



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLAS DE HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRICA

Control de una máquina inyectora de
vasos de unicel mediante un
sistema mínimo basado
en microcontrolador

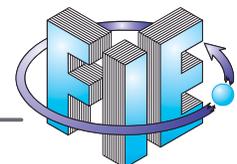
T E S I S

Que para obtener el título de:
Ingeniero Electricista

Presenta:
Mauricio Ramírez Montenegro

Asesor:
M. C. José Juan Rincón Pasaye

Morelia, Michoacán, Mayo del 2006



A mis Abuelos

*Por todo el esfuerzo realizado para que yo
tuviera una formación profesional, Gracias
Luz, gracias Montes por sus desvelos.*

A mi Tía, a mi Tío

*Por su apoyo, por su cariño y por las
noches de desvelo que pasaron por mí.*

A mis Hijos

*Por todo el tiempo de juego y
dedicación que les robe, son ustedes el
gran motivo que me impulsa a
superarme. Doy Gracias a Dios por*

Al M. C. José Juan R. Pasalle

*Por su apoyo, por su enseñanza y sus
consejos profesionales en toda mi
enseñanza.*

A mi Madre

*Por el sacrificio, por las noches de
angustia, tristeza y soledad, Gracias
Mamá haz cosechado lo que*

A mi Esposa

*Por tu amor, por tu comprensión, por
tu espera y por el apoyo que me haz
dado en este y todos mis logros . Doy
gracias a Dios por tenerte a mi lado*

A mi Hermana, a mis Hermanos, a mis Tíos

*Por todo cuanto me dieron, por todo
su cariño, por su apoyo, por su
comprensión y Por guiarme por el
buen camino. Bendícelos señor.*

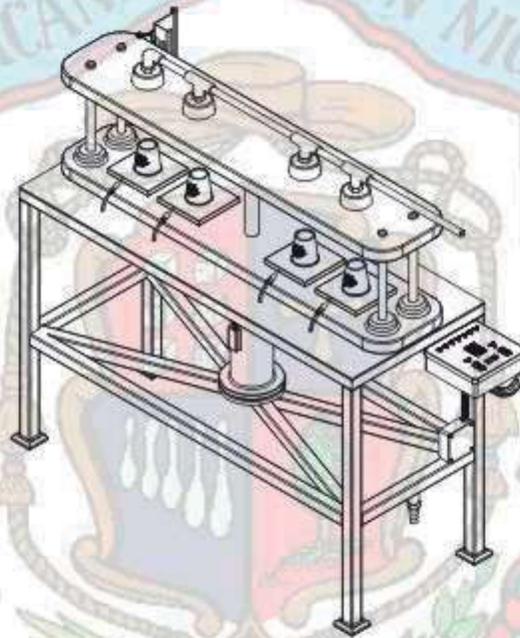
*A mi querida Facultad de Ingeniería
Eléctrica y a todos mis Maestros.*

*A Dios por todo lo que soy
Y todo lo que tengo.*

Mauricio Ramírez Montenegro.



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLAS DE HIDALGO**
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRICA



**Control de una máquina inyectora
de vasos de unícel mediante un
sistema mínimo basado
en microcontrolador**





FACULTAD DE INGENIERIA
ELECTRICA

Edificio "A" Primer Piso
Ciudad Universitaria
Morelia, Mich.
México CP 58030

Tel/Fax: 3-26-60-71
Tel/Fax: 3-26-67-76

elec@upher.unich.mx
<http://www.fie.unich.mx>

Of. No. 122/2001/2002

C. Mauricio Ramírez Montenegro,
Pasante de Ingeniería Eléctrica.

P r e s e n t e .

En atención a su atenta solicitud de fecha 10 de Octubre del año en curso, me permito comunicarle que se aprueba el Tema de Tesis propuesto para presentar Examen Recepcional, en la carrera de Ingeniería Eléctrica.

El Tema de Tesis aprobado "CONTROL DE UNA MAQUINA INYECTORA DE VASOS DE UNICEL MEDIANTE UN SISTEMA MINIMO BASADO EN MICROCONTROLADOR", que deberá desarrollarse bajo el siguiente índice:

- 1.- Introducción.
 - 2.- Descripción del Proceso.
 - 3.- Descripción del Sistema Mínimo.
 - 4.- Características de Operación.
 - 5.- Descripción del Software Desarrollado.
 - 6.- Pruebas y Resultados.
 - 7.- Conclusiones.
- Apéndices.
Bibliografía.

Para tales efectos fungirá como Asesor de su Tesis el M.C. José Juan Rincón Pasaye.

A t e n t a m e n t e
Morelia, Mich., a 22 de Octubre del 2001

M.C. Luis Rubén Rusiles Zamora
Director de la Facultad de
Ingeniería Eléctrica



FACULTAD DE INGENIERIA
ELECTRICA
DIRECCION

'Lrd

Contenido

Capítulo	Nombre	Página
Capítulo 1	Introducción	
1.1	Objetivo	4
1.2	Justificación	4
1.3	Una reflexión sobre la vinculación teoría-práctica	4
1.4	Descripción de los capítulos	5
Capítulo 2	Descripción del proceso	
2.1	Introducción	6
2.2	Descripción general de la máquina de inyección	6
2.3	Proceso de inyección de vasos	9
2.3.1	Protecciones	11
2.4	Proceso de llenado	12
2.5	Proceso en reposo	13
2.6	Proceso de extracción	13
2.7	El módulo de control	14
2.8	Alternativas de automatización	14
2.8.1	Soluciones previas	15
2.8.2	Solución basada en microcontrolador	15
2.8.3	Propuesta final de solución	16
Capítulo 3	Descripción del Sistema Mínimo	
3.1	Introducción	17
3.2	Descripción general	17
3.3	Manejo de las entradas del sistema	18
3.3.1	Descripción de los sensores utilizados	20
3.4	Salidas del sistema	21
3.4.1	Protecciones y Alarmas del Proceso	22
3.4.2	Descripción de los actuadores	22
3.4.3	Descripción del display	22
3.4.4	Indicadores visuales	23
3.5	Diagramas de conexión	24

3.5.1	Fuente de alimentación	24
3.5.2	El Circuito electrónico Centinela	25
3.5.3	Circuito electrónico de Cruce por cero	26
3.5.4	Circuito de acondicionamiento de señales	26
3.5.5	Circuito de activación de detección de falla	27
Capítulo 4	Características de Operación	
4.1	Introducción.	28
4.2	Principales funciones del sistema mínimo	28
4.2.1	Aspecto exterior del sistema de control	29
4.3	Control automático del ciclo de trabajo	30
4.3.1	Modos de programación del sistema mínimo	32
4.3.1.1	Fijar tiempos de inyección	34
4.3.1.2	Prueba manual de válvulas	35
4.3.1.3	Cambiar visualización de tiempos en pantalla	35
4.4	Modo de reposo	36
4.5	Detección de fusibles dañados	37
4.6	Recomendaciones	37
Capítulo 5	Descripción del software desarrollado	
5.1	Introducción	39
5.2	Diseño del software para el sistema mínimo	39
5.2.1	Diagrama de flujo general	40
5.2.2	Descripción de las rutinas del programa	40
5.2.2.1	Programa principal	41
5.2.2.2	Limpiado de memoria RAM	41
5.2.2.3	Limpiado de rebotes	41
5.2.2.4	Mostrar display en reposo	41
5.2.2.5	Detección del teclado	42
5.2.2.6	Mostrar dígitos en el display	42
5.2.2.7	Proceso de inyección	43
5.2.2.8	Daño en fusibles	43
5.2.2.9	Funciones por teclado	44
Capítulo 6	Pruebas y Resultados	
6.1	Introducción	45
6.2	Pruebas recomendadas	45

6.2.1	Prueba funcional	47
6.3	Pruebas físicas	49
6.3.1	Variación por temperatura	49
6.3.2	Humedad	50
6.3.3	Polvo	51
6.3.4	Vibración	51
6.3.5	Choque mecánico	51
6.3.6	Abuso de terminales	52
6.4	Pruebas eléctricas	52
6.4.1	Pulsos transitorios en puertos de entrada	52
6.4.2	Sobrecarga en corriente alterna	53
6.4.3	Sobrecarga en corriente continua	54
6.4.4	Aislamiento eléctrico	55
Capítulo 7	Conclusiones	
7.1	Mejoras a la solución planteada	56
7.2	Procedimiento para utilizar el equipo de descargas electrostáticas	56
	Apéndice	
A.1	Características generales del microcontrolador usado	59
A.2	Diagramas electrónicos	60
A.2.1	Diagrama general de conexiones del sistema mínimo	60
A.2.2	Diagrama del módulo de control electrónico	61
A.2.3	Diagrama del Módulo de potencia	62
A.2.4	Diagrama del módulo display	63
A.3	Programa fuente	64
A.3.1	Equates para el programa principal	64
A.3.2	Programa principal	67
	Bibliografía	84

Introducción

Capítulo 1

En este trabajo se describe la automatización de una máquina de inyección la cual es utilizada para la fabricación de vasos de unicel, utilizando un sistema de control electrónico basado en un microcontrolador. Se presenta la problemática general del proceso, el diseño del sistema de control y la operación del mismo, así como las pruebas realizadas y las ventajas que presenta la solución diseñada.

1.1 Objetivo

El principal objetivo de esta tesis, es presentar la solución a un problema en particular, siendo éste la automatización de una máquina de inyección de vasos térmicos, los criterios de calidad que se persigue mejorar con el diseño son la seguridad y la continuidad por lo cual será automatizado con tecnología de punta, enfatizando las grandes diferencias que existen entre un sistema controlado con tecnología primitiva y un control basado en microcontrolador.

1.2 Justificación

Los sistemas de control utilizados con anterioridad en la máquina de inyección, se basaban en componentes discretos como son los transistores, capacitores, resistencias y relevadores, el diseño de un control con este tipo de tecnología, implicaba hacer poco con mucho, es decir demasiados componentes, demasiado espacio y lentitud en el proceso, además de tener una confiabilidad baja, demasiado mantenimiento, todo esto implicaba tener un sistema costoso y de baja eficiencia.

1.3 Una reflexión sobre la vinculación teoría-práctica

Para la realización de este trabajo, se requirió de la recopilación de información durante tres años en escuelas, industrias, laboratorios, personal con mucha experiencia laboral en la rama eléctrica y electrónica, entre otras, compartiendo información teórica con información empírica. Es importante recalcar que este último tipo de información es muy importante para pasantes o ingenieros recientemente egresados de alguna facultad, esto hace que se incremente el cuidado y la eficiencia en la aplicación de los escasos conocimientos de “problemas reales” en las industrias en que se suele ingresar al inicio del desempeño profesional.

Cuando se labora en la industria, es el momento en el cual uno puede darse cuenta de la infinidad de problemas que requieren solución de forma inmediata y precisa. Estos problemas nos hacen reflexionar en lo importante que es saber cómo, cuándo y dónde aplicar soluciones a los problemas presentados en un proceso.

Podemos considerar a la industria como una escuela que nos enseña y hace comprender la realidad del funcionamiento de procesos y sistemas presentes dentro de la misma, nos muestra una infinidad de problemas que se presentan a causa de fenómenos físicos, eléctricos, químicos, biológicos, etc. y nos enseña los aspectos prácticos para dar soluciones a los problemas. La universidad es una escuela que nos da los conocimientos teóricos necesarios para buscar posibles causas y soluciones a los problemas presentes en la industria, así como buscar las mejores alternativas y la forma de aplicarlas.

Cada vez que se presenta un problema, existen métodos y formas de solucionarlo, es decir, a través de los años la tecnología ha producido instrumentos cada vez más eficientes y precisos, esto permite utilizar componentes más confiables y de fácil acceso. Este trabajo está enmarcado en este contexto tecnológico y presenta una aplicación de uno de los dispositivos más versátiles producidos en los últimos años por la tecnología digital, tal dispositivo es el Microcontrolador.

1.4 Descripción de los capítulos

En el capítulo presente, se mencionan los problemas existentes en un proceso, así mismo la forma y recursos para resolverlos. En el capítulo II se hace una descripción detallada del proceso de inyección de vasos térmicos, se describe la máquina de inyección y los componentes que la forman, ventajas y desventajas en utilizar un sistema rudimentario y un sistema automatizado. Las señales de entrada y salida del sistema mínimo y los componentes necesarios para su aplicación se describen detalladamente en el capítulo III. El capítulo IV es enfocado principalmente al manejo, operación y funciones del sistema mínimo. El utilizar un sistema mínimo controlado con algún tipo de microprocesador, requiere el planteamiento del problema para su análisis y por consiguiente determinar la manera de implementar los resultados obtenidos a un programa de control y posteriormente aplicarlo al microprocesador, el capítulo V describe los procedimientos y algoritmos de control utilizados en el proceso de inyección. En el capítulo VII se mencionan las pruebas realizadas al sistema mínimo para garantizar su buen funcionamiento. Por último, en el apéndice se muestra el programa fuente utilizado en el microcontrolador y los diagramas eléctricos y electrónicos del sistema mínimo.

Descripción del Proceso

Capítulo 2

2.1 Introducción.

Los avances tecnológicos, a través de los años han originado un cambio rotundo en la industria, siendo ésta generadora de un sin número de problemas, en todos los campos de ingeniería y especialmente en la instrumentación y control de procesos. En este capítulo se describe con detalle una *máquina inyectora de vasos térmicos*, el procedimiento de la inyección del vaso y los problemas de control asociados al proceso.

Los problemas y limitaciones que se originan al utilizar controles rudimentarios (por ejemplo temporizadores, relevadores, poca memoria de almacenamiento, etc.), hicieron que un fabricante de máquinas, tuviera la necesidad de buscar nuevas alternativas para automatizar sus máquinas en especial una *máquina inyectora de vasos térmicos*, la cual se requería que fuese más eficiente y totalmente automatizada.

En este capítulo se describe a detalle el proceso que lleva a cabo esta máquina inyectora de vasos térmicos, los problemas de automatización asociados y las alternativas que nos ofrece la tecnología actual.

2.2 Descripción general de la máquina de inyección.

En la figura 2.1, se puede observar con detalle, la vista en perspectiva de la máquina de inyección, así mismo, sus componentes más importantes, los cuales se describen a continuación:

Platinas.- La máquina de inyección tiene dos placas metálicas llamadas platinas. Una es fija (1) y la otra es móvil (2), en ambas se encuentran colocados los moldes de inyección de los vasos térmicos, en la platina fija se localizan los moldes interiores del vaso (3) mientras que los moldes exteriores (4) se encuentran colocados en la platina móvil.

Pistón de platina (5).- Es un pistón neumático, su función es dar movimiento a la platina superior, haciendo que ésta sea móvil. El accionamiento del pistón se hace a través de una electroválvula (10) montada en el cuerpo del pistón.

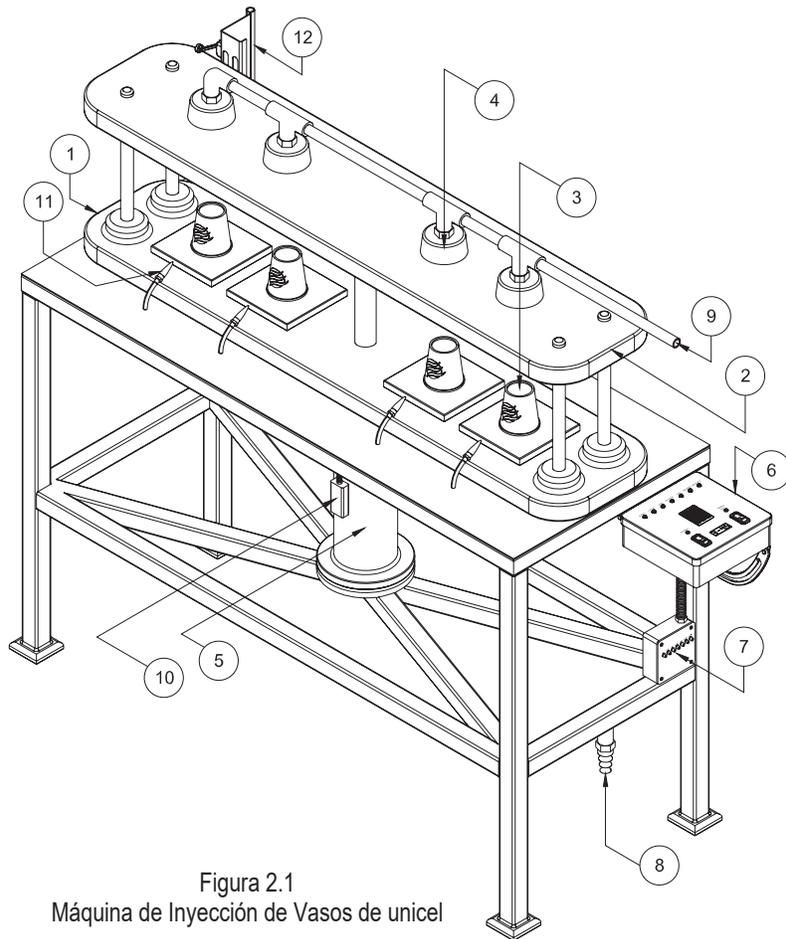


Figura 2.1
Máquina de Inyección de Vasos de unicel

Módulo de control electrónico (6).- El proceso de inyección es automatizado mediante un control inteligente, que maneja las válvulas electroneumáticas y relevadores que se describen más adelante. Este control inteligente se implementó con tecnología de punta, es decir un programa grabado en un microcontrolador, la figura 2.2 muestra con mayor detalle el módulo de control.

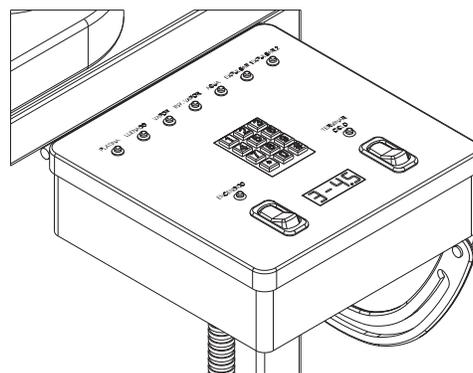


Figura 2.2, Módulo de Control Electrónico

Módulo de potencia (7).- Las decisiones de salida tomadas por el módulo electrónico son enviadas al módulo de potencia, que a su vez se encarga de entregar la alimentación que se requiere para el accionamiento de las electroválvulas y relevadores durante el proceso de inyección, el control de potencia se observa en la figura 2.3.

