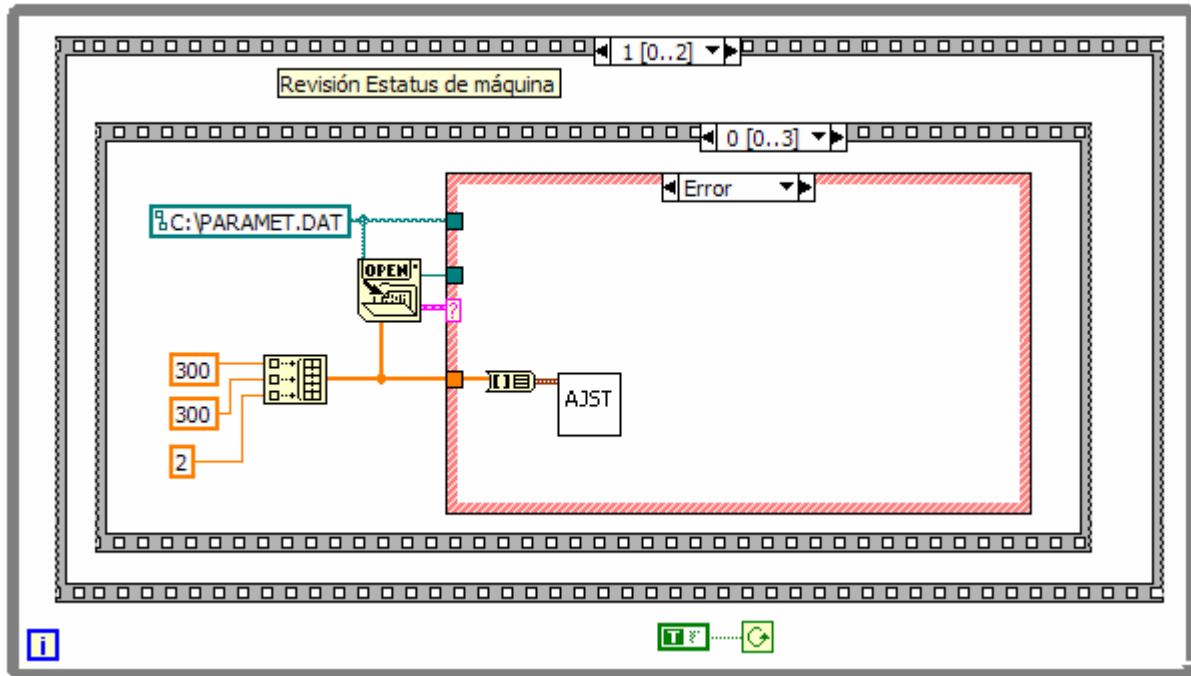


Figura 4.14

Después de hacer esto, la máquina debe verificar la posición de las perillas del panel de controles, por seguridad las perillas deben de estar en posición neutral recordando que las perillas sirven para controlar la máquina de manera manual y también para activar el modo de operación automática. Una vez revisadas las posiciones de las perillas, ahora la máquina debe verificar las posiciones de los diferentes dispositivos móviles con los que cuenta: carros, alimentador, expulsor, prensa etc. Y si todo se encuentra en una posición a la que asignamos como neutral entonces la máquina emite un mensaje indicando que se encuentra lista para operar, manteniéndose en ese estado hasta que una perilla sea activada.

De otra manera emitirá un mensaje de error en la pantalla indicando “Atención perillas fuera de posición” o “Atención máquina fuera de Posición presione inicio” los cuales significan que ha sido detectado un error y solo saldrá de ese ciclo hasta que el error sea corregido. (figura 4.15)