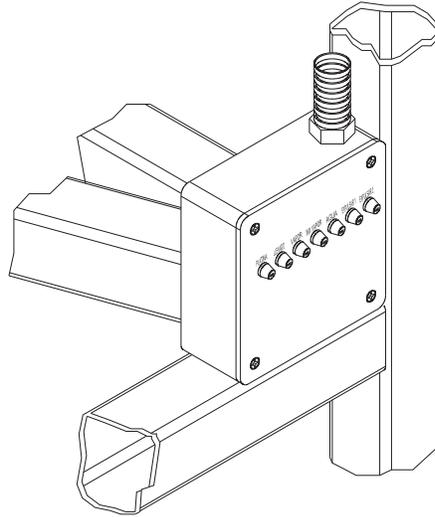


Figura 2.3, Módulo de Potencia

Entrada de aire (8).- La estructura de la máquina se utiliza como tanque de almacenamiento de aire para las válvulas electroneumáticas.

Válvulas electroneumáticas.- Estas llevan a cabo el suministro de líquidos y gases necesarios en el proceso de inyección, estas son: Válvula de llenado (9), ubicada a la entrada de la tubería de llenado, válvula de platina (10), las válvulas de primera y segunda expulsión, inyección de agua, vapor e inyección de vapor, estas últimas están ubicadas en la parte inferior de la plataforma de la máquina.

Shifones de expulsión (11).- La extracción del vaso se logra aplicando aire a presión, a través de los shifones.

Sensores.- La máquina de inyección dispone de dos tipos de sensores para controlar el proceso de inyección: sensores magnéticos de proximidad de efecto hall y se definen como, sensor de primera expulsión (14) y segunda expulsión (13) que en adelante se denominarán swexp1 y swexp2 respectivamente, estos detectan la presencia de un material metálico, sin necesidad de haber contacto alguno entre ambos, en este caso detecta el paso de la platina móvil. El soporte dispone también de sensores mecánicos del tipo on/off, éstos son, platina alta (15) y platina baja (16),

al igual que los sensores anteriores, la platina móvil se encarga de accionarlos, y éstos a su vez transmiten la señal de encendido o apagado al control electrónico, ambos tipos de sensores indican las condiciones en la que se encuentra el proceso de inyección, en un momento dado. En la figura 2.1, la partida (12), muestra el soporte de los sensores, así mismo la figura 2.4 muestra a detalle el mismo soporte y sus sensores.

Las señales producidas por los sensores swexp1 y swexp2, son pulsos de 10 mseg, aproximadamente, la ubicación de los sensores swexp1 y swexp2, puede ser ajustada de tal manera que las señales que se envían al sistema mínimo pueden ser defasadas una con respecto a la otra a través de una ranura a lo largo del soporte metálico, donde pueden correr libremente, como se muestra en la figura 2.4.

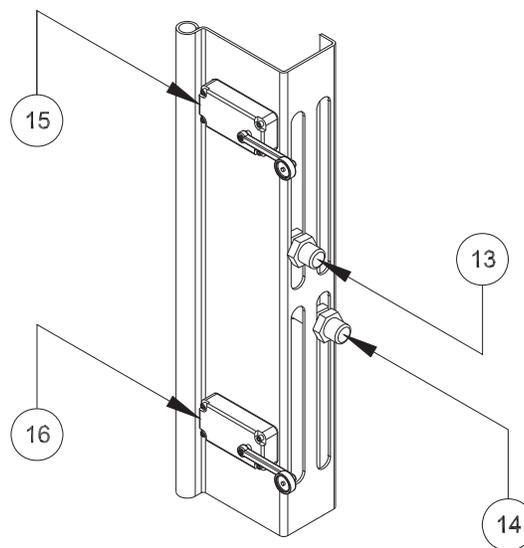


Figura 2.4, Módulo de Sensores

2.3 Proceso de inyección de vasos

La inyección de vasos térmicos, es la principal función a realizar por la máquina, se describirá con lujo de detalle cada uno de los intervalos del proceso durante todo este trabajo. El proceso de inyección es un sistema totalmente automatizado, en el que intervienen sistemas mecánicos, neumáticos y electrónicos; En los últimos, con la tecnología de los microcontroladores se logra que el proceso tenga una mayor confiabilidad. El control automático se encarga de controlar las electroválvulas, sensores de posición, pistones neumáticos e interruptores, además es capaz de

realizar los procesos de vaciado de materia prima, procesarla, generar tiempos o intervalos en el transcurso del proceso de cocimiento y por último el terminado del vaso, en pocas palabras, el microcontrolador se encarga de controlar todo el proceso de inyección.

El proceso de inyección de vasos térmicos cuyo diagrama de tiempos se muestra en la figura 2.5, se realiza durante un periodo de tiempo comprendido entre 10 y 15 segundos, el módulo de control permite ajustar el tiempo de duración de cada uno de los intervalos dentro de un rango comprendido de 0 a 10 segundos, de igual manera, el tiempo de duración de las salidas expulsión 1 y expulsión 2, esto se logra mediante la programación del sistema mínimo. El tiempo de inyección puede variar, dependiendo de las características propias de la materia prima. El proceso de inyección se realiza en el transcurso de ocho intervalos (T1 a T6, TB y TS), los cuales son descritos en la tabla 2.1.

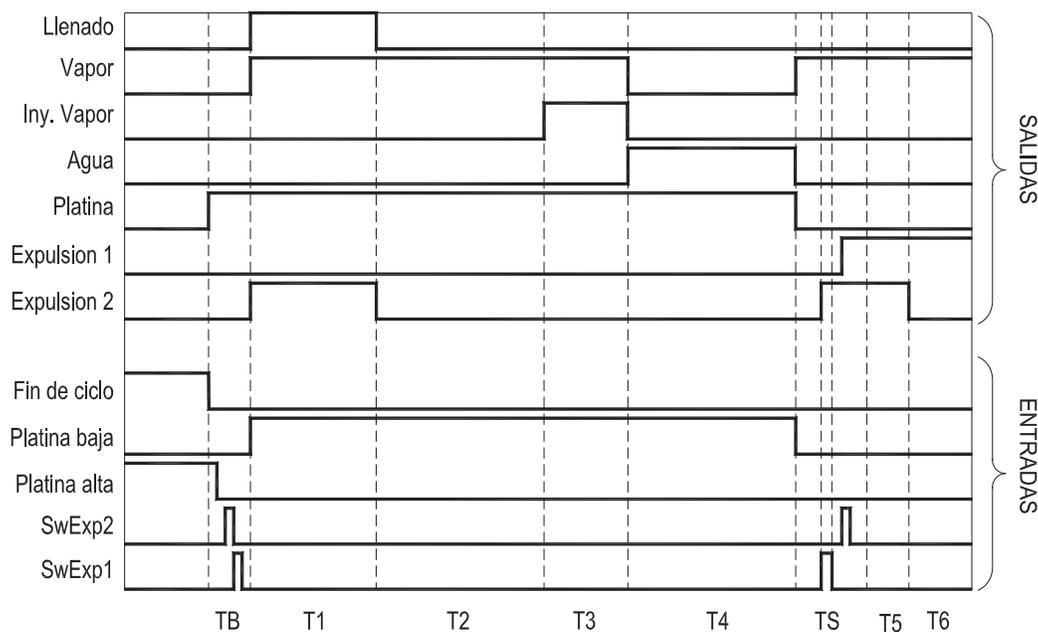


Figura 2.5, Diagrama de tiempos para el Proceso de Inyección.

A continuación se describen en forma resumida la interacción entre las diferentes señales de la figura 2.5 y las descritas en la tabla 2.1.

La señal de fin de ciclo, es una señal prioritaria para el inicio del proceso de inyección, si la señal está presente, el proceso se encuentra en reposo de lo contrario dará inicio la inyección del vaso. En ese momento, la salida de la platina se mantendrá activada hasta los próximos cinco intervalos, comenzando su descenso, por lo que comienza el tiempo de bajada TB, durante el transcurso, son detectadas las señales de entrada swexp1 y swexp2, ambas son ignoradas en este

intervalo. La platina ha llegado al fin de su carrera (condición de platina baja), ese momento es tomado como inicio del proceso de inyección, así mismo inicia el tiempo T1, en el cual son activadas las salidas de Llenado, inyección de vapor y expulsión 2. En el tiempo T2, son desactivadas las señales de Llenado y expulsión 2, solamente permanece activada la señal de vapor. En T3 continúa la aplicación de vapor y además inicia la inyección de vapor. En el intervalo T4, desaparecen las señales de salida de vapor e inyección de vapor y se activa la señal de agua en el transcurso de este intervalo. Una vez que ha terminado el tiempo T4, el proceso de inyección ha terminado, por lo que la señal de platina es desactivada, comenzado su carrera de ascenso, iniciando el tiempo TS, en el cual son detectadas las señales de swexp1 y swexp2, con la segunda, se activa la señal de expulsión 2 durante el intervalo de tiempo T5, swexp1 activa la señal de expulsión 1 durante el intervalo de tiempo T6, dando por terminado la extracción del vaso y por lo tanto el proceso inyección. El ciclo de inyección se repite nuevamente cuando se detecta que la platina móvil se encuentra en la parte superior.

Período	Descripción	Función
TB	Tiempo de bajada	La platina móvil es desplazada hacia abajo mediante el accionamiento del pistón de platina.
T1	Llenado	Da inicio el proceso de inyección de materia prima a los moldes del vaso.
T2	Reposo	Se da un tiempo de reposo a la materia prima para comenzar a formar la consistencia del vaso.
T3	Inyección de vapor	En estos dos intervalos de tiempo, el vaso alcanza su consistencia final.
T4	Inyección de agua	
T5	Extracción 1	Se prepara el vaso para su extracción.
T6	Extracción 2	Se extrae el vaso de los moldes, cuando transcurre TS
TS	Tiempo de subida	Nuevamente la platina móvil regresa a su condición inicial en la parte superior mediante el accionamiento del pistón de platina.

Tabla 2.1, Descripción de intervalos en el proceso de cocido

2.3.1 Protecciones

De acuerdo a las necesidades de seguridad y requerimientos durante el proceso de inyección, el sistema debe de tener ciertas protecciones establecidas por el fabricante de máquinas de inyección, dentro de las cuales son contempladas las protecciones mismas para la máquina de inyección, para el control automático y muy especialmente para el operador de la misma. Las dos primeras protecciones son muy necesarias para que la tercera pueda ser confiable, cada una de estas será tratada posteriormente en el capítulo 3.4.1.

En los párrafos siguientes se describirá con detalle cada uno de los procesos que intervienen en la inyección del vaso térmico.

2.4 Proceso de llenado

Hagamos referencia nuevamente a la figura 2.1, en la que se indica la posición de los moldes de inyección, así como la ubicación de la válvula de llenado. Para que la condición de llenado exista, es necesario que la platina móvil (2) se encuentre en la parte inferior donde se detecta a través del sensor de platina baja, en este momento comienza el llenado de los moldes con la materia prima, compuesta de pequeñas esferas de unicel sensibles a la temperatura, por lo que es necesario inyectar vapor de agua y aire a presión, para lograr el máximo del volumen de la materia prima. El proceso de inyección inicia cuando se detecta la señal de platina baja, es decir la posición de la platina móvil se encuentra en la posición mostrada en la figura 2.6a, con mayor detalle se indica en la figura 2.6b

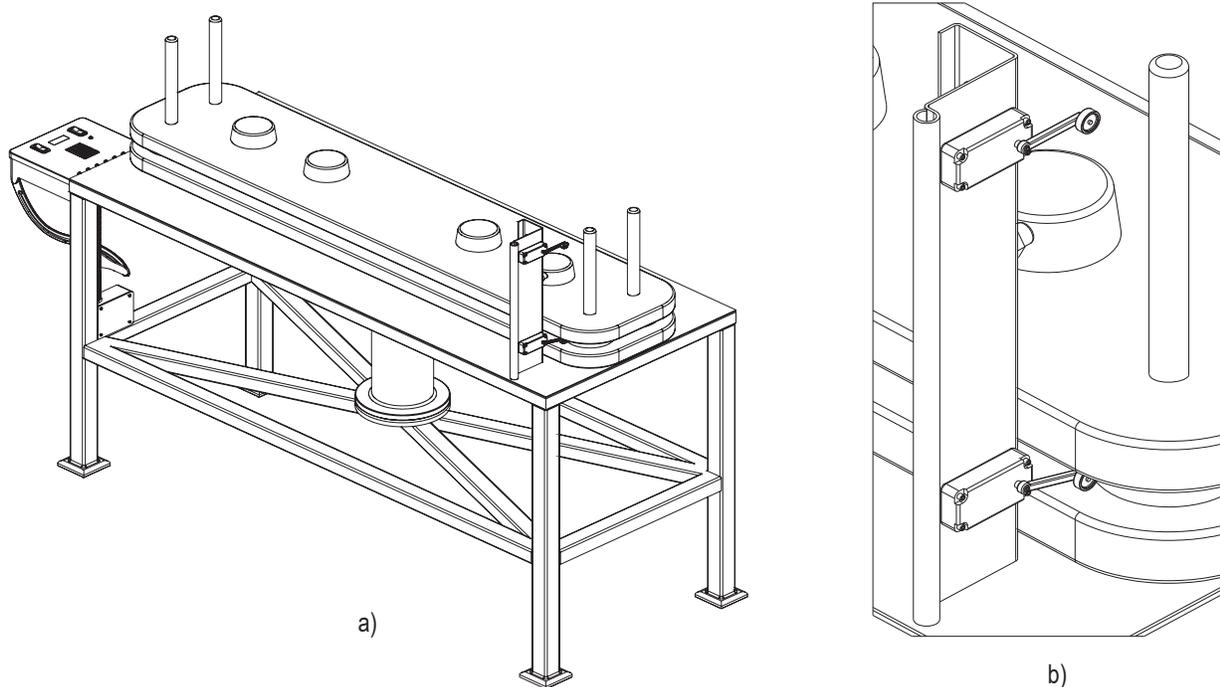


Figura 2.6, a) Máquina de inyección y b) Detalle de la platina móvil en el proceso de inyección

2.5 Proceso en reposo.

En este proceso, se le da un tratamiento de calentamiento a la materia prima de tal manera que la consistencia de ésta se torne sólida. El proceso de cocido se lleva a cabo con agua e inyección de vapor de agua a través de pequeños orificios colocados en partes estratégicas de los moldes. El suministro de agua y vapor de agua se realiza durante los intervalos T1 a T4, cabe mencionar que el proceso en reposo se lleva a cabo mientras la condición de platina baja se cumple (figura 2.6a). de esta manera, se tiene un vaso de forma uniforme y listo para su extracción.

2.6 Proceso de extracción

Una vez terminado el proceso de cocido, se prepara el vaso para su extracción y la platina móvil inicia su movimiento ascendente. El módulo de control detecta la señal de primera expulsión, se inyecta aire entre los moldes y los vasos, durante un tiempo determinado, de tal manera que la superficie de los vasos no esté adherida a la superficie del molde interior, una vez que el módulo de control detecta la señal de segunda expulsión, se aplica aire a presión al exterior de los vasos a través de los shifones, la ubicación de éstos, se observa en la figura 2.7a, los sensores que detectan las señales de primera y segunda expulsión, son mostrados en la figura 2.7b.

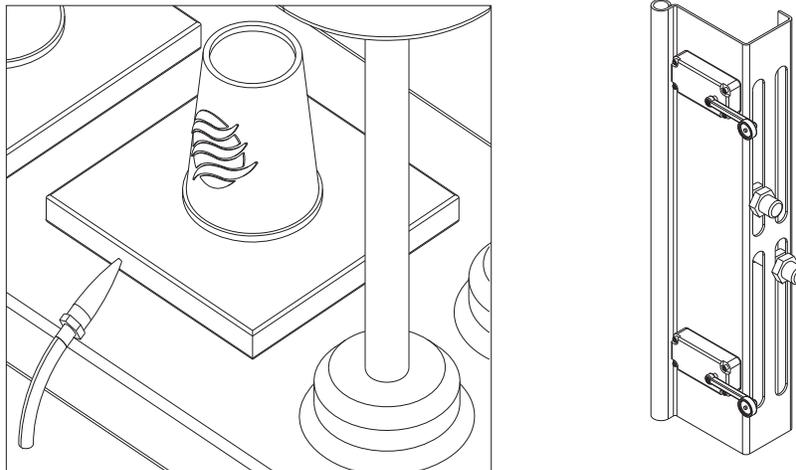


Figura 2.7, a) Sifones de expulsión y b) Módulo de sensores

2.7 El módulo de control

A continuación se describen algunas de las funciones que realiza el módulo de control electrónico mencionado en párrafos anteriores:

- Detectar las señales de entrada enviadas por los sensores.
- mostrar los estados del proceso, mediante indicadores o por una pantalla digital.
- Detectar las diferentes teclas presionadas en un teclado ergonómico.
- Indicar al módulo de potencia las salidas que éste debe activar.
- Codifica las señales enviadas por el módulo de potencia en caso de falla y así bloquear el sistema.

La figura 2.8 muestra a grandes rasgos, en un diagrama de bloques, las funciones que realiza el módulo de control.

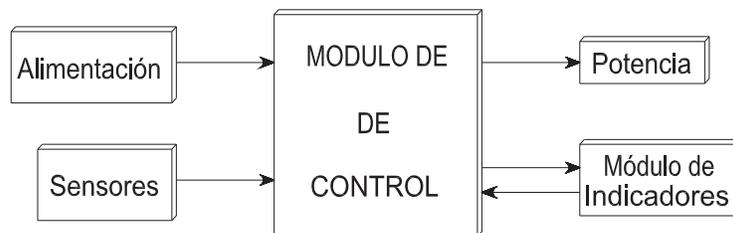


Figura 2.8, Diagrama de Bloques del módulo de control electrónico

2.8 Alternativas de automatización

Podemos hacer una comparación entre el módulo de electrónica convencional con el cual se operaba originalmente el proceso de inyección y el módulo nuevo de electrónica inteligente basada en microcontrolador. Para hacer la comparación entre ambos módulos de control, consideremos la siguiente lista de características:

Módulo primitivo.

- Control del sistema a través de relevadores.
- Temporizadores basados en relevadores de tiempo.
- Error considerable en los intervalos de tiempo.
- Funciones limitadas en el proceso.
- Fallas continuas.
- Mantenimiento excesivamente frecuente.

-
- Sin memoria para almacenamiento de datos.
 - Baja confiabilidad durante el proceso.
 - Operaciones erróneas.

Sistema mínimo basado en Microcontrolador.