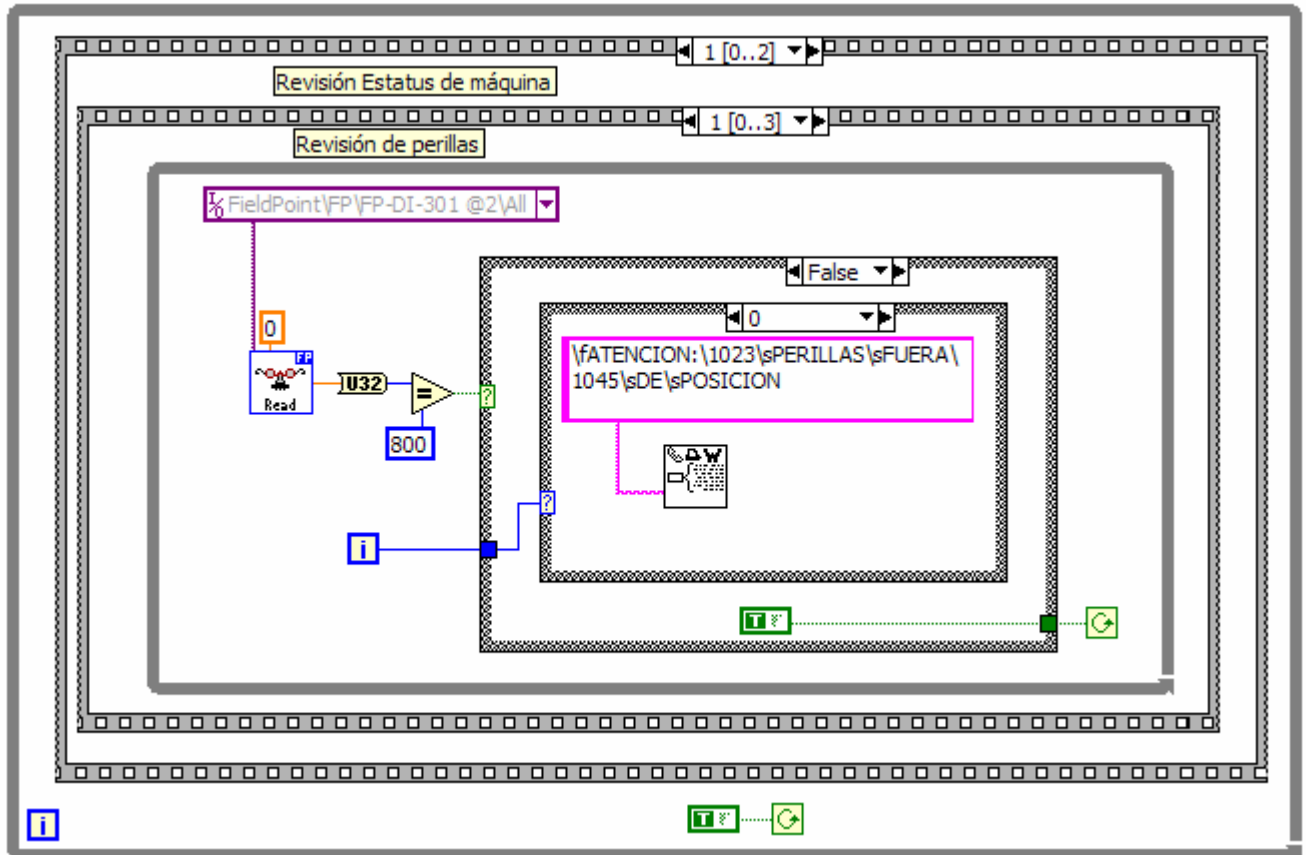


Figura 4.15

La verificación de las posiciones de las perillas así como la ubicación de la máquina las realiza por medio de máscaras de números hexadecimales. Estos números fueron asignados mediante las posiciones que ocupan en el tablero de conexiones de los módulos de entradas digitales del *FieldPoint*.

## Ubicación de Perillas en el FP

Item	Posición	Descripción	Máscara
1	0	Automático	1
2	1	Manual	2
3	2	Bajar prensa	4
4	3	Subir prensa	8
5	4	Carro Rec Adentro	10
6	5	Carro Rec Afuera	20
7	6	Alimentador Adentro	40
8	7	Alimentador Afuera	80
9	8	Expulsor afuera	100
10	9	Expulsor Adentro	200
11	10	Inicio de ciclo	400
12	11	Paro de ciclo	800
13	12	Menú	1000
14	13	Arriba Menú	2000
15	14	Abajo Menú	4000
16	15	Libre	8000

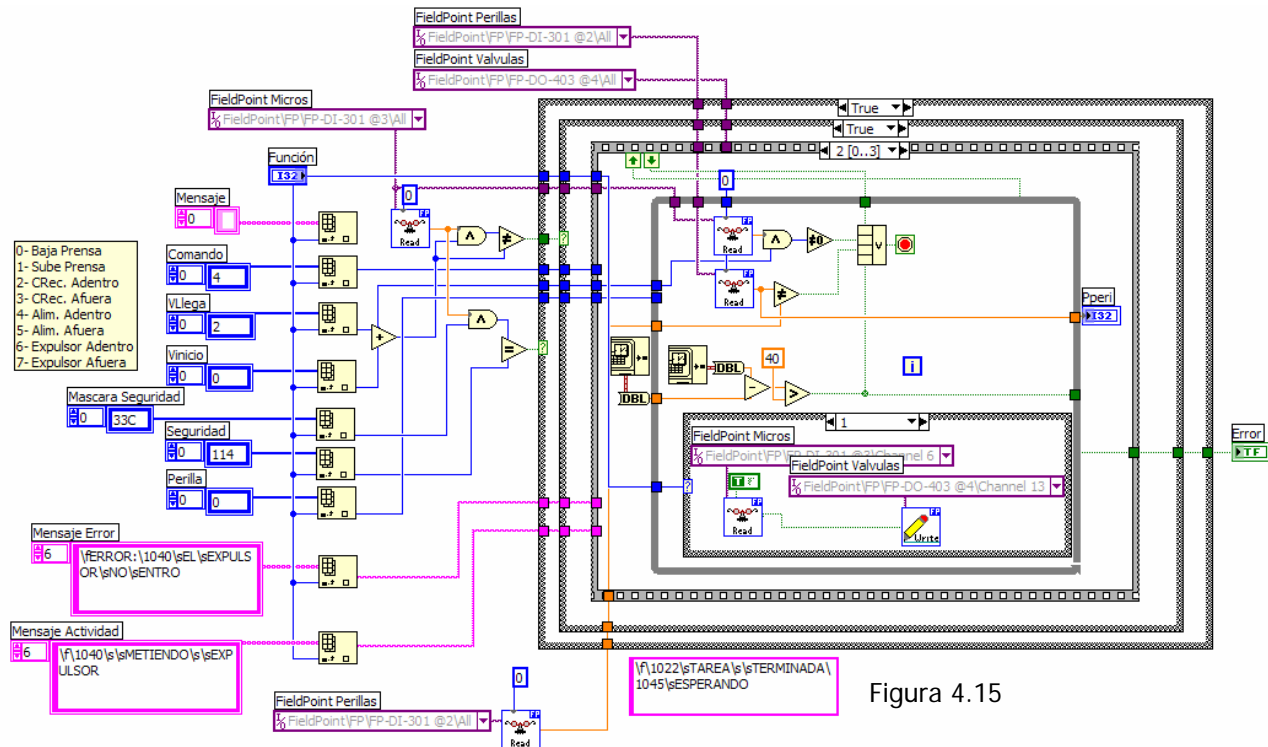
Una vez que la pantalla muestra el mensaje de “Máquina lista esperando operador” el programa se encuentra en un ciclo de espera el cual solo se rompe con la activación de la perilla de selección del modo de operación, ubicada en el tablero principal.

Selección del modo manual:

Si se posiciona la perilla en el modo de operación manual se escribe en la pantalla de LCD “Modo Manual y se ingresa en un subvi rotulado como Modo Man, inmediatamente después se realiza una nueva verificación de perillas, buscando en el módulo de entradas digitales la correspondiente a la perilla activada. El programa solo admite que 2 perillas estén accionadas al mismo tiempo, la perilla de selección de modo manual y la perilla de movimiento que se desee ejecutar, por lo que si hay

más de 2 perillas accionadas entonces la máquina emitirá un mensaje de error y entrará en un ciclo al cual no se podrá salir a menos que el error sea corregido.