- Control del sistema a través de un microcontrolador
- Intervalos de tiempo con una precisión de microsegundos.
- Detecta fallas en el sistema
- Toma decisiones para el bloqueo del sistema en caso de falla.
- Almacena variables del sistema en memoria no volátil.
- Visualiza entradas y salidas
- Visualiza variables del proceso.
- Selecciona modos de visualización.
- Verifica en forma digital el buen estado de las entradas y salidas.
- Acceso por clave al sistema.
- Sistema de protección audible.
- Detección de fallas en las salidas.
- Confiabilidad elevada en el sistema.
- Mínimo mantenimiento.

2.8.1 Soluciones previas

En un inicio, el primer módulo de control, se diseñó con tecnología electromecánica es decir, relevadores mecánicos y relevadores de tiempo, esto ocasionó que el mantenimiento de las máquinas se hiciera con más frecuencia, debido a los niveles de voltaje aplicados a los relevadores, los platinos de estos se deterioran rápidamente por lo tanto el tiempo de vida disminuía en forma considerable, provocando que se aumentara el costo del control, además las funciones realizadas con este tipo de tecnología eran muy limitadas. Posteriormente el diseño de los módulos de control se basaba en una tecnología de circuitos integrados lineales y circuitería RC, con esto se aumentó la confiabilidad de los procesos, más funciones se podían realizar, pero aún así, su tamaño y costo limitaban las funciones del módulo de control.

2.8.2 Solución basada en microcontrolador

El avance tecnológico en la rama de la electrónica, dio un gran paso con el desarrollo de los microcontroladores. Las ventajas y funciones que se podían realizar con tecnología electromecánica ,

fácilmente, con la tecnología de los microcontroladores se puede abarcar, esto y mucho más, es decir el espacio utilizado por el microcontrolador es mínimo y las funciones que se pueden realizar, solamente se ven limitadas por la capacidad de almacenamiento en memoria y los puertos de entrada y salida, éstas son las principales desventajas de los microcontroladores, pero el costo de un microcontrolador con más memoria de almacenamiento y más puertos de entrada y salida no es muy significativo.

Después de ver las ventajas y desventajas entre ambas alternativas, se llegó a la conclusión que utilizar un microcontrolador en el sistema mínimo para el proceso de inyección de vasos, es la solución más viable.

2.8.3 Propuesta final de solución

Como última alternativa, se consideró la elección entre un PLC y un microcontrolador, la primera opción cubría con las necesidades de funcionamiento y confiabilidad requerida, pero si se pretendía tener más funciones de control en el proceso, el costo también se incrementaba en forma considerable, además de las limitaciones en la capacidad de memoria, hecho por el cual fue descartada la opción del PLC, la única opción viable que cubría las necesidades requeridas entonces, fue utilizar un sistema mínimo basado en microcontrolador, con este se podían tener todas las funciones requeridas, además de las mencionadas anteriormente, a bajo costo, con alta confiabilidad y eficiencia. El único problema para utilizar esta opción, es el desarrollo del software y el hardware del control electrónico, de lo cual se dan algunos detalles en el capítulo siguiente.

Descripción del Sistema Mínimo

Capítulo 3

3.1 Introducción

Durante el transcurso de este capítulo, veremos con detalle las partes más importantes del control de la máquina de inyección de vasos, así como sus principales características de funcionamiento.

El módulo de control para la máquina de inyección de vasos está diseñado utilizando componentes con tecnología de punta, esto hace que sea muy confiable para el propósito industrial requerido, además cuenta con funciones de fácil acceso para el usuario, las cuales son introducidas a través de un teclado codificado en forma matricial, dichas funciones, son la programación de cada uno de los intervalos del proceso de inyección de los vasos térmicos, la prueba manual de cada una de las válvulas electromagnéticas en forma independiente, visualización de tiempos, así como el daño físico de los fusibles, además de bloqueo del sistema, las funciones mencionadas anteriormente serán descritas a detalle en el capítulo 4.

3.2 Descripción general

La figura 3.1 es un esquema general del sistema mínimo, en ella se muestra a grandes rasgos los requerimientos del sistema. A continuación se describen algunos de sus componentes que lo integran:

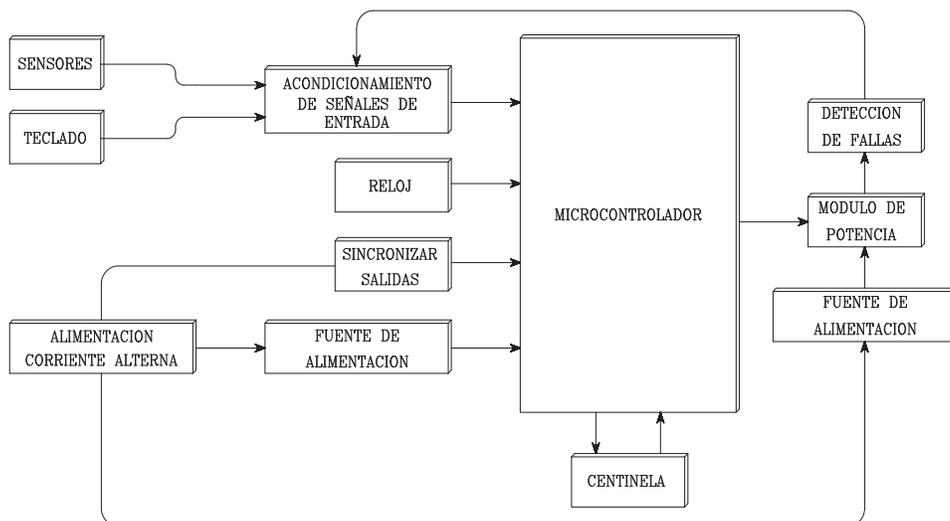


Figura 3.1, Esquema general del Sistema mínimo

- Microcontrolador: Es la unidad lógica principal del módulo de control electrónico y su función es tomar las decisiones pertinentes de todo el sistema, de acuerdo a las condiciones del proceso.
- Módulo de potencia: Es una unidad electrónica que interpreta las señales enviadas por el microcontrolador, para activar las salidas de potencia.
- Centinela: Es un circuito electrónico capaz de interpretar una señal enviada por el microcontrolador para evitar que éste sea inestable, por medio de una señal que retroalimenta al microcontrolador.
- Sincronía de salidas: Es un circuito electrónico que toma una señal de corriente alterna para sincronizar la activación de las señales de potencia.

3.3 Manejo de las entradas del sistema

Es muy importante tener cuidado en la manera como se alimenta la potencia y/o señales digitales al sistema mínimo, ya que tanto en la red eléctrica como en los interruptores y sensores se genera demasiado ruido electromagnético, por lo cual se tendrá que dar un cuidado muy especial a la alimentación de corriente alterna suministrada al módulo de control electrónico y al módulo de potencia, así también a las señales enviadas por los sensores e interruptores.

La figura 3.2 muestra en un diagrama de bloques, la manera de alimentar al módulo de control y módulo de potencia, tanto a la línea de alimentación como a la conexión a tierra física.

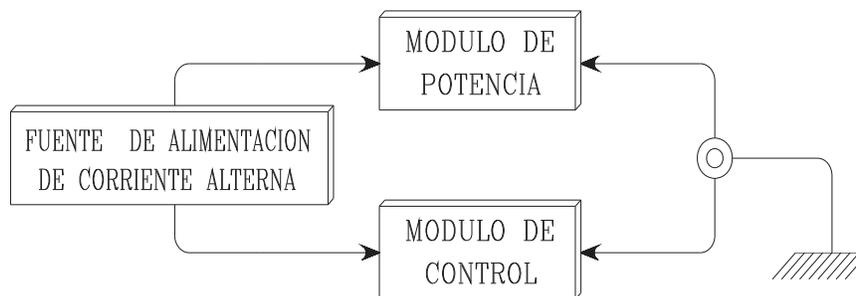
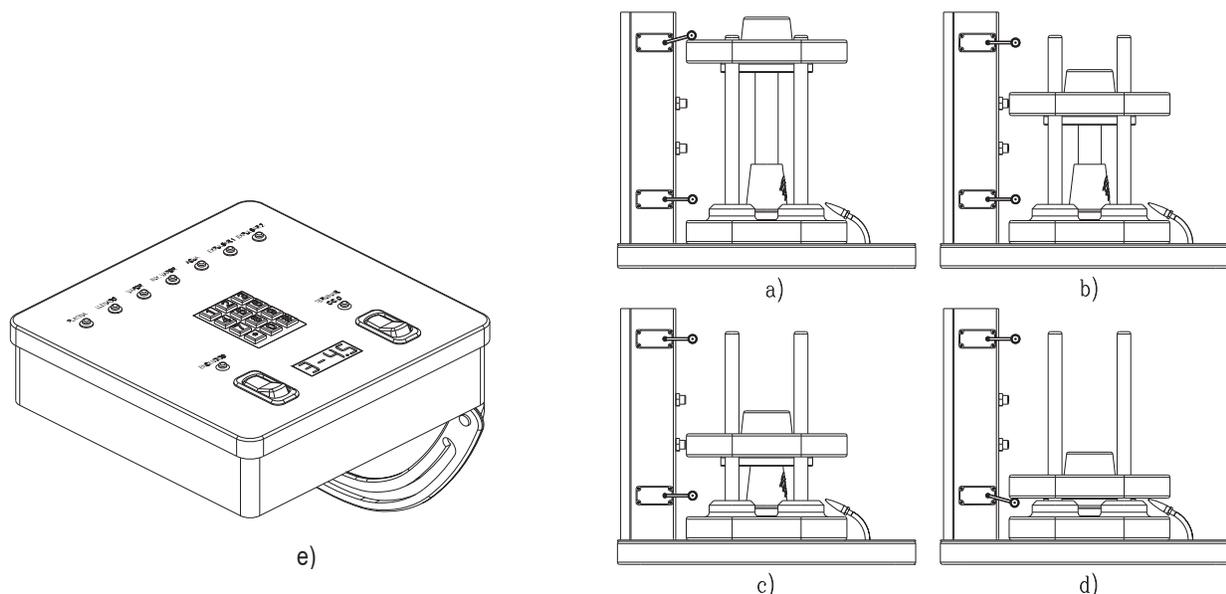


Figura 3.2, Diagrama general de conexiones

La tabla 3.1 y 3.2 nos describen las principales entradas al sistema mínimo y su ubicación puede verse en las figuras 3.3a, 3.3b, 3.3c y 3.3d que representan la ubicación de la platina móvil en sus diferentes posiciones durante el lapso de bajada y 3.3e al módulo de control electrónico.



Figuras 3.3, a), b), c) y d) Platina móvil en sus diferentes posiciones y e) Módulo de control electrónico.

Señales de entrada al sistema mínimo

Entrada	Detecta	Función y ubicación	Tipo de sensor
Platina alta	Posición alta de la platina	Iniciar condiciones del ciclo de inyección, figura 3.3 y 3.4a.	Interruptor on/off de límite tipo roller
Platina baja	Posición baja de la platina	Inicia el ciclo de inyección, figura 3.3d y 3.4a.	Interruptor on/off de límite tipo roller
Swexp1	Posición intermedia de la platina	Inicia el desprendimiento del vaso terminado del interior del molde, figura 3.36 y 3.4b.	Interruptor magnético de efecto hall
Swexp2	Posición intermedia de la platina	Inicia la expulsión del vaso terminado, mediante los shifones. Figura 3.3b y 3.4b.	Interruptor magnético de efecto hall
Fin de ciclo.	Señal lógica	Completa el ciclo de inyección presente y hace un paro total de la máquina para entrar al modo de programación y/o espera, figura 3.4c.	Interruptor on/off, un polos un tiro.
Teclado	Teclas presionadas	Introducir clave de acceso, fijar tiempo en los intervalos y entrar a los modos de programación, figura 3.4d.	Teclado matricial ergonómico
Fusibles	Señal lógica	Falla en la alimentación hacia las electroválvulas.	Señales digitales
Interruptor General	Encendido general	Alimentación general tanto para el sistema mínimo, como al módulo de potencia, figura 3.4c.	Interruptor on/off, dos polos un tiro.

Tabla 3.1, Señales de entrada al sistema mínimo.

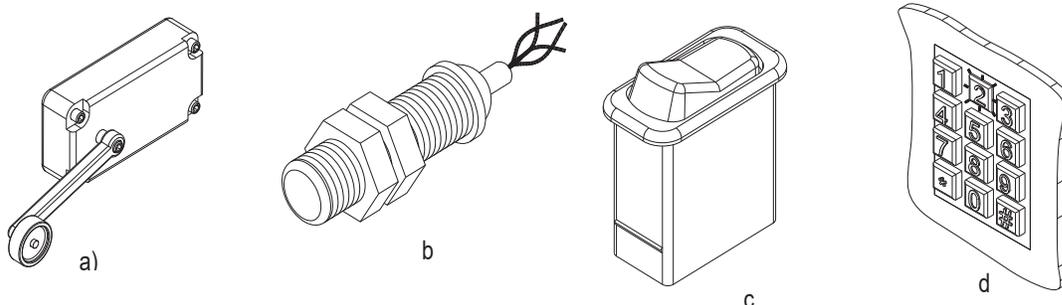
Alimentación al sistema mínimo

Entrada	Función y ubicación
Línea 1	Alimentación de 120 vac para el módulo de control, ver figura 3.2
Línea 2	Alimentación de 120 vac para el módulo de potencia, ver figura 3.2
Tierra física	Protección a tierra para prevenir descargas electrostáticas para todo el sistema, ver figura 3.2

Tabla 3.2, Alimentación de corriente alterna al sistema mínimo.

3.3.1 Descripción de los sensores utilizados

Para detectar las señales de platina alta y platina baja, son utilizados Interruptores tipo roller on/off con límite de carrera, 10A a 120Vac, 0.8A a 125Vdc, 0.4A a 250Vdc un polo dos tiros, normalmente cerrada y normalmente abierta, la figura 3.5a muestra este tipo de interruptor.



Figuras 3.4, a) Interruptor roller, b) Interruptor magnético, c) Interruptor uno y dos polos un tiro y d) Teclado ergonómico

Las señales de expulsión 1 y expulsión 2 son enviadas por sensores magnéticos de proximidad de efecto hall, las características principales de estos sensores son: Transistor tipo PNP con colector abierto y una corriente de carga de 100mA, posee cuatro terminales, dos de ellas son alimentación, +15Vcc y Gnd, las otras dos terminales son las salidas de pulso positivo y pulso negativo, este último, es considerado negativo, pero realmente solamente es defasado 180° con respecto al pulso positivo, la figura 3.5b muestra este tipo de sensor.

La figura 3.5c muestra el tipo de interruptor on/off utilizado para las señales de terminar ciclo y encendido general ambos interruptores tienen una capacidad de 10A a 120Vca/5A a 240Vca, un polo un tiro y dos polos un tiro respectivamente.

3.4 Salidas del sistema

Así como se describieron las señales de entrada al sistema mínimo, se hará lo mismo con las señales de salida. En la tabla 3.3 se describen las salidas principales del sistema mínimo, además se observa su ubicación en la máquina de inyección. El módulo de potencia descrito ya en el capítulo anterior suministra el voltaje necesario para el accionamiento de las electroválvulas neumáticas como la mostrada en la figura 3.6d.

Señales de salida del sistema mínimo

SALIDA	FUNCION Y UBICACION	TIPO DE DISPOSITIVO
Display	Proporciona información visual al operador, mostrando el estado actual del sistema mínimo, por ejemplo, la figura 3.3e nos indica que el proceso de inyección del vaso se encuentre en el intervalo de tiempo no. 3, correspondiente a la inyección de vapor, de acuerdo a lo descrito en el capítulo 2.3 del proceso de inyección de vasos.	Display tipo BCD cuatro dígitos
Salidas de potencia	El módulo de potencia suministra el voltaje necesario para el accionamiento de las electroválvulas neumáticas como las mostradas en la figura 3.6d por medio de relevadores ó triacs como los mostrados en la figura 3.6a y 3.6b.	Relevador ó triac
Indicadores visuales	Los indicadores visuales de la figura 3.8, muestran el estado de los interruptores de encendido y fin de ciclo, así como las electroválvulas neumáticas.	Led
Aviso sonoro	Se emite un sonido audible cuando es presionada una tecla o en el caso de existir una falla en la alimentación de los fusibles, el sonido proviene de un elemento piezo eléctrico ubicado en el interior del sistema mínimo comúnmente llamado buzzer.	Buzzer

Tabla 3-3, Salidas del sistema.

Para verificar el funcionamiento de las electroválvulas neumáticas, el módulo de control tiene salidas visuales como las mostradas en la figura 3.5. Si existiera alguna falla en la alimentación de voltaje en las electroválvulas, la falla es indicada en el display, figura 3.5a, el led indicador correspondiente a la electroválvula dañada se enciende, figura 3.5b, además de emitirse un sonido audible, este sonido también puede presentarse cuando es presionada alguna tecla.

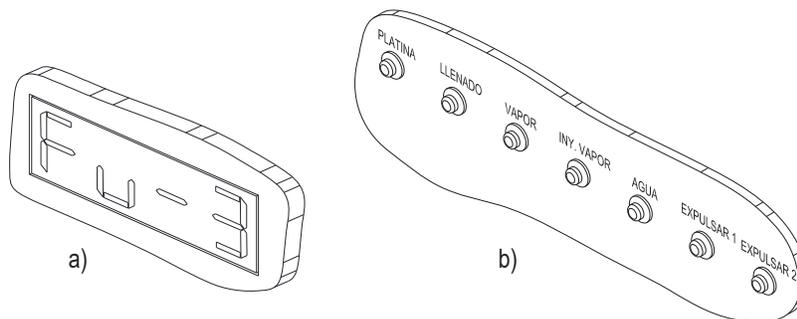


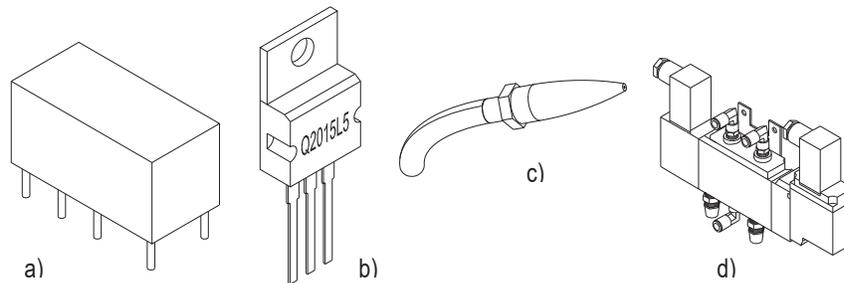
Figura 3.5, a) Display y b) Leds indicadores.

3.4.1 Protecciones y Alarmas del Proceso

Como se mencionó anteriormente, la seguridad del operador, depende mucho de la confiabilidad del control que se tenga sobre el proceso, por lo que se agregaron protecciones al sistema a través de componentes electrónicos, de los cuales podemos mencionar:

- Bloqueo del sistema mientras persista una falla en cualquier salida así como en la línea de alimentación del mismo, cuando el sistema es bloqueado se emite una señal audible permitiendo que el usuario detecte rápidamente la causa del problema.
- Bloqueo de acceso al sistema a menos que se cuente con clave de acceso.
- Sistema de alimentación independiente entre el módulo de control electrónico y el módulo de control eléctrico de potencia.
- Inmunidad al ruido eléctrico para el circuito del módulo de control electrónico.
- Monitoreo del funcionamiento del sistema, durante la ejecución del programa mediante circuitería externa (hardware) y lógica de programación (software).

3.4.2 Descripción de los actuadores



Figuras 3.6, a) Relevador mecánico, b) Triac, c) Shifón y d) Electroválvula neumática.

El módulo de control del sistema mínimo puede activar dos tipos de actuadores, estos son, relevador mecánico de 12Vdc con una capacidad de corriente de 5A, dos polos un tiro, figura 3.6a, el segundo actuador es un triac con características de 400 Vrms y 25A y un encapsulado TO220, figura 3.6b, ambos actuadores tienen la capacidad de suministrar la corriente necesaria para conmutar las electroválvulas de 120Vac y 300mA como las mostradas en la figura 3.6d.

La extracción del vaso se logra a través de un shifón como el mostrado en la figura 3.6c, al cual se le aplica aire a presión por medio de una electroválvula, como la que se muestra en la figura 3.6d, algunas de sus características son voltaje de accionamiento 120 volts de corriente alterna con una corriente de 80 miliamperes.

3.4.3 Descripción del display

El sistema mínimo posee un pantalla de visualización con cuatro dígitos individuales de siete segmentos, cátodo común, color rojo como la mostrada en figura 3.7, en esta pequeña pantalla se muestra el intervalo en el que se encuentra el proceso de inyección.

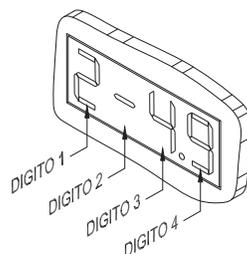
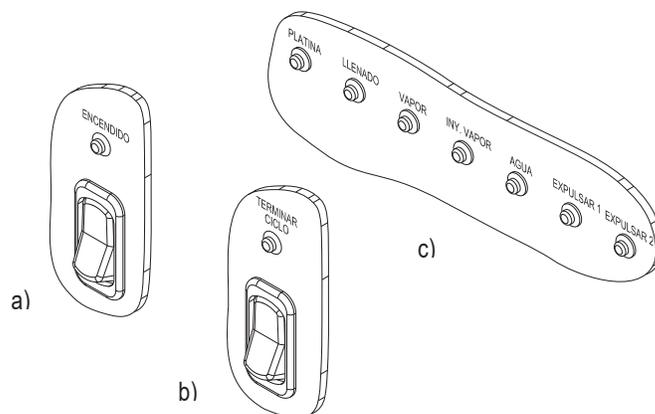


Figura 3.7

3.4.4 Indicadores visuales

En la figura 3.8 se muestran los indicadores visuales, estos son diodos emisores de luz comúnmente llamados Leds, el consumo de corriente es de 20 mA como máximo para su alcanzar su intensidad máxima.



Figuras 3.8 Indicadores visuales, a) Encendido, b) Terminar ciclo y c) estado de electroválbulas.

3.5 Diagramas de conexión

En el apéndice A.2, se muestran los diagramas eléctricos y electrónicos del sistema mínimo, los cuales son:

- Diagrama electrónico del módulo de control (D005A-E).
- Diagrama electrónico del módulo potencia (D005B-E).
- Diagrama electrónico del módulo del display (D005C-E).
- Diagrama general de conexiones del sistema mínimo.

A continuación se describirán algunos de los circuitos que componen estos módulos, así mismo la función correspondiente del circuito:

3.5.1 Fuente de alimentación

Tanto el módulo de control electrónico y el módulo de potencia requieren de voltajes de alimentación de corriente directa para la alimentación de los circuitos electrónicos, la figura 3.9 muestra las protecciones efectuadas en las fuentes reguladas de +5 volts y +15 volts, U4 y U3 respectivamente, las protecciones son para evitar que se generen ruidos eléctricos y causen problemas en la secuencia del programa almacenado en el módulo de control electrónico. La fuente de alimentación del módulo de potencia es muy similar a la fuente del módulo de control electrónico a excepción del voltaje +12 volts.

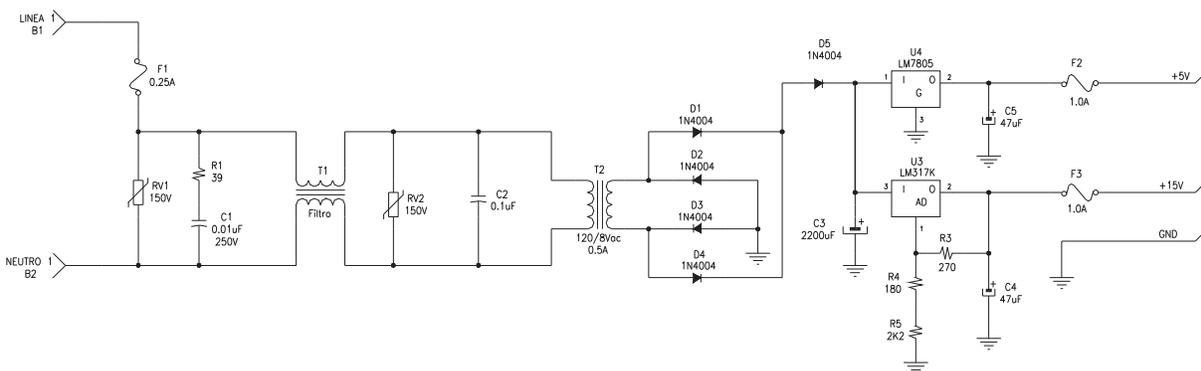


Figura 3.9, Diagrama eléctrico de protección para fuentes reguladas.

3.5.2 El Circuito electrónico Centinela

La figura 3.10a muestra el circuito electrónico centinela, su función principal es mantener al microcontrolador funcionando correctamente dentro del programa principal, el funcionamiento de este circuito se basa en una señal digital oscilante enviada por el microcontrolador a través de la señal “GenRes”, durante la operación del programa principal, la señal se aplica a los transistores Q2 y Q3, esto hace que los capacitores C11 y C17 se cargen y se mantengan en un cierto nivel de voltaje, evitando que este sea disminuido por R16 y R17, ámbos voltajes se aplican en los pines 12 y 13 del circuito U2D, esto hace que el circuito oscilador formado por los circuitos U2A y U2B se mantenga en modo de reposo, si la señal de “GenRes” desaparece, se mantiene en “1” ó “0” lógico, la señal de “Reset” es generada en el circuito U2A y será aplicada directamente al microcontrolador en su pin de reset, hasta que el programa principal vuelva a mandar la señal de “GenRes”. La figura 3.10b muestra el comportamiento del voltaje aplicado a los pines 12 y 13 del circuito U2D (Vemisor Q1 y Vemisor Q2 respectivamente), cuando existe la señal de “GenRes”, si desaparece la señal, el oscilador genera los pulsos de “Reset”, que serán aplicados al microcontrolador en el pin de reset.

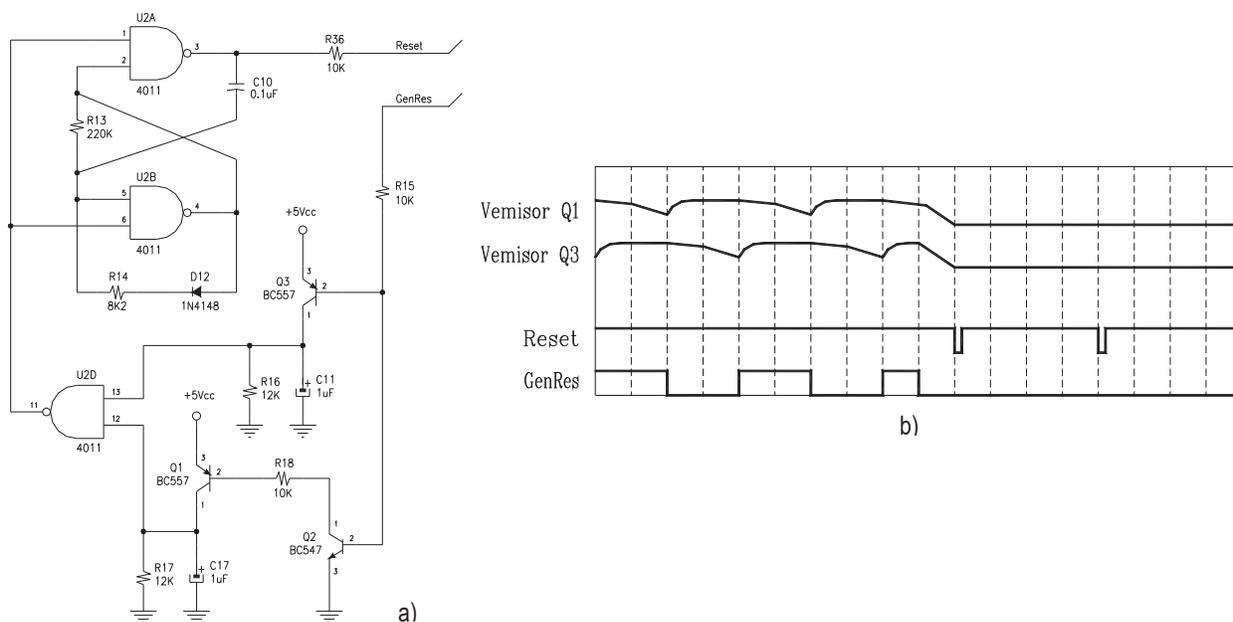


Figura 3.10, a) Circuito centinela b) Comportamiento de las señales del circuito centinela.

3.5.3 Circuito electrónico de Cruce por cero

Otra manera de evitar que los ruidos eléctricos interfieran con el funcionamiento correcto del sistema, es disminuyendo la magnitud de los ruidos que alcanzan durante el instante de la conmutación de una carga. La figura 3.11a muestra el circuito electrónico utilizado para detectar el momento oportuno ó cruce por cero para hacer la conmutación de las salidas de potencia. El funcionamiento del circuito, básicamente, es detectar el cruce por cero de la señal de corriente alterna. La señal de salida "Irq" se aplica a un pin del microcontrolador con importancia de interrupción en la ejecución del programa, la figura 3.11b muestra el comportamiento de ámbas señales (entrada y salida del circuito). De acuerdo a la señal de salida, la conmutación de las electroválvulas deberá hacerse en el transcurso del tiempo que dure la señal Irq en "0" lógico.

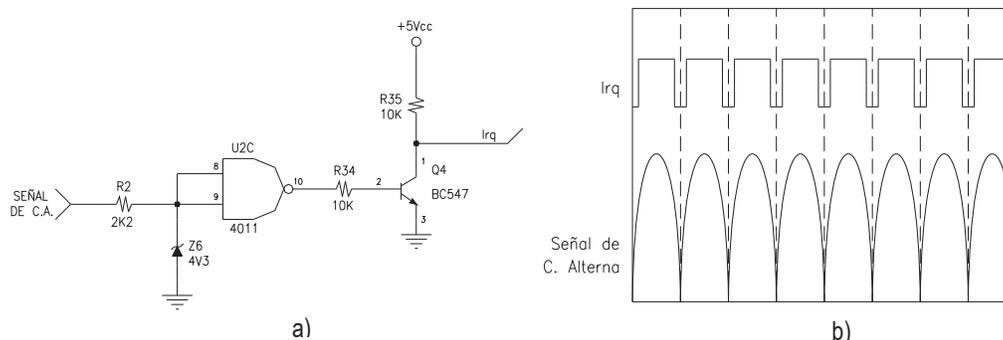


Figura 3.11, a) Circuito cruce por cero y b) Comportamiento de las señales de entrada y salida del circuito cruce por cero.

3.5.4 Circuito de acondicionamiento de señales

El voltaje de operación del microcontrolador utilizado por el módulo de control, es de +5 volts, mientras que los sensores son alimentados con +15 volts, el circuito mostrado en la figura 3.12 es un circuito electrónico de acoplamiento o acondicionamiento de la señal de swexp1 (en este caso en especial), las resistencias R20 y R21 en conjunto con el diodo zener Z1, disminuyen el voltaje de entrada desde +15 volts hasta un poco menos de +5 volts. El capacitor C12 es utilizado para filtrar o eliminar posibles ruidos que se generan durante la conmutación del sensor o interruptor. La resistencia R22 es utilizada para polarizar el pin E0 y que es la entrada del microcontrolador en "0" lógico mientras la señal de swexp1 no este presente. Los circuitos de acoplamiento de los sensores de swexp2, platina alta, platina baja y fin de ciclo son semejantes al mostrado en la figura 3.12, para más detalle, el apéndice A.2 muestra el diagrama general del módulo de control.

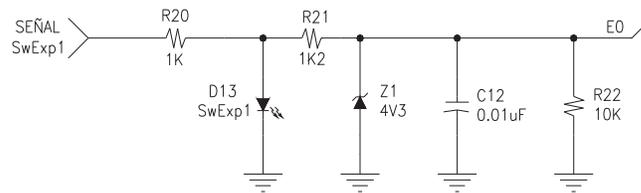


Figura 3.12, Circuito de acoplamiento en las entradas.

3.5.5 Circuito de activación de detección de falla

Proteger al sistema y al operador primordialmente, son básicamente dos de las funciones principales del sistema mínimo, la figura 3.13a muestra el circuito electrónico para tal función, el fusible F103, es un dispositivo de protección de sobrecorriente para la electroválvula de vapor, de tal manera que si existiera una falla en el circuito, inmediatamente el sistema mínimo lo detecta. El rango de voltaje en el cual opera el circuito codificador U103 de la figura 3.13b es de +3V a +18V, por lo que la señal de muestra tomada de la señal de corriente alterna es reducida hasta un nivel de voltaje de aproximadamente +5V, capaz de conmutar y mantener en esa condición al circuito U104 de la figura 3.13a, mientras que el fusible F103 se mantiene sin daño alguno, de tal manera que la señal S1 enviada al codificador de la figura 3.13b, será "1" lógico durante esta condición, indicando que el fusible se encuentra en buen estado. Los circuitos de detección de falla de las siete electroválvulas son similares al mostrado en la figura 3.13a y se aplican al circuito U103 a través de las señales S1 a S7, siendo codificadas en las señales Q0 a Q2, las cuales serán leídas por el microcontrolador. Para más detalle se puede observar en el apéndice A.2.3 el diagrama electrónico D005B-E del Módulo de potencia.

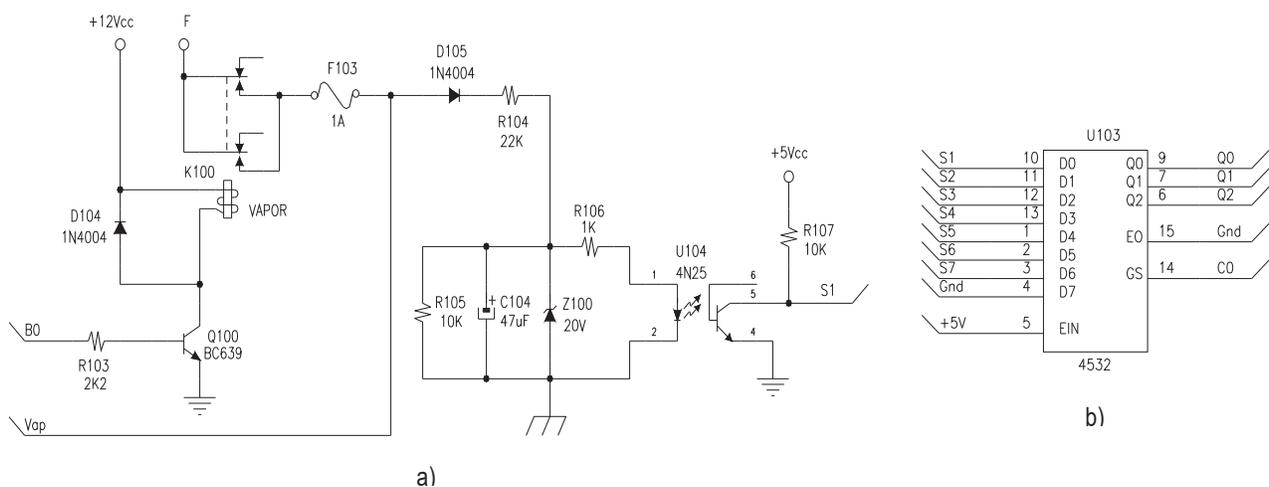


Figura 3.13, a) Circuito detector de fusible dañado y b) Circuito decodificador para fusibles dañados.

Características de Operación

Capítulo 4

4.1 Introducción

Existen un sin número de formas de programar un control automático, así como las formas de proteger tanto al usuario como a la máquina, más sin embargo debe de elegirse la forma más cómoda y sencilla para el usuario en cuanto a cómo éste ha de introducir las condiciones con las que debe de iniciar el ciclo de trabajo, así como bloquear el acceso al sistema a personas no autorizadas a éste. En el transcurso de este capítulo, se analizará con detalle, cada una de las principales funciones que pueden realizarse con el sistema mínimo y cómo acceder a ellas, así como las precauciones que deben de tomarse al operarlo.

Este capítulo presenta el punto de vista de un operador del sistema, es decir, se puede tomar éste capítulo como un manual de operación del sistema.

4.2 Principales Funciones del Sistema Mínimo

En el capítulo 3 se describió el funcionamiento y localización de las entradas y salidas, La figura 4.1 nos muestra las principales funciones del sistema mínimo y las condiciones necesarias para que el operador pueda acceder a ellas.