Una vez que se detectó la perilla del movimiento deseado, el programa manda a llamar a otro subvi el cual está rotulado como Mueve 1. ver figura 4.15



En este subvi reside el corazón del programa ya que esta subrutina se encarga de traducir las máscaras hexadecimales en movimiento del dispositivo, también verifica que se trate de un movimiento válido, es decir que al ejecutar dicho movimiento no se interponga nada en su trayecto. Por otro lado se asegura que el dispositivo en cuestión llegue al fin de su carrera, por ejemplo si se dio la orden de bajar la prensa, el vi de mueve1 debe de escribir la máscara correspondiente para activar la combinación de electroválvulas que hacen que la prensa baje, una vez que se activó dicha combinación, el programa verifica que el micro switch de inicio de carrera este activo, y cuando se encuentre en movimiento el switch de inicio de carrera se debe desactivar por lo que ahora debe esperar a que el micro switch que indica el fin de carrera, para que en el momento en que la prensa está abajo se active. Ver tabla

## Descripción de Micro Switch

Item	Posición	Descripción	Máscara
1	0	Prensa Arriba	1
2	1	Prensa Abajo	2
3	2	Carro Recuperación Afuera	4
4	3	Carro Recuperación Dentro	8
5	4	Carro Alimentación Afuera	10
6	5	Carro Alimentación Dentro	20
7	6		40
8	7	Expulsor Adentro	80
9	8	Expulsor Afuera	100
10	9		200
11	10		400
12	11		800
13	12		1000
14	13		2000
15	14		4000
16	15		8000

Para ejecución de este proceso se tiene programado un tiempo de 40 segundos, si cualquiera de los 2 *microswitches* falla, entonces el programa emite un mensaje indicando que el dispositivo en cuestión no llegó al fin de su carrera, y permanece en un ciclo hasta que el error sea corregido.

Selección de Modo Automático, Ahora la perilla de selección de modo debe estar situada en la posición de modo automático, el programa verifica que la máquina se encuentre en la posición neutral, después de esto emite el mensaje de máquina lista, e inmediatamente después compara la temperatura de los moldes contra la programada en los parámetros y si la temperatura se encuentra dentro del rango de operación entonces el programa habilita la opción de entrada y salida del expulsor, de lo contrario inhibe dicha opción y emite el mensaje de temperatura fuera de rango,

Una vez que los moldes se encuentran en rango de temperatura se emite un nuevo mensaje que indica que la máquina está lista y espera que sea presionado el botón de inicio, entonces se carga la secuencia de movimientos en el subvi Mueve1. Tareas

Item	Tarea	Comando	Seguridad	Palabra
0	Bajar Prensa	44	Carro Rec. Afuera + Alimen Afuera + Expul. dentro	114
1	Subir Prensa	841	C. Rec. Afuera + Alimen. Afuera	14
2	C. Rec. Dentro	402	Prensa Arriba + Alimen. Afuera	11
3	C. Rec. Afuera	202		8
4	Alimen. Dentro	82	Prensa Arriba + C Rec Afuera	5
5	Alimen. Afuera	42		0
6	Expul. Dentro	10		0
7	Expul. Fuera	20	Prensa Arriba	1

Una vez que el ciclo terminó el programa regresa a verificar nuevamente las perillas y posiciones, de esta manera regresa al inicio de la secuencia para volverse a ejecutar, de otra manera el programa emite el mensaje de: Atención máquina fuera de posición y no se mueve hasta que el error sea corregido.

**OBJETIVO Y DESCRIPCION DEL EQUIPO****5.1** Equipo *Field Point*

El equipo fue diseñado para controlar tanto la parte hidráulica de la máquina así como los calefactores utilizados en el proceso de moldeo y se construyó a partir de un módulo *Field Point* 2010 de *National Instruments* el cual cuenta con un procesador 80486DX de Intel y cuenta con 32 MB de Memoria RAM y 32 MB de memoria Flash, haciendo al sistema independiente del uso de baterías. Por otra parte el módulo FP 2010 cuenta con 2 puertos de comunicación un puerto serie, y un puerto *Ethernet* de 100 MBs. El primero es usado para controlar la pantalla de cristal líquido y el segundo se utiliza para comunicarse a un sistema mayor.

Adicional al módulo se instalaron los siguientes módulos:

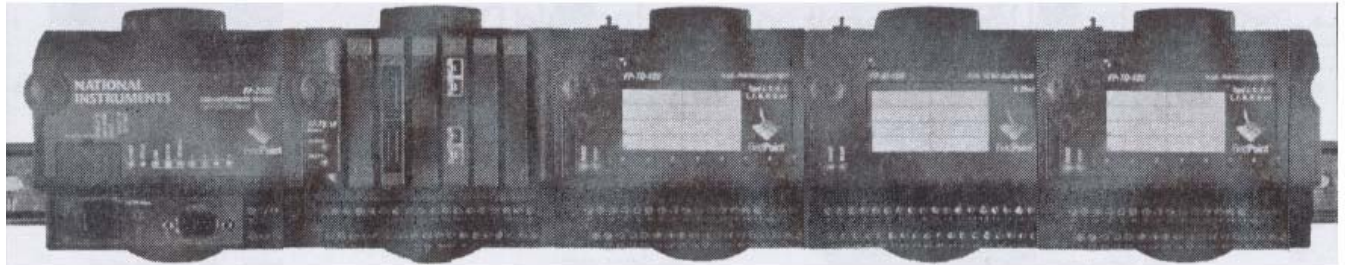
- Un Módulo FP-TB-10 discreto con:
  - Dos canales para termopares
  - Dos salidas digitales.
- Dos módulos FP-DI-301 de 16 canales cada uno
- Un módulo FP-DO-403 de 16 canales

El módulo TB-10 es el encargado, mediante el bloque FP-TC-J de medir la temperatura tanto del molde superior como del molde inferior. Este módulo está diseñado para usar termopares J con chasis aislado. Por otra parte en este módulo se agregó un bloque de salidas digitales FP-DO-DC que son usados para controlar los relevadores de estado sólido trifásicos de los calefactores.

Un módulo FP-DI-301 tiene por objetivo registrar las posiciones de las diferentes perillas y botones con los que se opera y controla la máquina, mientras que el segundo módulo tiene como objetivo el monitoreo de los interruptores límites asociados con los actuadores hidráulicos.

El módulo FP-DO-403 tiene por objetivo el control de las diferentes electroválvulas hidráulicas, para proteger estos módulos se diseñaron y se agregaron un par de tarjetas de relevadores electromecánicos los que activan directamente las electroválvulas.

En la figura 5.1 se muestra la disposición de los módulos *Field Point* utilizados.



Modulo Field Point 2010      TB-10      DI 301      DI 403      D0 402

Figura 5.1

### Pantalla de mensajes

El sistema tiene un Panel Frontal el cual posee una pantalla de cristal líquido iluminada de 4X20 y tres botones. La pantalla se utiliza para desplegar los mensajes al operador así como para prefijar los parámetros de operación que son la temperatura del molde superior e inferior así como el tiempo de curado. (Ver fig 5.2)

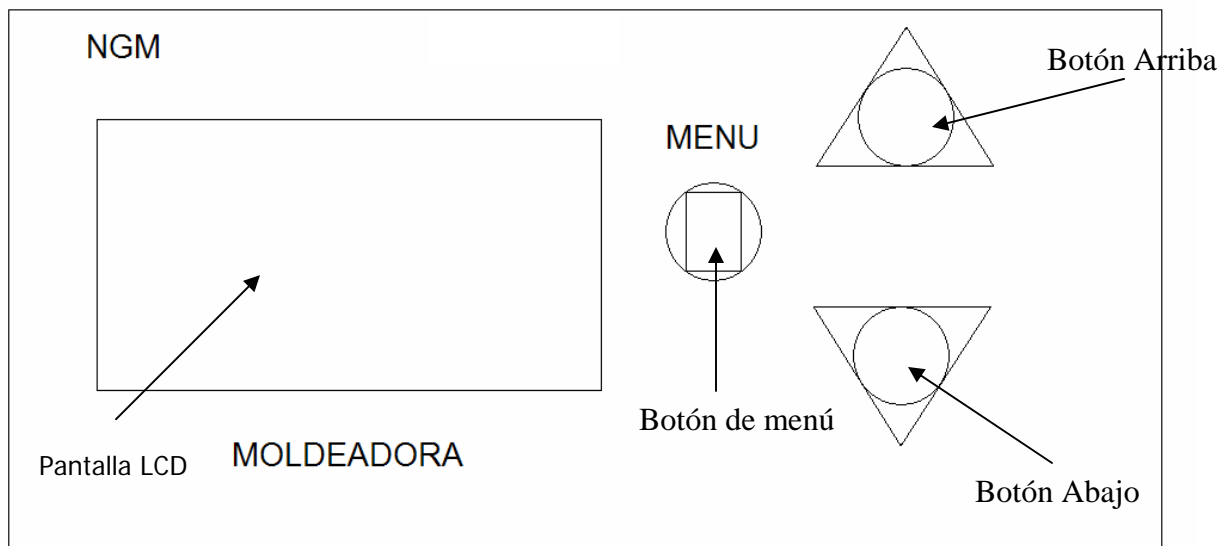


Figura 5.2



Panel de perillas

Para realizar el control de la máquina el equipo tiene dispuesto un panel de perillas y botones  
Ver fig 5.3

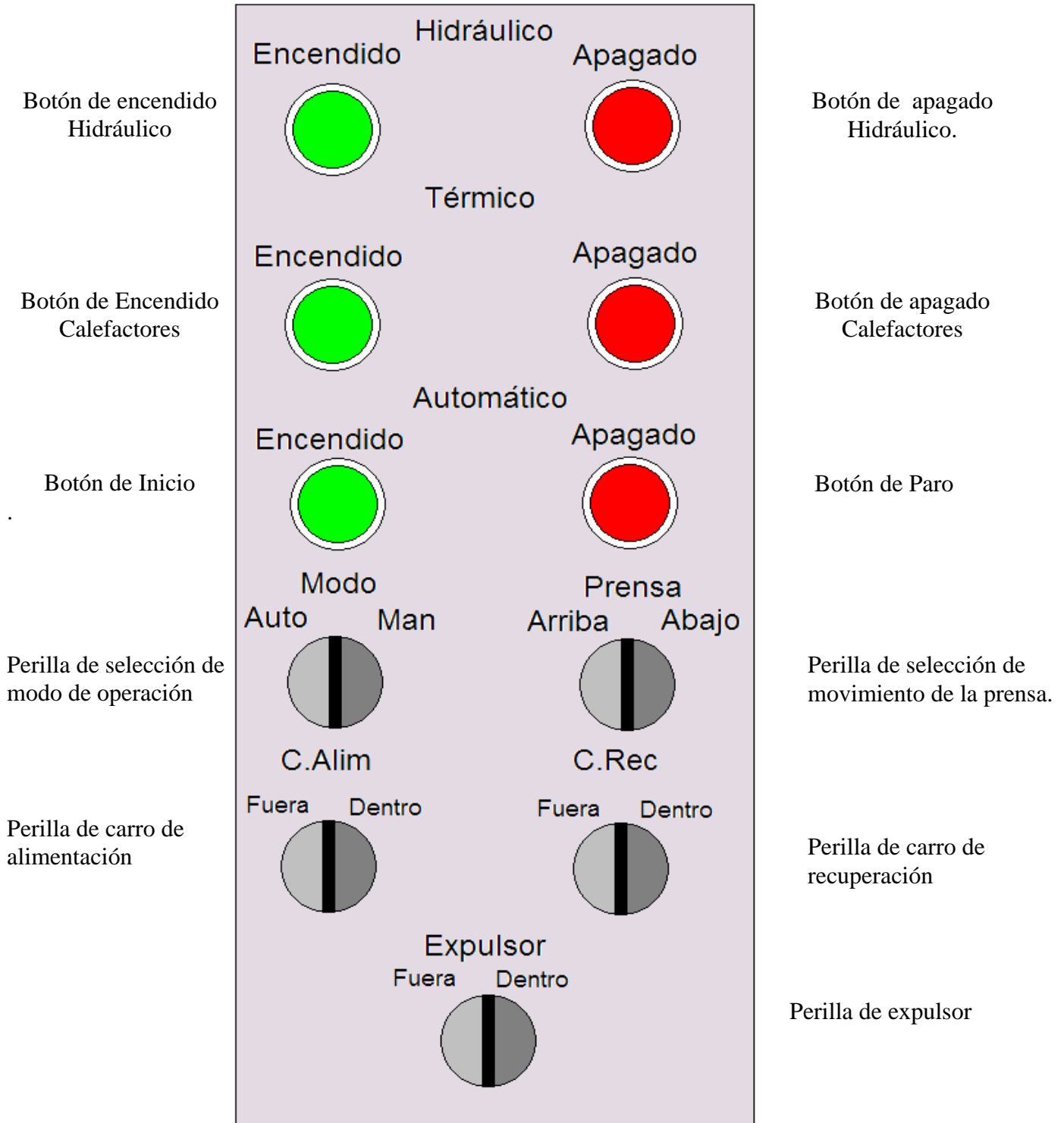


Figura 5.3

### Hidráulico

Estos botones son utilizados para encender y apagar las bombas hidráulicas, al presionar el botón verde, si no esta presionado el botón de paro de emergencia, arrancarán las bombas, mientras que al presionar el rojo se apagarán las bombas.