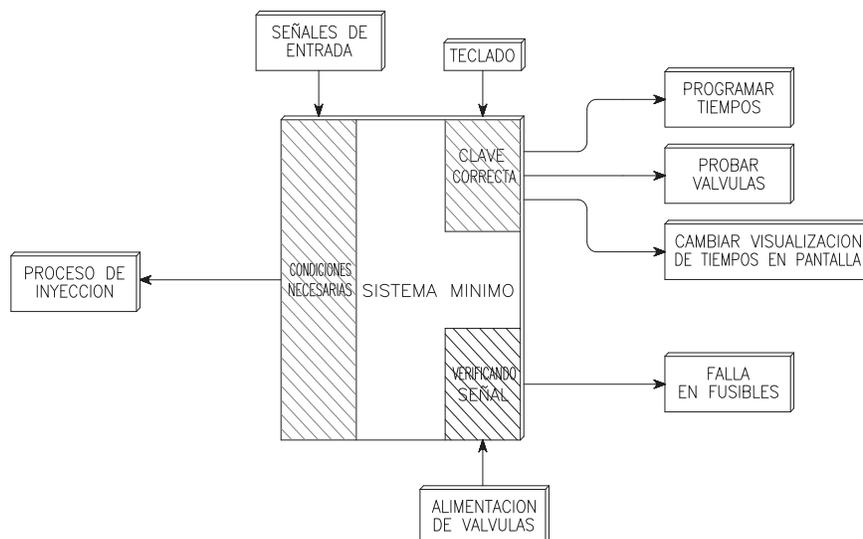


Figura 4.1, Diagrama general de bloques del Sistema Mínimo.

4.2.1 Aspecto exterior del sistema de control.

A continuación describiremos el módulo de control mostrado en la figura 4.2, dando una breve descripción de los componentes básicos:

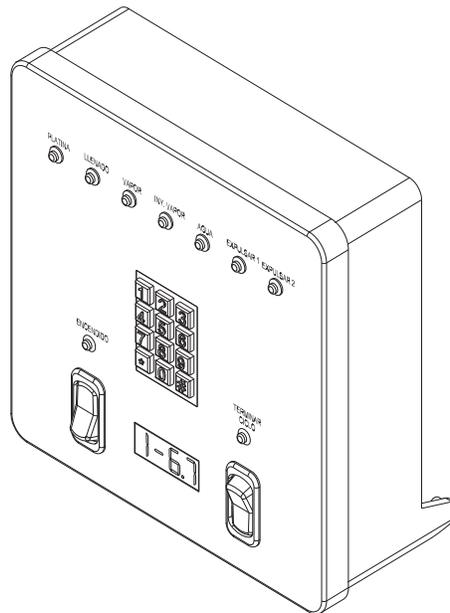


Figura 4.2. Módulo de control electrónico.

- El interruptor de encendido general figura 4.3a, suministra la alimentación de voltaje, tanto al módulo de control como al módulo de potencia, indicando esta función con su luz piloto.

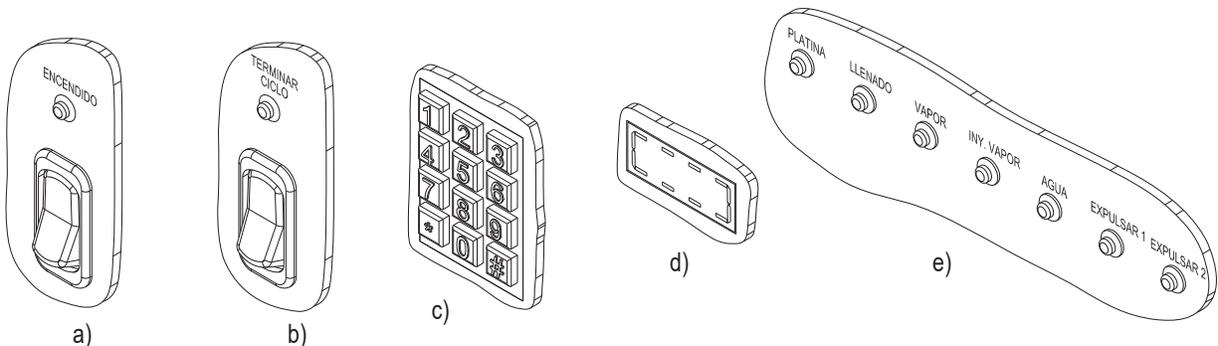


Figura 4.3. a) e b) Int. de Encendido y Fin de Ciclo respectivamente, c) Teclado Matricial, d) Display e e) Leds indicadores.

- El Interruptor de terminar ciclo o fin de ciclo, indica al sistema mínimo, el comienzo de la inyección del vaso siempre y cuando el interruptor se encuentre en la posición de apagado, en caso contrario permite entrar a la función de programación de acceso por clave, con una espera previa en caso de que el sistema mínimo se encuentre en medio del proceso de inyección; en

este caso, el sistema primero concluye el proceso de inyección y al final entrará a la función de programación de acceso por clave, este interruptor cuenta con su luz piloto y es mostrado en la figura 4.3b.

- La interface de programación entre el usuario y el sistema mínimo, es un teclado ergonómico matricial de doce teclas, como el mostrado en la figura 4.3c. La manera de cómo utilizar el teclado, será descrito a partir del párrafo 4.3.1.
- La figura 4.3d muestra la pantalla de visualización un display luminoso de cuatro dígitos del tipo BCD, en éste se visualiza el tiempo de duración de los intervalos mencionados en la sección 2.3, además de indicar el numero del fusible que se daña cuando sucede dicha falla.
- Para verificar el funcionamiento adecuado de las electroválvulas neumáticas, el módulo de control tiene salidas visuales como las mostradas en la figura 4.3e, las cuales son leds de baja intensidad, este punto sera tratado en el parrafo 4.3.1.2 posteriormente.

4.3 Control Automático del Ciclo de Trabajo

Antes de comenzar la descripción detallada de las funciones definamos lo que es un ciclo de trabajo en el sistema descrito hasta el momento. Tomemos como referencia la figura 4.4, el ciclo de inyección comienza cuando se inicia el proceso de llenado en T1 y termina con la expulsión del vaso térmico de los moldes de inyección en el intervalo de tiempo T6, siempre y cuando el interruptor de

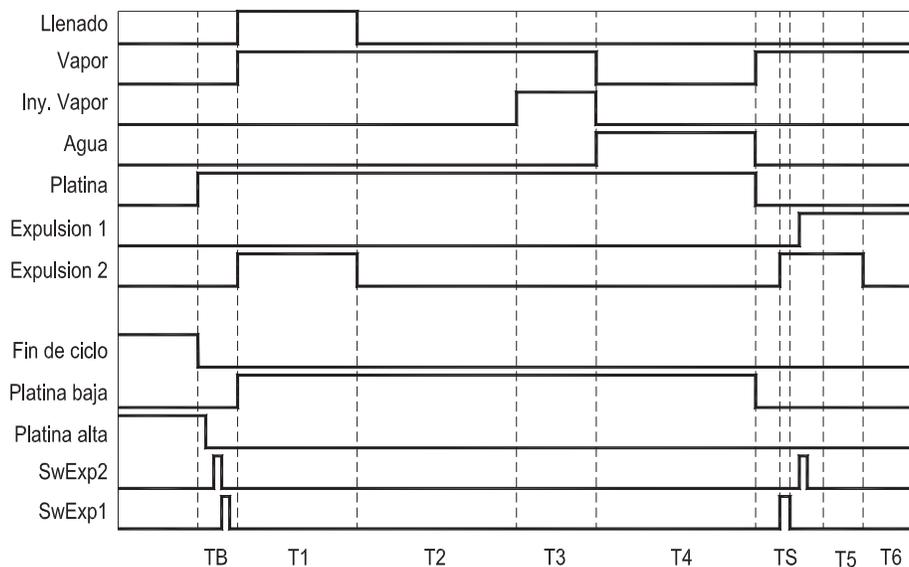


Figura 4.4, Diagrama de tiempos para el Proceso de Inyección.

fin de ciclo no este activado, esta condición es mostrada en la figura 4.2, indica la posición del interruptor de fin de ciclo en el módulo de control.

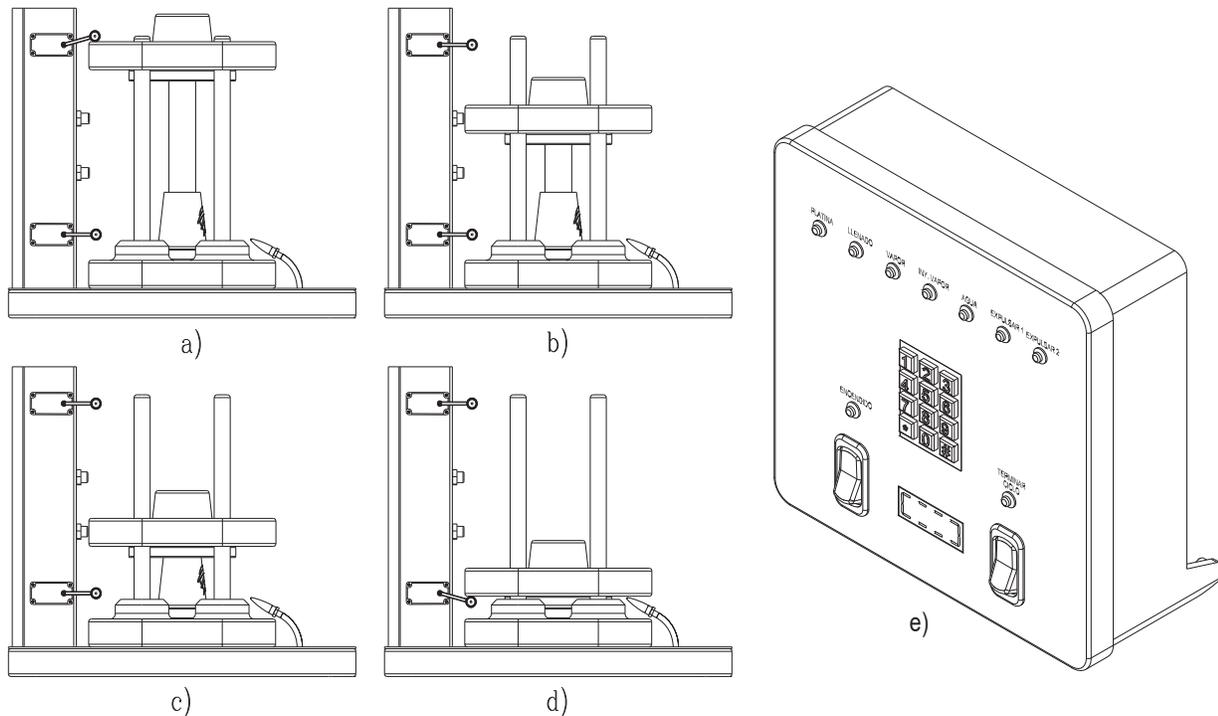


Figura 4.5, a) Fin de ciclo, b) e c) Expulsión 2 y 1, d) Inicio del ciclo de inyección e e) Condiciones en Fin de Ciclo.

Supongamos que la máquina inyectora de vasos térmicos no ha iniciado el proceso de inyección, por lo que la señal de fin de Ciclo es “1”, esto hace que la máquina se mantenga en condiciones de paro total, a pesar de que la señal de platina es “1”, ver figuras 4.5a y 4.5e (posición inicial del recorrido de la carrera de la platina móvil y posición del interruptor de fin de ciclo respectivamente), ahora bien, si se cumple la condición de “0”, en fin de ciclo, como se observa la posición del interruptor en la figura 4.2, la señal de platina alta es detectada por el sistema mínimo en “1” y en este momento se inicia el movimiento de la platina hacia la parte inferior de la máquina por medio del pistón de platina, durante el tiempo TB (tiempo de bajada), la platina es detectada por los sensores swexp1 y swexp2, figura 4.5b y 4.5c, sin hacer efecto alguno en el proceso. Una vez que ha detectado el interruptor de platina baja, figura 4.5d, se inicia el proceso de llenado, a partir de este instante, da inicio el primer intervalo de tiempo con una duración T1.

La duración del proceso de cocido son los cuatro intervalos T1 a T4, como se muestra en la fig.

4.4. Una vez terminado el proceso de cocido, la misma figura nos muestra que a partir del intervalo de subida TS, da inicio el proceso de extracción del vaso térmico, donde se sigue suministrando vapor a los vasos, en este lapso de tiempo las señales de swexp1 y swexp2, son interpretadas por el sistema mínimo, se acciona la inyección de aire entre los vasos y los moldes, a través de una perforación estratégicamente colocada en los moldes metálicos, ésta acción provoca que los vasos se desprendan, la señal es detectada por el swexp2 y aplicada en la salida de expulsión 2, la cual extrae totalmente los vasos de unicel.

Las señales de los sensores swexp1 y swexp2, son pulsos de 10 mseg, aproximadamente, pero las salidas expulsión1 y expulsión2 (T5 y T6 respectivamente), pueden ser ajustadas a un valor de tiempo entre 0 y 10 segundos, mediante la programación del sistema mínimo, la ubicación de los sensores swexp1 y swexp2, pueden ser ajustados de tal manera que las señales enviadas al sistema mínimo, en los lapsos de tiempo TB y TS pueden ser defasadas, a través de una ranura a lo largo del soporte metálico, donde pueden correr libremente, como ya se explicó anteriormente.

Si la condición fin de ciclo vuelve a activarse (“1” lógico), el sistema mínimo estará en espera de que las señales de swexp1 y swexp2 se presenten, si por alguna razón estas señales jamás se presentan, la máquina no tendrá paro alguno. Esta situación también nos puede auxiliar, ya que si no hay paro del sistema, esto nos indicará que los sensores pueden estar fallando ó no habrá expulsión del vaso.

4.3.1 Modos de programación del Sistema Mínimo

Para entrar al modo de programación, una de las condiciones primordiales, es que la condición de fin de ciclo este presente (Fig. 4.5e), es decir que se realice un ciclo de trabajo completo ó que no haya iniciado ningún ciclo.

La fig. 4.5e, muestra la ubicación del teclado en el mando de control, la función de éste es de transmitir al módulo de control, los pulsos que se originan al ser presionadas cada una de las teclas, además, el módulo de control emite un sonido audible de corta duración, aproximadamente de 30 milisegundos cada vez que es presionada una tecla. El acceso a los modos de programación solamente puede darse al introducir una clave de cinco dígitos en forma consecutiva y sin cometer error alguno, por lo tanto, la clave deberá ser introducida dígito tras dígito sin posibilidad de que se equivoque el usuario. La clave de acceso puede ser solicitada por el diseñador de la máquina; En este caso se eligió el valor de “21168”, la figura 4.6 indica la secuencia de las cinco teclas que

deberán ser presionadas, una tecla a la vez. El tiempo que transcurra entre presionar un número y otro no deberá ser mayor a cinco segundos por seguridad del sistema, en caso contrario los números introducidos hasta ese momento se perderán de la memoria del sistema mínimo, en caso de presionar un número en forma equivocada, el usuario volverá a iniciar la introducción de la clave en ese mismo momento.

Una vez que se ha introducido la clave correctamente, el usuario dispondrá de un tiempo de 10 segundos para seleccionar solamente uno de los tres modos de programación, los cuales serán descritos en los párrafos siguientes. Si al momento de introducir la clave válida, se escucha un sonido más largo comparado con el emitido al presionar cualquier tecla, esto nos indica que hace falta la condición de fin de ciclo para colocar el sistema mínimo en el modo de programación. por lo tanto el usuario deberá colocar la máquina en fin de ciclo, accionado el interruptor de fin de ciclo.

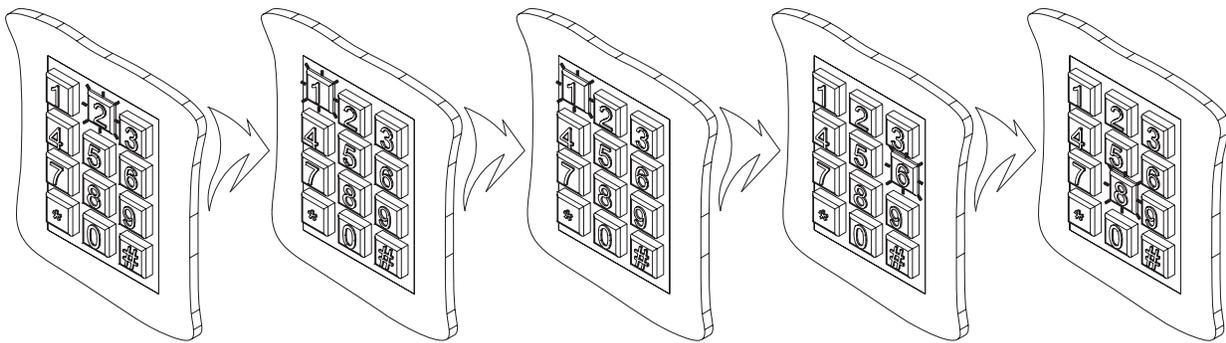


Figura 4.6, Secuencia en teclado para la clave de acceso.

Para entrar a los modos de programación, serán presionadas dos teclas en forma consecutiva, la primer tecla que deberá ser presionada después de haber introducido la clave de acceso correcta es “#” posteriormente se presionará solamente una tecla de las tres siguientes, 1, 2 ó 3, ver las figuras 4.7, 4.8 y 4.9. Si el usuario no presiona ninguna tecla y transcurren los 10 segundos ó se cancela la condición de fin de ciclo, el modo de programación temporal es cancelado automáticamente, guardando las modificaciones que hasta entonces se hayan hecho, siempre y cuando haya existido algún cambio, además se emitirá un sonido largo de aproximadamente un segundo de duración como aviso de que está fuera del modo de programación.

Los siguientes párrafos describen los modos de programación y se indican las teclas que se deberán presionar para entrar al modo deseado.

4.3.1.1 Fijar tiempos de inyección

El modo de programación de tiempos da inicio cuando son presionadas las teclas “#” y “1”, como se muestra en la figura 4.7a, en ese momento aparece en pantalla el intervalo de tiempo T1 y su valor actual en segundos y décimas de segundos, los cuales están almacenados en la memoria EEPROM del sistema mínimo. Para modificar el valor del tiempo ya establecido, basta con presionar dos números consecutivos del “0 al 9”, el primer dígito presionado indica los segundos y el siguiente dígito corresponde a las décimas de segundo, si el usuario solamente presiona un solo dígito en el modo de programación, el módulo lo tomará como valor incorrecto y por lo tanto no se almacenará en la memoria del sistema mínimo, si son introducidos más de dos dígitos, el módulo tomará como válidos solamente los dos primeros y los restantes serán descartados, la figura 4.6c, muestra como ejemplo la programación del intervalo número dos, con un valor de 4.9 segundos.