### Calefactores

Estos botones son utilizados para encender y apagar los calefactores, al presionar el botón verde, si no esta presionado el botón de paro de emergencia, se activarán los calefactores, mientras que al presionar el rojo se apagarán. Recuerde que solamente al apagar los calefactores la energía eléctrica se desconecta, permaneciendo calientes por un tiempo muy largo.

### Modo Automático

Estos botones son utilizados para iniciar o detener el ciclo automático, siempre y cuando la perilla de modo esté en automático, también se utiliza el botón de inicio para salir de errores al encender por primera vez la máquina.

Así pues es necesario llevar la perilla al modo automático y presionar el botón verde de inicio para correr ciclos automáticos. Por otra parte si se presiona el botón rojo se detiene el ciclo en el punto en el que se encuentre, siendo necesario llevarlo al modo manual para regresar el equipo a un modo válido de inicio automático.

### Modo

El equipo tiene dos modos de operación que son **Manual** y **Automático**, para entrar al modo manual o automático es necesario que las perillas se encuentren en posición neutral, es decir todas viendo hacia arriba, por otra parte para iniciar el modo automático se requiere adicionalmente que la máquina este en posición libre o de inicio es decir carros afuera, expulsor adentro y prensa arriba además de haber alcanzado al menos un 90% de la temperatura objetivo, de lo contrario se generarán mensajes de error.

### Perillas actuadores

Las perillas nombradas con el nombre del actuador permiten moverlo, sin embargo se requiere de que sea posible realizar dicho movimiento, el sistema esta permanentemente vigilando el sistema por lo cual conoce el estado de cada una de los interruptores límites y en caso de que el movimiento deseado no sea posible simplemente no se efectuará enviando un mensaje a la pantalla. En cualquier caso se debe de tomar en cuenta que una lectura equivocada o un interruptor defectuoso puede llevar a un movimiento no deseado por lo que el equipo debe de ser vigilado siempre por el operador.

Adicionalmente al regresar la perilla a posición neutral el movimiento del actuador seleccionado se detendrá en ese momento, por lo que permite detenerlo en posiciones medias.

En el caso particular de expulsor se requiere que el molde haya alcanzado al menos un 90% de la temperatura objetivo antes de moverlo. Si el operador lo activa recibirá un mensaje de error.

## 5.2 Parámetros de operación

El equipo tiene tres parámetros de configuración que son:

- Temperatura del molde superior
- Temperatura del molde Inferior
- Tiempo de curado

Para acceder al módulo de configuración se requiere que la máquina esté fuera de operación es decir la perilla de modo en posición neutral y presionar el botón de menú, ver figura 5.4

En ese momento aparecerá en la pantalla el siguiente texto de la figura 5.4

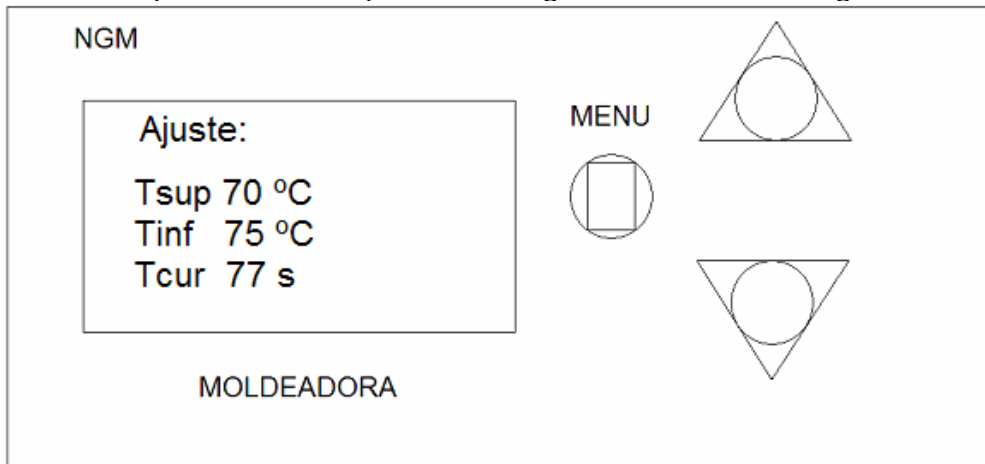


Figura 5.4

Para pasar de variable a variable basta con presionar el botón de menú mientras que para alterarlos se debe de presionar la tecla arriba o abajo de acuerdo a sus necesidades. La temperatura del molde tiene un intervalo de ajuste de 100°C a 299°C, mientras que el tiempo de curado tiene un ajuste de 20 a 200 segundos.

Una vez ajustados los parámetros se basta con presionar el botón de menú por más de 5 segundos. En ese momento se guardarán los parámetros y estos serán los de operación.

### 5.3 Operación

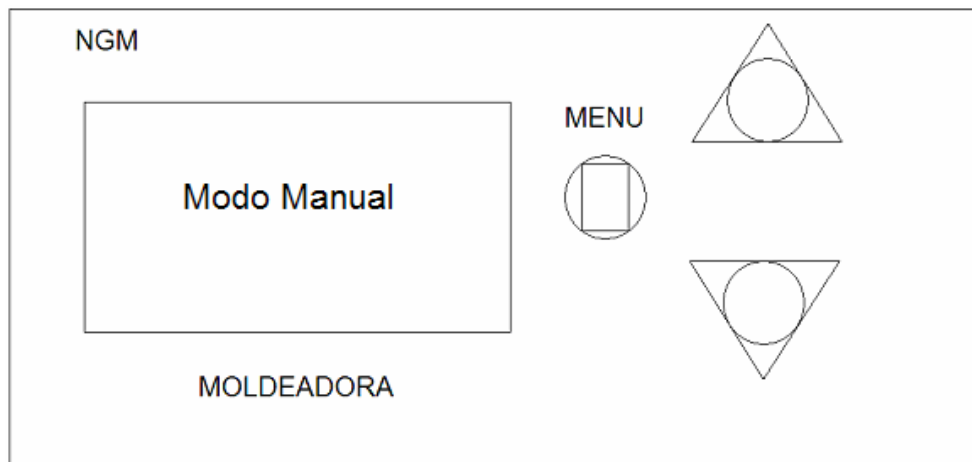
Al iniciar por primera vez el equipo basta con activar el interruptor principal y esperar a que el equipo *FieldPoint* se termine de iniciar esto se dará cuando en la pantalla aparece el diálogo de bienvenida. Si alguna de las perillas esta fuera de posición se mandará un mensaje de error a la pantalla por otra parte si la máquina esta fuera de posición se mandará un mensaje de error y se deberá de presionar el botón de **Inicio** a fin de salir del error. En este momento el operador debe de arrancar el equipo hidráulico presionando el botón de **Arranque Hidráulico** así como encender los calefactores al presionar el botón de **Encender Calefactores** (ver figura 5.3) En este momento puede iniciar cualquier modo manual y cuando se haya alcanzado el 90% de la temperatura objetivo se puede iniciar el modo automático.

**Modo Manual:**

1. Lleve las perillas a posición neutral y enseguida aparecerá la siguiente pantalla

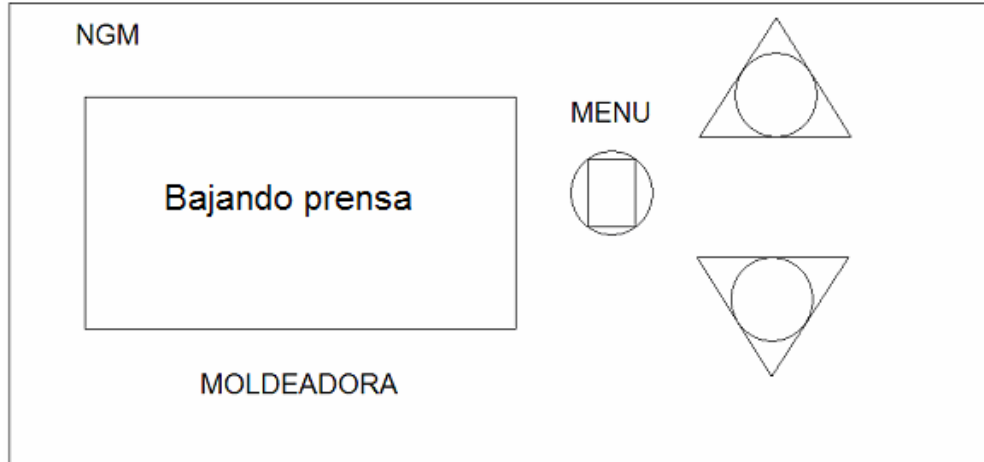


2. Lleve la perilla de modo a **Manual** (Verifique con la siguiente pantalla)



3. Mueva las perillas actuadoras según lo deseado, aparecerá en la pantalla el movimiento que se está ejecutando.

Ejemplo: Activar perilla de bajar la prensa y aparecerá la siguiente pantalla.



Nota: Una vez que el dispositivo haya terminado de hacer su recorrido deberá llevar la perilla accionada a la posición neutral para realizar otro movimiento.

**Atención:** La máquina está programada para realizar movimientos válidos, es decir se moverá siempre que estos no se interfieran entre si

Ejemplo válido: Prensa arriba y meter carro de alimentación.

Ejemplo no válido: Prensa abajo y meter carro de alimentación. (Ver mensajes de Error)

**Atención:** No podrá mover el expulsor a menos que se encuentre la temperatura del molde superior al 90% de la temperatura objetivo.

**Modo Automático:**

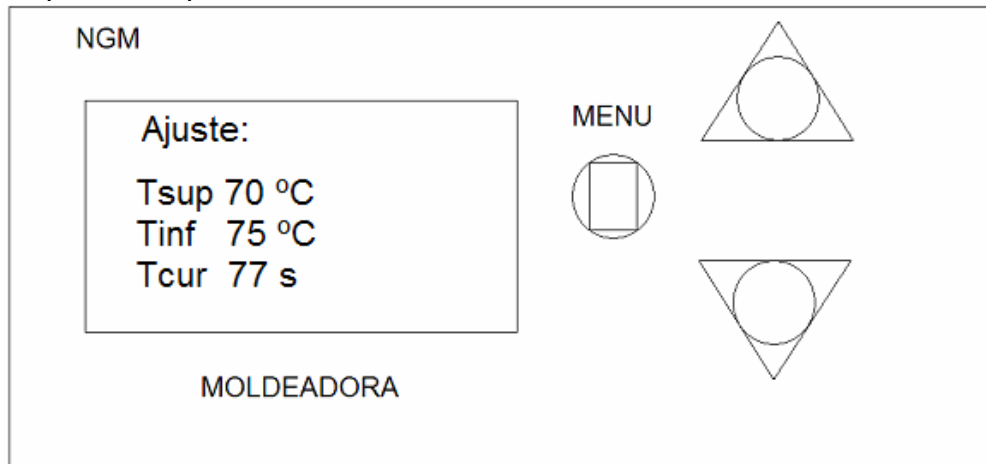
1. Lleve la máquina a posición de inicio. La posición de inicio de la máquina está definida por la posición de los dispositivos, por lo que estos se deberán ubicar de la siguiente manera: La Prensa deberá estar arriba, El carro de alimentación deberá estar fuera, El carro de recuperación deberá estar fuera y el expulsor dentro.

Nota: Para llevar la máquina a la posición de inicio, vaya al modo manual y active las perillas actuadoras hasta llevar a la máquina a la posición de inicio.

2. Lleve las perillas a posición neutral y enseguida aparecerá la siguiente pantalla.



3. Verifique la temperatura



4. Lleve la perilla de modo a **Automático**



5. Presione el botón de **Inicio**

Una vez presionado el botón de inicio la máquina ejecutará la secuencia de moldeo programada, presentando en la pantalla cada movimiento ó tarea que se esté ejecutando.



Cuando se termine el ciclo la maquina volverá a ejecutar la secuencia de moldeo y así hasta que se presione el botón de paro<sup>1</sup>.

Nota: Si la temperatura del molde superior no esta al 90% entonces no se podrá ingresar al Modo Automático.