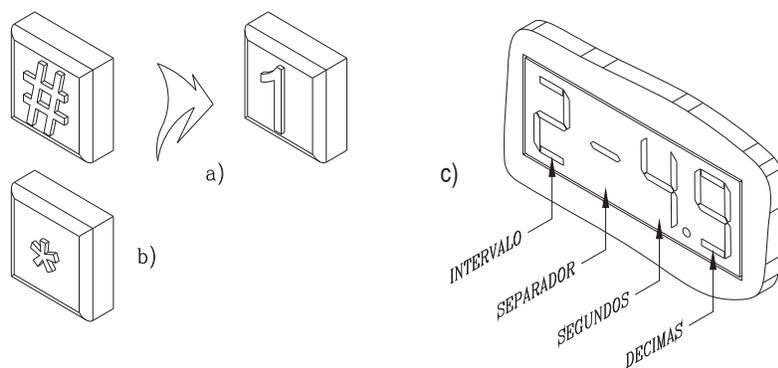


Figura 4.7, a) Secuencia para tiempos de inyección y b) Display indicando intervalo dos.

Para seleccionar otro intervalo, basta con presionar la tecla “*”, el dígito del intervalo con valor de uno, se incrementará a dos, representando el intervalo número dos con su respectivo valor de tiempo del intervalo y se modificará el valor del tiempo de la misma manera como ya se mencionó anteriormente.

Si en el display aparece el intervalo número seis, indica que ha llegado al final de los intervalos, presionando nuevamente la tecla “*”, automáticamente el intervalo que se visualizará en pantalla será el intervalo número uno.

La duración de los intervalos de expulsión1 y expulsión2 son calibrados en los intervalos número cinco y seis respectivamente.

4.3.1.2 Prueba Manual de válvulas

La secuencia de acceso a esta función es mediante las tecla “#” y “2”, como se muestra en la figura 4.8a. Con esta función, se prueba el buen funcionamiento de las electroválvulas, además se puede verificar si en alguna de ellas, su bobina se encuentra dañada. La conmutación de activar o desactivar y viceversa, se hace de manera digital en forma independiente a través del teclado, las teclas que son utilizadas para la activación y desactivación son del número uno al número siete en el orden correspondiente de las teclas, la forma de activar las electroválvulas es tal y como se muestra en la figura 4.8b.

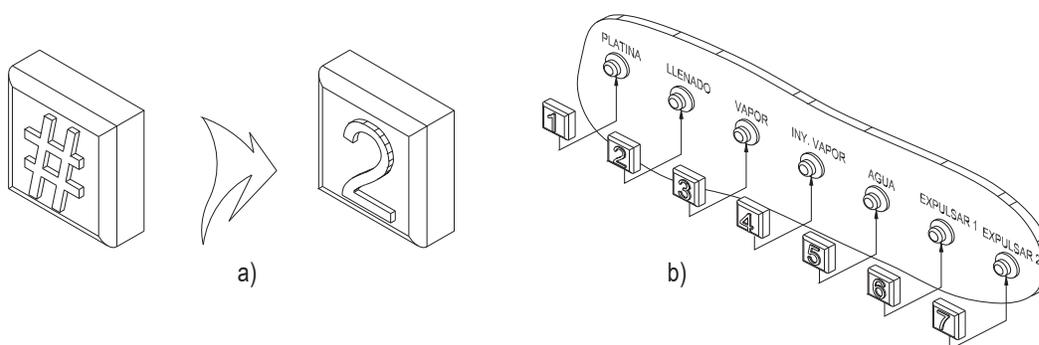


Figura 4.8, a) Secuencia para modo prueba de Válvulas y b) Tecla Asignada a cada electroválvula.

En este modo de prueba, las condiciones iniciales de las lámparas piloto y a su vez de las electroválvulas, son desactivadas, por lo tanto, si se desea activar alguna de ellas, basta con presionar la tecla correspondiente y de igual manera para desactivarla. Si alguna de las lámparas piloto quedara activada y no se ha presionado ninguna tecla en el transcurso de diez segundos ó en su defecto si se retira la condición de fin de ciclo, se desactivaran las lámparas que hayan estado encendidas, ver recomendaciones en la sección 4.5.

4.3.1.3 Cambiar visualización de Tiempos en Pantalla

Como ejemplo tomemos la figura 4.9, donde el display muestra la ubicación de los segundos y décimas de segundo del intervalo cuando la máquina se encuentre en el proceso de inyección, en este modo de programación la visualización de los tiempos en pantalla puede cambiarse, es decir, el tiempo de duración del intervalo puede visualizarse en forma constante o de forma variable, en el primero el tiempo total de duración del intervalo es mostrado estáticamente y en la segunda forma de visualización el tiempo en transcurso del intervalo es mostrado en incrementos de décimas de

segundo. Este modo de programación nos es útil solamente para ver el funcionamiento del display ó en caso de que se quiera saber la duración de los intervalos del proceso del uno al cuatro, cuando la máquina está en el modo inyección. Para acceder este modo de programación, la secuencia de teclas son mostradas en la figura 4.9, inmediatamente el módulo de control emitirá un sonido largo de aproximadamente un segundo de duración, en aviso de que está fuera del modo de programación, además de hacer el cambio de visualización.

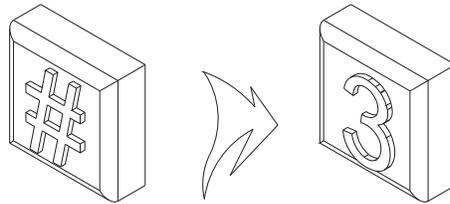


Figura 4.9, Secuencia para modo de visualización del display.

4.4 Modo de reposo

Si el sistema mínimo se encuentra en el proceso de inyección y además hay un paro de fin de ciclo ó terminar ciclo, como se indica con la posición de ambos interruptores en la figura 4.9, el sistema se encuentra en reposo, es decir el proceso de inyección se encuentra en la condición de espera y/o programación de funciones. Una línea en movimiento aparecerá en el display del módulo de control, simulando un rectángulo, como se muestra también en la figura 4.10, otra manera de entrar al modo en reposo es por medio del interruptor de encendido y apagado, si éste es activado

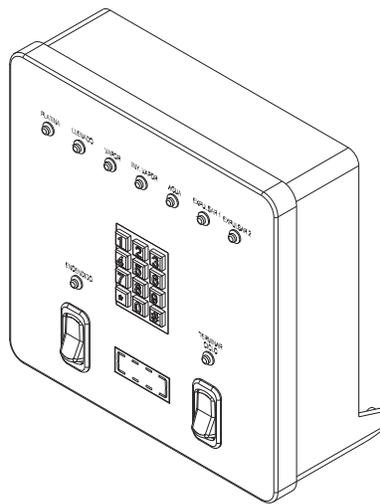


Figura 4.10, Sistema mínimo en modo de reposo.

cuando el interruptor de terminar ciclo esta activado, en este caso, el sistema no entrará al proceso de inyección.

4.5 Detección de fusibles Dañados

La figura 4.11 muestra el estado del display cuando se detecta una falla en la alimentación que suministran los fusibles a sus correspondientes electroválvulas, los dos primeros dígitos indican la función de fusibles dañados y el cuarto dígito indica el número del fusible dañado. El sistema mínimo, automáticamente desactiva sus entradas y las salidas hacia las válvulas bloqueando en su totalidad el proceso de inyección cuando es detectado uno o más fusibles dañados, sin importar el modo en el que se encuentre el proceso de inyección. En el display del módulo de control se indica el número del fusible dañado. Cuando se dañen dos o más fusibles, el display mostrará el número mayor del fusible dañado, al ser reemplazado, el display mostrará el siguiente número inferior del fusible a reemplazar. El proceso de inyección permanecerá bloqueado hasta que sean reemplazados los fusibles que hayan sido dañados, ver recomendaciones en la sección 4.6.

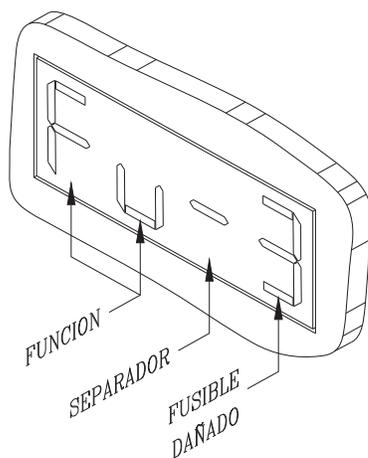


Figura 4.11, Display en modo de fusibles dañados.

4.6 Recomendaciones

Por precaución, para realizar el mantenimiento del cambio de fusibles indicado en el ítem 4.5, se recomienda colocar la máquina en fin de ciclo, mientras se cambia el fusible dañado, para evitar que la máquina entre al modo automático de operación al reemplazar el fusible, esto es porque la platina será activada inmediatamente. De igual manera, cuando se realice la prueba en el ítem

4.3.1.2, Prueba Manual de válvulas, el usuario deberá tener cuidado cuando active la electroválvula de platina, debido al movimiento descendente que realiza la platina móvil.

Si el número del fusible dañado es el número siete y al remplazar éste, persiste la falla del fusible presentando el mismo número, es posible que la falla sea en la alimentación general al módulo de potencia.

Descripción del Software desarrollado

Capítulo 5

5.1 Introducción

En el transcurso de éste capítulo, se presenta la manera en que se realizó el software para el sistema mínimo, la elección del microcontrolador y las rutinas desarrolladas.

5.2 Diseño del Software para el Sistema Mínimo

El diseño de este programa, fue previamente analizado y desarrollado de acuerdo a las necesidades propuestas por un diseñador de máquinas de inyección de vasos térmicos. Durante el desarrollo del sistema los pasos a seguir fueron analizados, desde el más pequeño detalle hasta el más complejo.

También fue considerado en que tipo de microcontrolador realizar el programa, el más viable para las necesidades que se tenían, fue un microcontrolador de la familia MC6811 de Motorola, ya que este tiene las características básicas como son: el tamaño de memoria para el almacenamiento del programa, memoria para la manipulación de cálculos, memoria permanente de lectura y escritura para almacenar las variables de control, temporizador, entradas y salidas suficientes para el sistema, entre otras. En ésta familia se encontraron varios tipos de controladores que cubrían las necesidades requeridas para el control del sistema de inyección los cuales son: MC68HC11A1P, MC68HC811E2P y MC68HC711E9FN; para trabajar con el primero, sería necesario trabajar en forma de microprocesador, ya que la memoria interna no era lo suficientemente grande para almacenar nuestro programa, esto nos lleva a utilizar periféricos externos, como lo es la memoria, el segundo controlador tenía ciertas limitaciones como la capacidad en memoria para el almacenamiento del programa, así como entradas y salidas, por lo tanto los dos primeros controladores fueron descartados para la aplicación requerida; el tercer controlador cumple satisfactoriamente con los requerimientos necesarios para el proceso de inyección, esto es, memoria RAM con la suficiente para almacenar el programa del proceso de inyección, Memoria EEPROM, puertos de entrada/salida, temporizadores, etcétera y lo más importante es que todas nuestras necesidades las tenemos en un solo integrado. Una vez seleccionado el microcontrolador, el trabajo efectuado estuvo basado en el microcontrolador MC68HC711E9FN, el cual posee las características necesarias para el trabajo que

se está proponiendo, las características principales de este microcontrolador son mostradas en el apéndice A.

5.2.1 Diagrama de flujo general

La figura 5.1, nos indica las principales rutinas que el programa deberá ejecutar para el proceso de inyección de vasos de unigel.

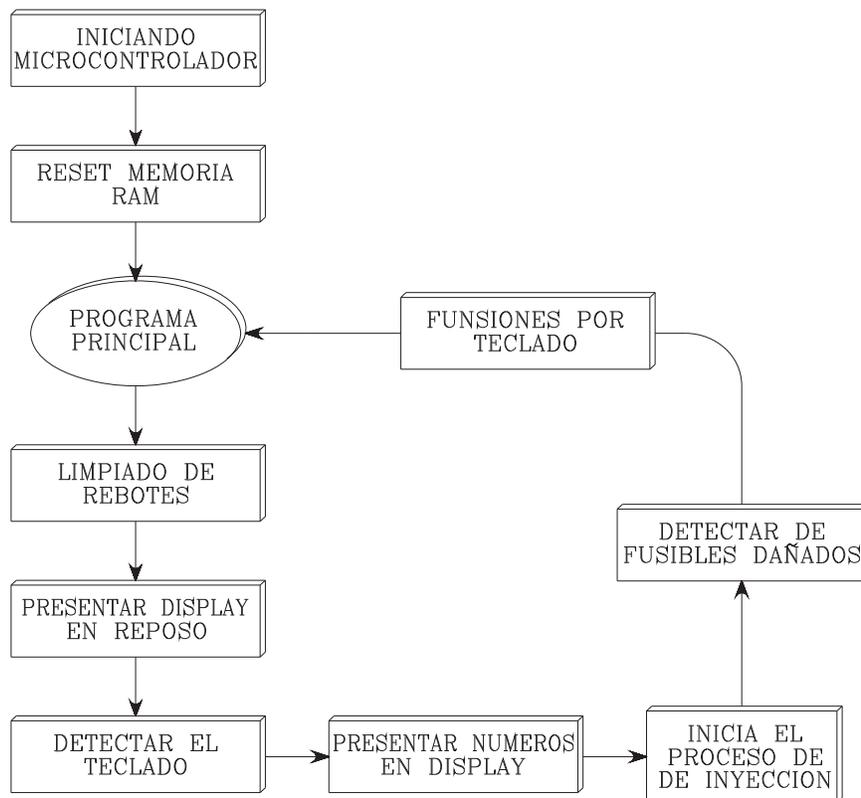


Figura 5.1, Secuencia de ejecución del programa de inyección.

5.2.2 Descripción de las rutinas del programa

El apéndice A.3, muestra el software con el cual fue programado el microcontrolador del sistema mínimo y en los párrafos siguientes se describirán brevemente algunas de las principales rutinas del programa del proceso de inyección.

5.2.2.1 Programa principal

El programa principal es la unión de pequeños programas llamados rutinas, todas ellas en conjunto realizan el proceso de inyección, la figura 5.1 muestra las principales rutinas principales que intervienen en el proceso, las cuales serán descritas brevemente en los párrafos siguientes.

5.2.2.2 Limpiado de memoria RAM

Durante el inicio de la ejecución del programa, la información contenida en la memoria RAM considerada como memoria de lectura y escritura, es de un valor incierto, por lo que se introduce un valor inicial de "0" lógico en parte de la totalidad de la memoria RAM, mediante una pequeña rutina de programación, al inicio del programa. De esta manera nos aseguramos que los valores almacenados en memoria RAM son ya de un valor conocido.

5.2.2.3 Limpiado de rebotes

Cualquier sensor mecánico, produce señales erróneas, debido a los rebotes que se producen al accionar su mecanismo. Estas señales pueden ser filtradas de dos maneras, la primera es utilizar arreglos RC ó RL, la segunda manera y más económica es utilizar parte de la memoria disponible en el microprocesador e incluir una subrutina en el programa principal. La figura 5.1 muestra la ubicación de la rutina de limpiado de rebotes dentro del programa principal.

5.2.2.4 Mostrar display en reposo

Esta rutina es parte del programa principal y se encarga de presentar el efecto de una línea en movimiento en el display, bajo las condiciones descritas en el párrafo 4.4, la figura 5.2 muestra el

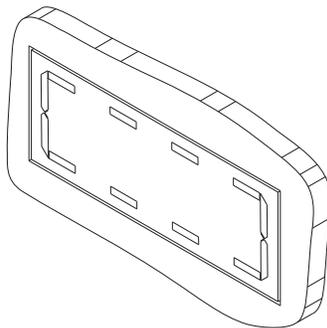


Figura 5.2, Display en reposo.

recuadro formado en el display por la línea en movimiento.

5.2.2.5 Detección del teclado

El teclado es un arreglo matricial de interruptores ergonómicos, de tal manera que la rutina que detecta cuando una tecla es presionada, es a través de un sistema de multiplexado de datos. La figura 5.3a muestra las señales de entrada y salida entre el teclado y el microcontrolador, donde tres de ellas son las columnas (col1-col3) y cuatro son renglones (A3-A6), la figura 5.3c es parte del circuito de detección de falla en los fusibles, pero sus salidas Q0-Q2 son comunes con las salidas del teclado (col1-col3) respectivamente, tal y como se muestra en la figura 5.3b, por lo tanto, en el proceso de inyección, una falla en los fusibles es una condición prioritaria en la ejecución del programa, lo que nos lleva a bloquear la rutina de detección del teclado cuando exista una falla en los fusibles.

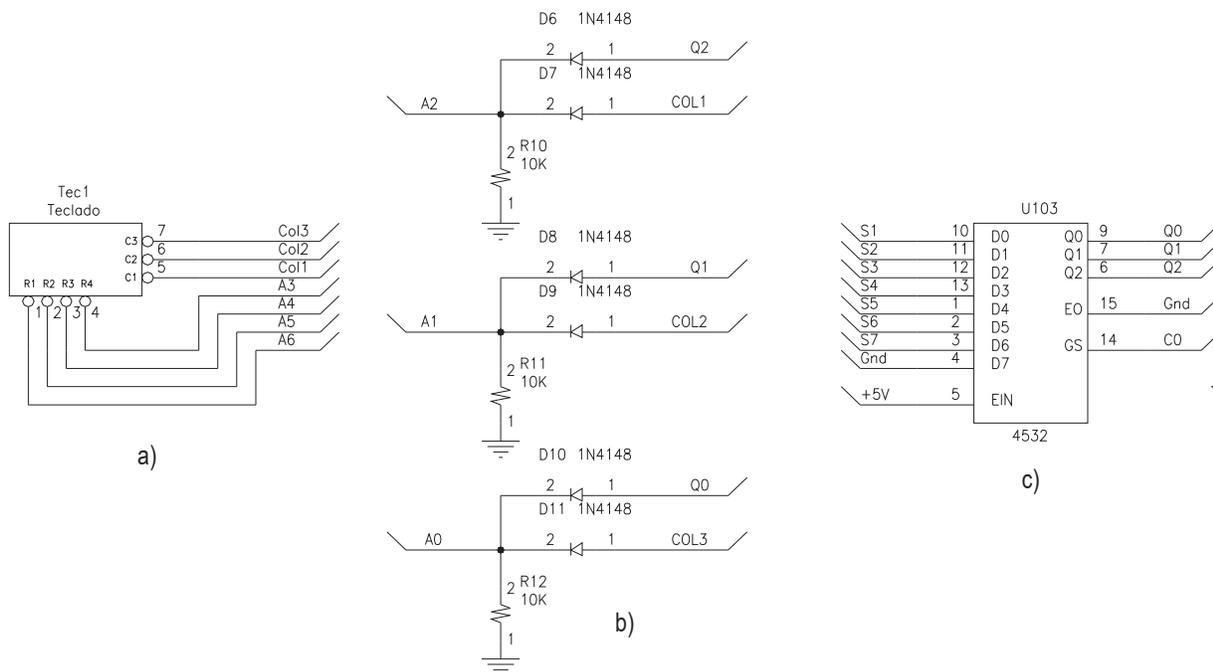


Figura 5.3, Circuitos lógicos para la detección del teclado.