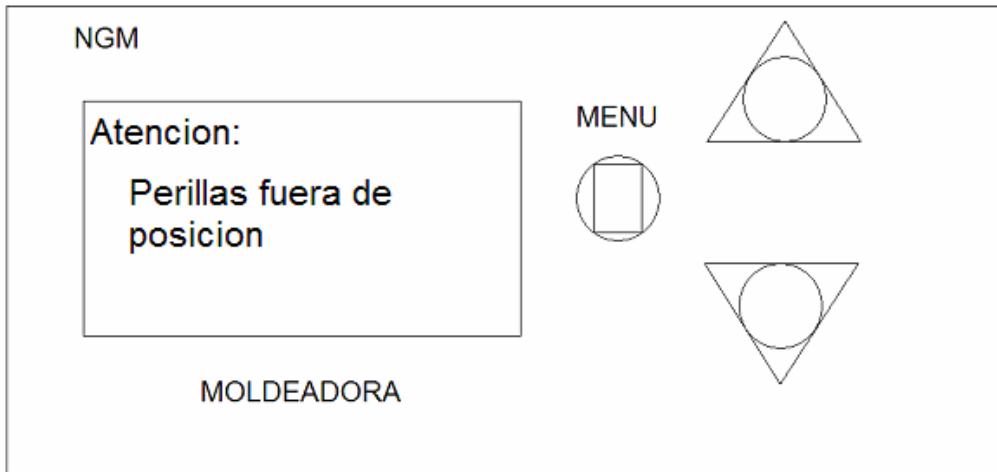
Nota1: Cuando se presione el botón de paro se terminará de ejecutar el ciclo actual y después la máquina se detendrá y quedará en la posición de inicio.



5.4 Mensajes de Error

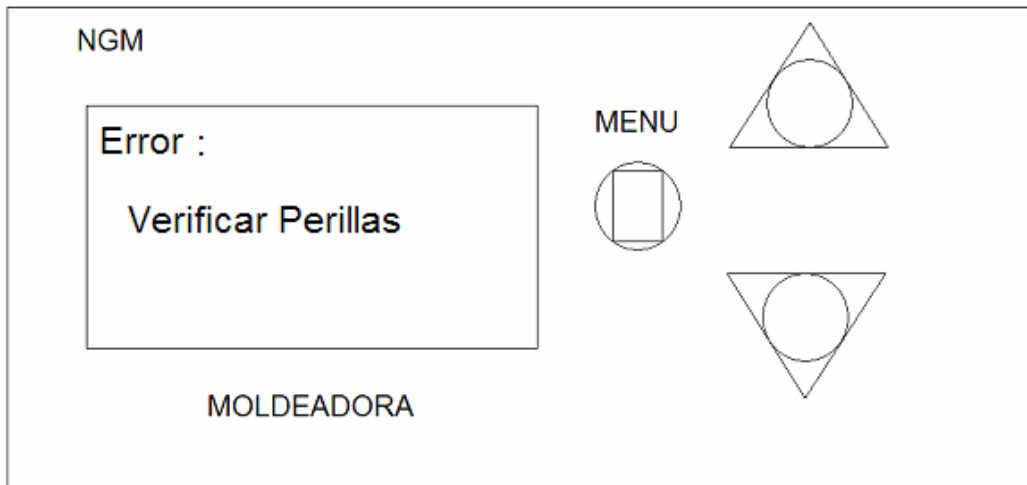
Perillas fuera de posición: Este error aparece cuando al encender la máquina 2 o más perillas se encuentran activadas.

Solución: Lleve todas las perillas a la posición neutral y espere que se actualice el sistema



Verificación de perillas: Este error aparece cuando se desea ingresar al modo de operación manual y hay 2 o más perillas activadas. También se presenta cuando se está operando en el modo manual y se realizó un movimiento y no se regresó la perilla a su posición neutral y se desea realizar otro movimiento.

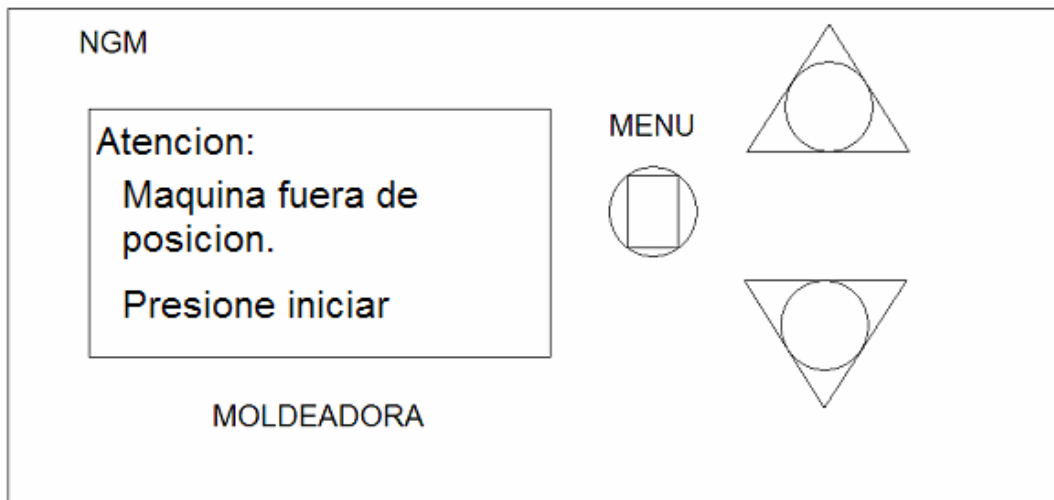
Solución: El error se corrige llevando todas las perillas actuadoras a la posición neutral excepto la de selección de modo de operación la cual deberá permanecer en la posición manual.



Máquina fuera de posición: Este error se presenta cuando al encender la máquina no se encuentra en la posición de inicio.

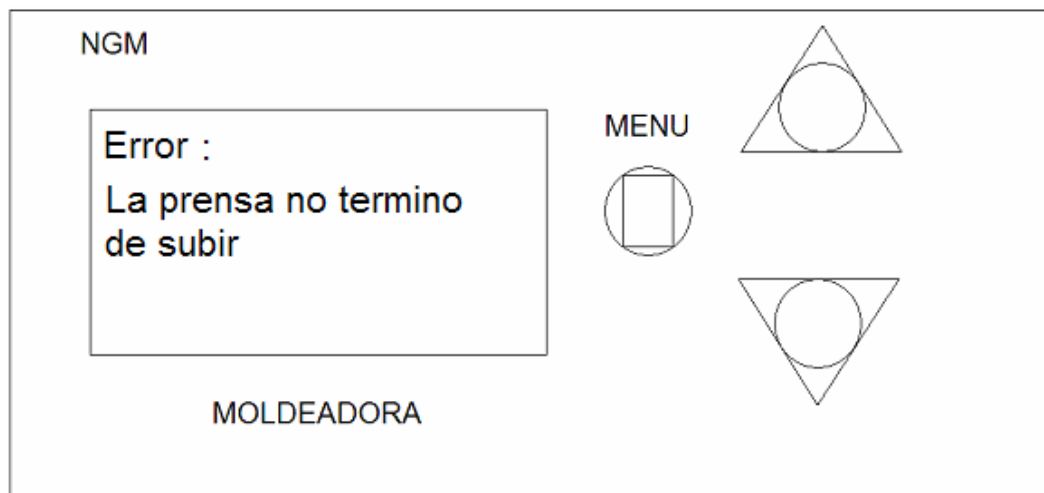
Solución: Presione iniciar y active la perilla de modo manual, lleve la máquina a la posición de inicio. Una vez hecho esto lleve las perillas a la posición neutral y espere el mensaje de maquina lista.

En caso de que la máquina se encuentre en la posición de inicio y continúe con el error verifique que los microinterruptores no se encuentren activados.



Error en dispositivos: Este error se presenta en el modo automático y sucede cuando el dispositivo en cuestión no se llegó al fin de la carrera programada.

Solución: Verifique que los microinterruptores estén conectados, en caso de que si estén activados verifique que no haya nada que obstruya la carrera del dispositivo.



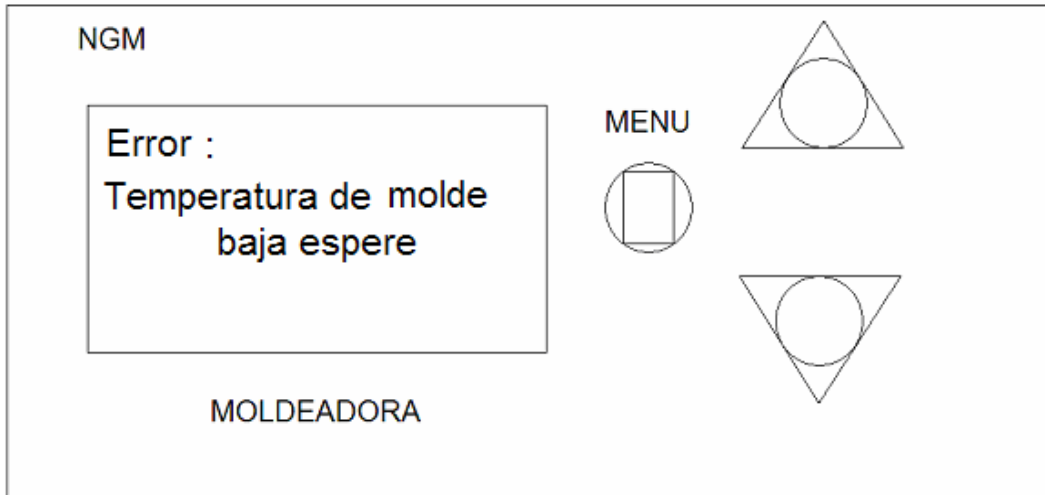
Error de Temperatura: Este error se presenta en cualquiera de los modos, sucede cuando el molde no ha alcanzado al menos el 90% de la temperatura objetivo.

En el modo manual se presenta cuando se activa la perilla de expulsor fuera.

En el modo automático, sucede cuando se desea ingresar al modo.

Solución: Encienda las resistencias y espere a que se alcance la temperatura objetivo<sup>1</sup>. En caso de que después de un tiempo no se alcance la temperatura objetivo, revise las resistencias.

Nota1: Recuerde que la temperatura objetivo deberá ser de al menos 80 °C. para que el expulsor no se atasque.



## CONCLUSIONES

El proyecto económicamente fue muy rentable debido a que con una inversión mínima la compañía NGM obtuvo como resultado una máquina que vuelve a tener por lo menos 15 años más de vida útil, además de proporcionar una serie de ventajas adicionales, entre las que destacan la gran versatilidad que ahora posee la máquina ya que es posible modificar el programa de control para moldear diversos tipos de piezas.

Otra gran ventaja radica en la programación de temperaturas y tiempos de curado, ya que esto permite trabajar con diversos tipos de resinas fenólicas con características diferentes a las actuales.

Por otro lado, del equipo de control seleccionado podemos decir que el FP ofrece una serie de ventajas que los equipos basados en una PC no tienen como son fácil instalación, carcasa robusta ideal para trabajar en ambientes agresivos para los equipos electrónicos. (polvo, ruido provocado por motores etc ) , Mínimo de componentes externos para operar, a un precio muy similar al basado en una PC.

Otra ventaja del FP es el puerto *Ethernet* ya puede ser empleado para incorporarse a una red y realizar otro tipo de funciones adicionales como realizar el monitoreo de producción en forma remota.

En términos generales se puede decir que se cumplió con las metas establecidas por NGM y me permitió una gran oportunidad para desarrollar habilidades y conocimientos nuevos relacionados con las máquinas de moldeo, equipos de control *National Instruments*.

## Bibliografía

### ***Bibliografía***

Manual de Oleohidráulica  
2da Edición  
Editorial Blume 1985

Maquinas Eléctricas  
2da Edición  
Stephen J Chapman  
Mc Graw-Hill

Guía práctica para el cálculo de Instalaciones Electricas  
Ing Gilberto Enriquez Harper  
Edit Limusa

National Instruments  
Labview ver 7.0  
Function Reference Manual.  
User Manual.  
Field Point Manual.

Diseño Digital  
Mano Morris  
Editorial Prentice Hall  
1 Edición

Procesamiento de Plásticos  
Morton-Jones  
Editorial Limusa 1999  
2da Edición

Tecnología de plásticos para ingenieros  
Von Meysenbug  
Editorial Urmo S.A 1982  
1ra Edición