5.2.2.6 Mostrar dígitos en el display

Esta rutina se encarga de presentar en la pantalla del display los dígitos del 0 al 9, tal y como se describe en los párrafos 4.3.1.1 y 4.3.1.3, así mismo las letras “F”, “u” y el símbolo del guión “-”, cuando existe una falla en los fusibles, tal y como se describe en el párrafo 4.5.

5.2.2.7 Proceso de inyección

Es la rutina principal del programa, en la que se realiza el proceso de inyección del vaso térmico, en el párrafo 2.3 se describe a detalle este proceso y la figura 5.4 es a grandes rasgos el diagrama de flujo de esta rutina.

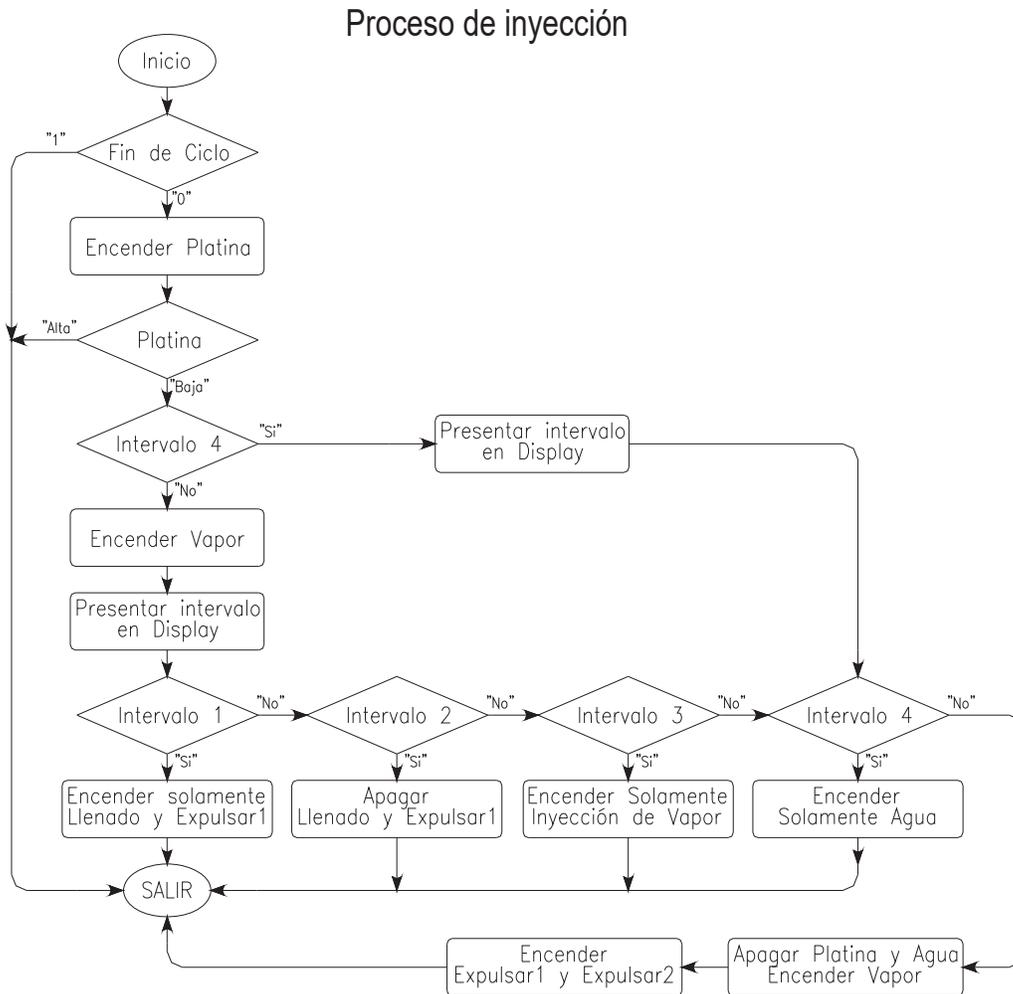


Figura 5.4, Diagrama de flujo en el Proceso de Inyección.

5.2.2.8 Daño en fusibles

La función de esta rutina es bloquear el sistema cuando se presenta una falla en alguno o varios fusibles, permaneciendo en ese estado hasta corregir la falla. En la sección 3.5.5 se analiza el

circuito electrónico utilizado para detectar la falla en los fusibles, mientras que en la sección 4.5 se describe el procedimiento para remplazar el ó los fusibles dañados, ver también el párrafo 5.2.2.5, donde el teclado comparte sus señales con esta función .

5.2.2.9 Funciones por teclado

Como se mencionó anteriormente, el teclado es la interfase principal de comunicación entre el sistema mínimo y el usuario; con el teclado y la memoria del microcontrolador se pueden realizar un sin número de funciones quedando como única limitante el tamaño de la memoria, en el sistema mínimo de la máquina de inyección, se tienen algunas funciones, por ejemplo:

- Programar variables de control del sistema mínimo.
- Utilizar las teclas como interruptores para accionar manualmente las electroválvulas.
- Introducir secuencias de acceso a menús y submenús del programa.

En el capítulo 4 se describieron a detalle cada una de las funciones realizadas con el teclado.

Pruebas y Resultados

Capítulo 6

6.1 Introducción

Las diferentes pruebas que se realizan en los productos, son para asegurarse de que tengan alta confiabilidad, con un bajo índice de falla, representando uno de los factores más importantes, para el buen desarrollo de cualquier proceso.

A los productos terminados se les exige funcionalmente una calidad bastante elevada, esto implica realizar una serie de pruebas que nos determinen las condiciones de operación en los productos, sin que el productor corra riesgo alguno en la adquisición de los productos. Así pues, una máquina debe de ser lo bastante confiable para operar de manera confiable, efectuando ciclos de trabajo constantes y confiables.

Durante una jornada normal de trabajo, el personal que opera maquinaria con cierto grado de peligrosidad suele realizar su operaciones bajo un estricto control de seguridad, si las jornadas laborales son prolongadas más allá de la capacidad física de la persona, la eficiencia en su trabajo se ve afectada, cometiendo errores continuamente durante el proceso que realiza, por lo tanto la automatización de los procesos industriales es la solución a estos problemas, se reduce el número de accidentes y se mejora la producción. Los buenos resultados en los procesos dependen de la confiabilidad de cada uno de los instrumentos de control, lo cual implica un estricto control de calidad en la fabricación de la maquinaria, por lo tanto será necesario seleccionar algunos tipos de pruebas, que serán aplicables al Sistema mínimo y comprobar su veracidad en el proceso de inyección de vasos.

6.2 Pruebas recomendadas

Las pruebas de validación descritas a continuación, han sido tomadas como referencia del manual de pruebas GP10, proporcionado por General Motor Company, El objetivo principal de estas pruebas, es el verificar la veracidad y funcionalidad del sistema mínimo, así como identificar las limitaciones de diseño, con el fin de asegurar un margen de seguridad significativo, así como reportar los resultados obtenidos durante las pruebas de validación.

Estas pruebas deberán ser, sin lugar a dudas, las más importantes de todas las pruebas efectuadas a módulos electrónicos, las cuales serán efectuadas básicamente en un laboratorio de pruebas. Debe de entenderse que estas pruebas se efectúan en base a un programa de actividades donde se especifican las necesidades y condiciones requeridas por el cliente.

En forma general, se analizarán las pruebas de validación más importantes que serán aplicadas al sistema mínimo, entre las cuales se pueden mencionar las pruebas físicas, pero principalmente las pruebas eléctricas.

Durante el transcurso de las pruebas de validación, las condiciones físicas y eléctricas serán tomadas de especificaciones y planos del cliente, así como algunas otras pruebas que sean solicitadas por el mismo. En caso de que se tenga que hacer algún cambio en las condiciones de medición u operación será en común acuerdo con el cliente.

Para efectuar las pruebas de validación al sistema, el laboratorio deberá contar con el equipo necesario de prueba y medición que a continuación se menciona:

- *Cámara de temperatura:* Este equipo de pruebas debe de permitir el libre acceso con el exterior para conectar circuitos lógicos de prueba a través de un arnés conectado con el sistema mínimo ubicado en el interior de la cámara de la temperatura. La cámara de temperatura deberá de ser capaz de proporcionar temperaturas en un rango de -50°C hasta 200°C , así como la variación de 0% al 80% de humedad relativa en su interior.
- *Fuente de poder:* Debe de tener la capacidad de proporcionar un voltaje regulado de 250 volts de corriente alterna y una corriente de 10.0 amperes.
- *Osciloscopio:* Deberá operar con un ancho de banda mínima de 20 MHz.
- *Generador de transientes eléctricos:* este equipo de pruebas deberá simular cualquier tipo de transiente eléctrico es decir cualquier forma de onda de una perturbación eléctrica generada por un automóvil en condiciones críticas, por ejemplo: arranque de motor, frenado brusco, cambios repentinos en cargas eléctricas (cambios de luces, apagar y encender luces, calefacción, etc).

6.2.1 Prueba Funcional

La prueba de verificación funcional de los parámetros de desempeño y operación especificados para el funcionamiento del *Sistema Mínimo* están orientados a realizarse en condiciones normales de operación las cuales son: 120 volts de corriente alterna, una temperatura ambiente 25°C, un 38% de humedad relativa y un circuito básico de aplicación, como el mostrado en el apéndice A.2.1, el cual es conectado con las cargas típicas del sistema mínimo. Esta prueba debe de realizarse, al principio de cada prueba y al finalizar la misma, con el fin de confirmar la correcta operación del sistema mínimo. Las lecturas obtenidas deberán cumplir con las condiciones y requerimientos del cliente por lo que deberá aprobar sin ningún problema la prueba funcional de lo contrario la pieza será defectuosa.

El formato utilizado para reportar lo sucedido en la prueba será la hoja donde se asienten los resultados generados durante la prueba, el formato nos permite rastrear fácilmente el comportamiento de una muestra determinada, por lo tanto deberá llevarse un control adecuado de almacenamiento de la información, la información generada es almacenada en archivos a los cuales se les asigna una clave de identificación de acuerdo al tipo de prueba realizada, número de semana, año corriente y consecutivo de la prueba, tomemos como ejemplo el número de reporte **B3406124** mostrado en la figura 6.1 y analicemos los dígitos de esta clave, veamos la tabla 6.1

Dígitos	Descripción	Ejemplo
B	Variación por temperatura	Prueba de vida
34	Número de semana en la que se efectuó la prueba	Semana número 34
06	Año en el que se efectuó la prueba	Año 2006
124	Numeración consecutiva correspondiente a la prueba	Consecutivo de la prueba 124

Tabla 6.1, Nomenclatura para formatos de reportes de prueba.

La tabla 6.2 muestra las variables correspondientes al primer dígito del código que se asignan a las diferentes pruebas que se pueden realizar al sistema mínimo.

Variable	Descripción	Tipo de prueba
A	Prueba de funcionamiento	Funcionamiento
B	Variación por temperatura	Física
C	Humedad	
D	Polvo	
E	Vibración	
F	Choque mecánico	
G	Abuso de terminales	
H	Transitorios en las entradas	
J	Sobrecarga en corriente Alterna	
K	Sobrecarga en corriente continua	
L	Aislamiento eléctrico y magnético	

Tabla 6.2, Asignación de clave para las pruebas

En los párrafos 6.3 y 6.4 se describen detalladamente las pruebas físicas y las pruebas eléctricas aplicadas al sistema mínimo para evaluar la correcta funcionalidad en el proceso de inyección.

6.3 Pruebas Físicas

6.3.1 Variación por temperatura

La prueba de variación por temperatura se realiza de la siguiente manera:

- Se selecciona un sistema mínimo de la muestra total obtenida.
- Programar la cámara de temperatura con el rango de trabajo deseado, seleccionando una temperatura extrema inferior de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Establecer la duración del ciclo de inyección en 15 seg.
- El sistema mínimo es colocado en el interior de la cámara.
- Colocar un arnés de interfase entre el sistema mínimo colocado en el interior de la cámara y un circuito simulador del proceso de inyección de vasos de unice.
- El sistema mínimo deberá permanecer funcionando normalmente bajo estas condiciones durante un período de 24 horas.
- Anotar el número de ciclos realizados.
- Repetir el procedimiento para una temperatura superior extrema de $70\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Aplicar la prueba funcional al sistema mínimo una vez finalizados ámbos ciclos de prueba.
- Los resultados de la prueba se asentarán en sus respectivos formatos de pruebas de validación.

Existe una variación en el ciclo de trabajo del proceso de inyección la cual depende de la temperatura de trabajo, esta variación la obtenemos del número de ciclos realizados con una temperatura de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ver reporte B3406124, figura 6.1).

6.3.2 Humedad

- En esta prueba será utilizada también la cámara de temperatura como equipo de pruebas debido a que la humedad relativa y temperatura puedan ser controladas.
- El sistema mínimo a probar es una muestra seleccionada al azar de un total.
- Establecer la duración del ciclo de inyección en 15 seg.
- La cámara de temperatura deberá ser programada con un ciclo de trabajo como el mostrado en la figura 6.2, con variaciones en la humedad relativa de 0 a 50 % y una temperatura interior de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

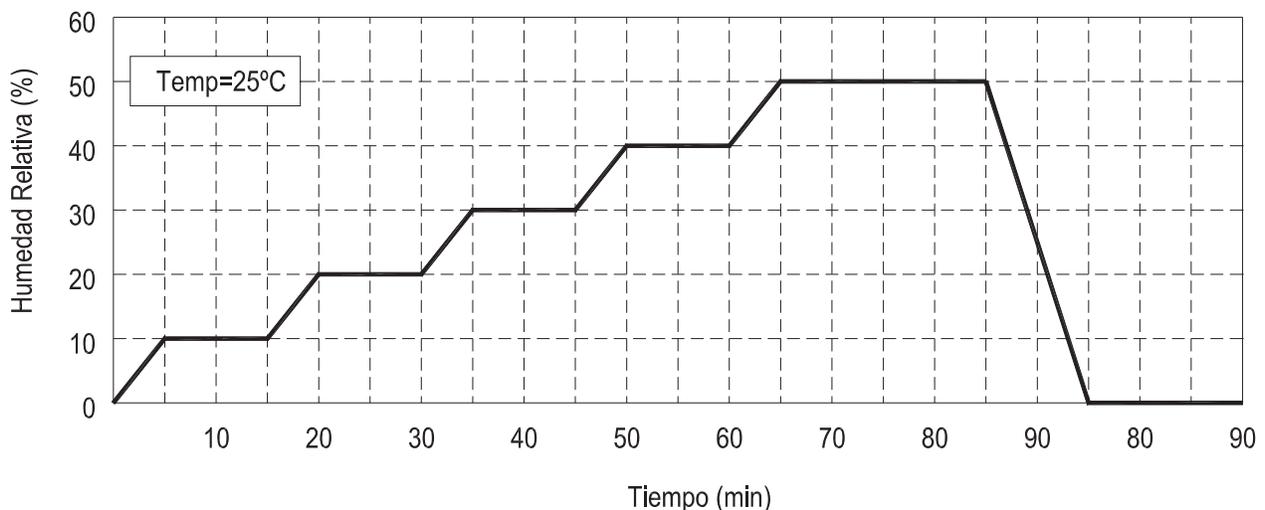


Figura 6.2, Ciclo de trabajo durante la prueba de humedad.

- El sistema mínimo a probar es introducido dentro de la cámara de humedad
- Colocar un arnés de interfase entre el sistema mínimo colocado en el interior de la cámara y un circuito simulador del proceso de inyección de vasos de unícel.
- El sistema mínimo deberá permanecer funcionando normalmente bajo estas condiciones durante cinco ciclos continuos como el mostrado en la figura 6.2.
- Aplicar la prueba funcional al sistema mínimo una vez finalizada la prueba.
- Los resultados de la prueba se asentarán en sus respectivos formatos de pruebas de validación.

6.3.3 Polvo

- Para esta prueba se deberá contar un equipo de prueba denominado cámara de polvo.
- El contenido de la cámara de polvo será de 18 kg/m³ de polvo.
- El sistema mínimo a probar es una muestra seleccionada al azar de un total.
- Establecer la duración del ciclo de inyección en 15 seg.
- El sistema mínimo a probar es introducido en la cámara de polvo.
- Colocar un arnés de interfase entre el sistema mínimo colocado en el interior de la cámara y un circuito simulador del proceso de inyección de vasos de unicel.
- El polvo es agitado durante 5 segundos en periodos de tiempo de 20 segundos, repitiéndose el ciclo durante 8 horas.
- Terminado el ciclo de prueba, las piezas son regresadas a condiciones ambientales y se procede a retirar el polvo adherido, esta operación debe de hacerse con un cepillo de cerdas suaves, teniendo el cuidado de no dañar sistema mínimo.
- Aplicar la prueba funcional a los módulos electrónicos una vez finalizada la prueba.
- Los resultados de la prueba se asentarán en sus respectivos formatos de pruebas de validación.

6.3.4 Vibración

- Para esta prueba se requiere de un equipo especial, el cual consiste en someter a altas frecuencias al sistema mínimo con movimientos constantes en dirección de los ejes X, Y y Z. Debido a la complejidad del equipo, la prueba es realizada en laboratorios especializados por lo tanto la muestra solamente se envió para su análisis de prueba de vibración.
- Una vez que se haya efectuado la prueba, la muestra es revisada minuciosamente, buscando posibles fracturas en soldaduras, terminales, componentes, etcétera.
- Aplicar la prueba funcional al sistema mínimo una vez realizada la revisión.
- Los resultados de la prueba se asentarán en sus respectivos formatos de pruebas de validación.

6.3.5 Choque mecánico

- El sistema mínimo a probar es una muestra seleccionada al azar de un total.
- En esta prueba el sistema mínimo se somete a una fuerza externa e instantánea de 10 milisegundos de duración (imactar la pieza contra algo sólido), con una magnitud igual 10g (diez veces la gravedad), dicha fuerza es aplicada en dos planos.
- Una vez que se haya efectuado la prueba el sistema mínimo será revisada minuciosamente, buscando posibles fracturas en el circuito impreso, soldaduras, terminales, componentes, etcétera.

- Aplicar la prueba funcional al sistema mínimo una vez finalizada la prueba.
- Se debe considerar esta prueba a los tres ejes del sistema mínimo.
- Los resultados de la prueba se asentarán en sus respectivos formatos de pruebas de validación.

6.3.6 Abuso de terminales

- El sistema mínimo a probar es una muestra seleccionada al azar de un total.
- Básicamente esta prueba es aplicada al sistema mínimo en la zona de conectores eléctricos utilizados como interfase con otros módulos electrónicos y/o con las señales de entrada y salida. La prueba de abuso de terminales consiste en aplicar una fuerza axial de 89 nw-m en uno y otro sentido de los conectores, puede hacerse de varias maneras, metiendo y sacando los conectores o realizando movimientos de un lado hacia el otro lado. Como consecuencia de esta prueba las terminales no deben desprenderse del sistema mínimo.
- Aplicar la prueba funcional al sistema mínimo una vez finalizada la prueba.
- Se debe considerar esta prueba a los tres ejes del sistema mínimo.
- Los resultados de la prueba se asentarán en sus respectivos formatos de pruebas de validación.

6.4 Pruebas Eléctricas

El personal responsable de realizar este tipo de pruebas debe estar capacitado para la operación del equipo que se utiliza dentro del laboratorio de pruebas, debido a los valores elevados de voltaje y altas corrientes a las que son sometidos los módulos electrónicos durante su evaluación. Al término de las diferentes pruebas eléctricas descritas a continuación, se deberá aplicar la prueba funcional al sistema mínimo.

6.4.1 Pulsos transitorios en puertos de entrada

- El sistema mínimo a probar es una muestra seleccionada al azar de un total.
- Necesariamente para las pruebas relacionadas con pulsos transitorios, se efectuarán con una alimentación de 120 vac a 60 hz y valores establecidos de temperatura entre los cuales tenemos, 85°C , 25°C y -40°C. El sistema mínimo deberá permanecer ambientado una hora dentro de la cámara de temperatura, con el fin de que se alcance la temperatura interna deseada.
- Una vez transcurrido el tiempo especificado, se retira el sistema mínimo de la cámara de temperatura.

-
- Aplicar una serie de pulsos transitorios en las entradas de alimentación y señales de 120 vac del sistema mínimo.
 - Los transitorios consisten en pulsos de voltaje de 200 vca con una duración de 500 milisegundos y serán aplicados 5 veces en condiciones de encendido con un periodo de 10 segundos entre un pulso y el siguiente (si no se especifica otra cosa).
 - Aplicar la prueba funcional al sistema mínimo una vez finalizada la prueba.
 - Los resultados de la prueba se asentarán en sus respectivos formatos de pruebas de validación.

6.4.2 Sobrecarga en corriente alterna

- El sistema mínimo a probar es una muestra seleccionada al azar de un total.
- La prueba de sobrecarga de corriente es aplicada solamente a los puertos ó terminales de salida del sistema mínimo.
- Se deberá ambientar el sistema mínimo a una temperatura de 25°C para desarrollar la prueba.
- En la aplicación de esta prueba se reemplazaran los fusibles del sistema mínimo ubicados en el módulo de potencia el cual es mostrado en la figura 6.3, el valor de los nuevos fusibles será de dos amperes.

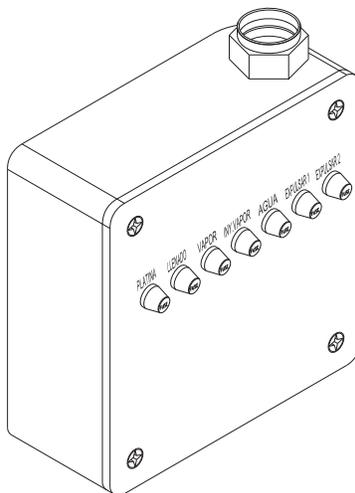


Figura 6.3, Módulo de Potencia

- Aplicar una carga en las terminales de salida de tal manera que la corriente de sobrecarga en las terminales ó puertos de de salida sea de acuerdo al siguiente criterio; si la corriente nominal del puerto de salida es menor o igual a dos amperes, se aplicará una carga dos veces la carga nominal, la gráfica de la figura 6.4 muestra la manera de aplicar la corriente de sobrecarga.

- La prueba deberá ser aplicada durante cinco horas.
- Los fusibles de dos amperes deberán ser reemplazados por los fusibles originales de un ampere.
- Aplicar la prueba funcional al sistema mínimo una vez finalizada la prueba.
- Los resultados de la prueba se asentarán en sus respectivos formatos de pruebas de validación.

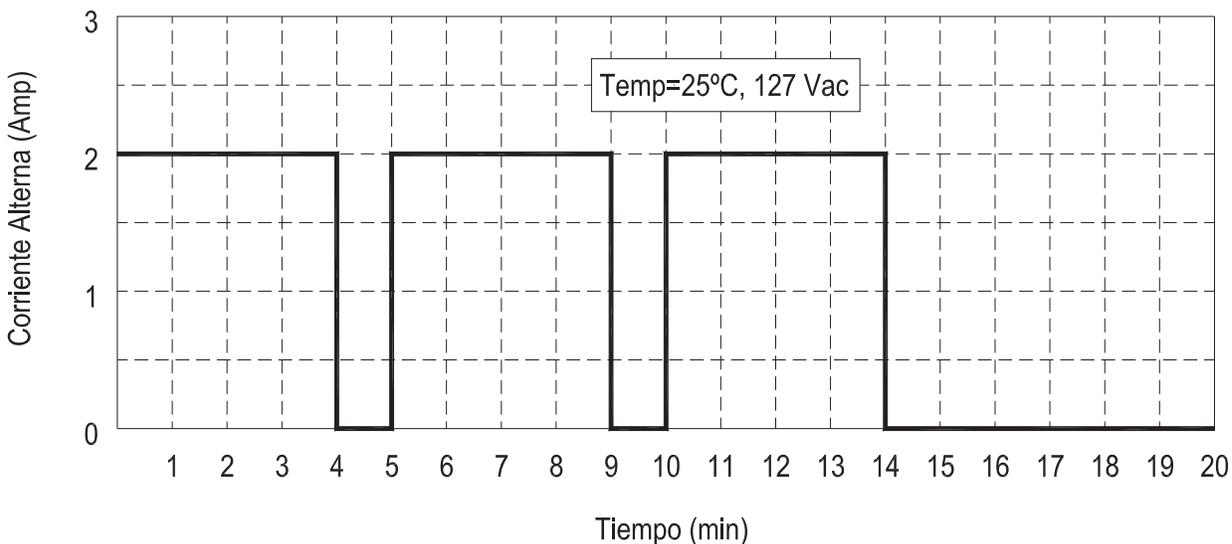


Figura 6.4, Comportamiento de la carga en los puertos de salida.

6.4.3 Sobrecarga en Corriente Continua

- El sistema mínimo a probar es una muestra seleccionada al azar de un total.
- Esta prueba se aplicará únicamente a las terminales o puertos de entrada.
- La prueba básicamente consiste en aplicar dos veces el voltaje especificado a la impedancia de los puertos de entrada, La figura 6.5 muestra la secuencia como deben ser aplicados los pulsos de 24 volts a los puertos o terminales de entrada.

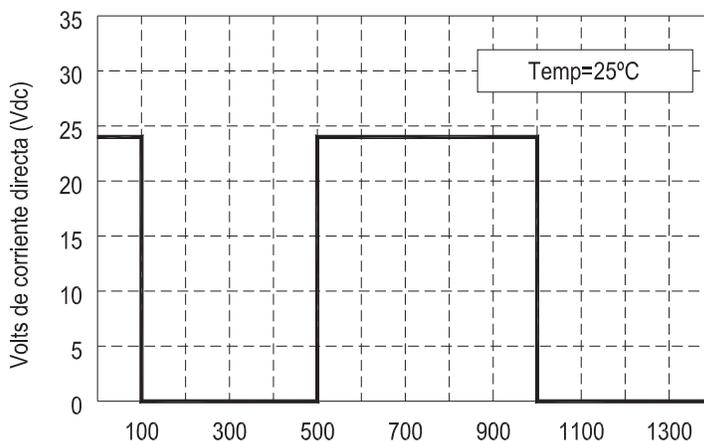


Figura 6.5, Señal de entrada en sobrecarga de corriente continua.

- La prueba deberá ser aplicada durante un período de una hora.
- Aplicar la prueba funcional al sistema mínimo una vez finalizada la prueba.
- Los resultados de la prueba se asentarán en sus respectivos formatos de pruebas de validación.

6.4.4 Aislamiento Eléctrico

- Esta prueba solamente será aplicada de acuerdo a las condiciones atmosféricas de operación del sistema mínimo y además si el cliente así lo requiere.
- Una descarga electrostática puede presentarse por diferentes medios por ejemplo puede ser ocasionada por el operador de la máquina de inyección ó durante la manufactura del embarque, ensamble u operaciones de servicio, en el peor de los casos una descarga atmosférica a través de las líneas de alimentación de corriente eléctrica.
- En la prueba de aislamiento eléctrico, una descarga eléctrica de alto voltaje es aplicada directamente a la carcasa o encapsulado del sistema mínimo, de esta manera se evalúan los daños que se pudieran ocasionar a los componentes electrónicos y por consiguiente al microcontrolador.
- La prueba de aislamiento eléctrico consiste en aplicar una descarga electrostática a través de las terminales de salida. El valor del voltaje aplicado no deberá ser mayor 15,000 volts y se aplicará a través de una resistencia de 1500 watts, la descarga electrostática se aplica directamente al encapsulado, carcasa o chasis del sistema mínimo, efectuándose cinco pulsos de un milisegundo de duración y un período de 10 segundos entre pulso y pulso, la prueba debe de llevarse acabo solamente a una temperatura ambiente de 25°C.

NOTA: Para la aplicación de esta prueba, se requiere de un equipo especial exclusivo para descargas electrostáticas por consiguiente su operación es peligrosa y requiere seguir un procedimiento cuidadoso. En el capítulo 7.2 se describe el procedimiento para la operación y manejo del equipo de pruebas electrostáticas.

Conclusiones

Capítulo 7

7.1 Mejoras a la solución planteada

Un incremento de producción en la industria implica sofisticar los medios de producción, en nuestro caso trataremos la mejora del sistema mínimo utilizado en una máquina de inyección de vasos de unicel. Para mejorar el *sistema mínimo* será necesario aumentar su eficiencia, esto se puede lograr a través de controles confiables que pueden realizar más funciones, con más rapidez, menor costo y mayor versatilidad, tal situación puede lograrse utilizando tecnología de vanguardia como lo son las memorias, circuitos digitales y primordialmente los microcontroladores.

Algunas de las mejoras o funciones que se pueden incluir en el *sistema mínimo* pueden ser las siguientes:

- Una de las mejoras al Sistema Mínimo es proponer que la clave de acceso al sistema sea solicitada por el fabricante de la máquina de acuerdo a sus necesidades y sea almacenada en memoria ROM o memoria EEPROM y poder cambiarla cuando así se requiera.
- Obtener estadísticas de la producción total durante un periodo de tiempo determinado.
- Realizar cálculos aritméticos de la producción para tomar decisiones durante la misma.
- Agregar un sistema de comunicación Maestro-Esclavo, es decir el sistema de producción estará bajo la supervisión de un control maestro a través de un protocolo de comunicación.

Las tres últimas funciones pueden quedar incluidas en una misma de tal manera que se cuente con una interfase entre una microcomputadora y todo el sistema para la adquisición de datos de todo el sistema, teniendo con esto un mayor control en el proceso.

7.2 Procedimiento para utilizar el equipo de descargas electrostáticas

Este equipo pertenece al laboratorio de pruebas de Mac Electrónica. Como su nombre lo dice, este equipo es especialmente diseñado para aplicar descargas electrostáticas a módulos electrónicos. Entiéndase por descarga electrostática una descarga instantánea de un alto voltaje del orden de los kilovolts.

Como equipo auxiliar utilizaremos una herramienta adicional para la medición del voltaje que se aplicará al sistema mínimo, esta es una punta reductora de voltaje, la cual nos reduce hasta 1000 veces el valor el voltaje aplicado y la lectura de esta se hace leyendo directamente en la carátula del multímetro y multiplicando el valor por 1000.

La prueba de descargas electrostáticas, es una prueba demasiado peligrosa y muy delicada, debido a esto daremos una explicación más detallada sobre esta prueba. Se recomienda a las personas encargadas de realizar esta prueba, seguir al pie de la letra las instrucciones mencionadas a continuación:

- Consultar especificaciones y requerimientos del módulo de control electrónico, en nuestro caso el Sistema Mínimo.
- Seleccionar la escala de voltaje en la barra bus al cual va a ser aplicada la descarga electrostática a los módulos electrónicos.
- Una vez seleccionada la escala, verifique que el interruptor de encendido indique la posición hacia arriba debido a que en esta posición se coloca en corto circuito el flay back con el banco de capacitores.
- Una vez realizados los pasos anteriores, proceda a la colocación del multímetro, en la escala correcta Volts de corriente directa, conecte los cables de la punta atenuadora, como se indica a continuación, el cable rojo al positivo del multímetro, un cable negro al común o negativo y el otro cable negro negativo o tierra de la barra selectora.
- Prepare el módulo electrónico al cual se le aplicará la descarga electrostática, tomando en cuenta las especificaciones solicitadas por el cliente, en nuestro caso el fabricante de la maquina de inyección.
- La descarga se hará a través del cable positivo y el cable negativo del equipo de pruebas.
- Encienda el equipo de descargas electrostáticas mediante el interruptor de encendido.
- Se escuchará un pequeño zumbido, indicando que el banco de capacitores comienza a cargarse.
- Con la ayuda de la punta atenuadora mida el voltaje en el borne colocado a un lado del interruptor, el cual está conectado directamente al banco de capacitores, lado de alto voltaje.
- Después de un lapso de tiempo el voltaje aparece en el display del multímetro, siendo este un valor atenuado.

- Una vez efectuada la lectura, se procede a realizar la prueba de descarga electrostática con la punta atenuadora de voltaje, acerque la punta atenuadora a la carcasa del modulo electrónico y baje rápidamente el interruptor.
- En ese momento se escuchará una pequeña detonación en la carcasa del módulo, esto indica que la descarga electrostática fue aplicada.
- Regrese nuevamente el interruptor a la posición de carga de capacitores.
- Por su seguridad no toque directamente el borne junto al interruptor por el alto voltaje que se tiene en este punto.
- Repita la misma operación en cada uno de los módulos seleccionados para realizarles la prueba de descargas electrostáticas.
- Como último paso se aplicará la prueba funcional descrita en el párrafo 6.2.1.

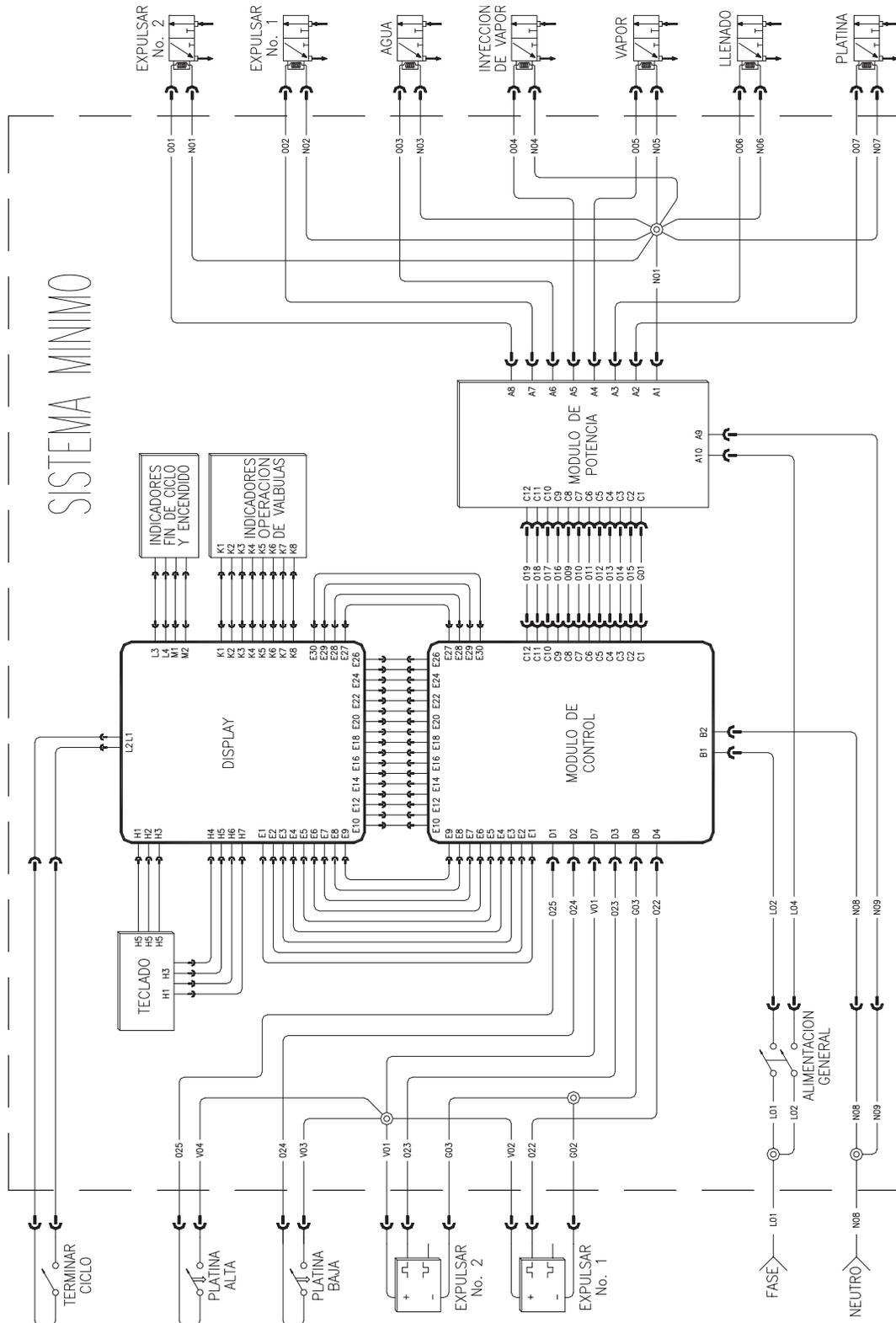
Apéndice

A.1 Características generales del microcontrolador usado

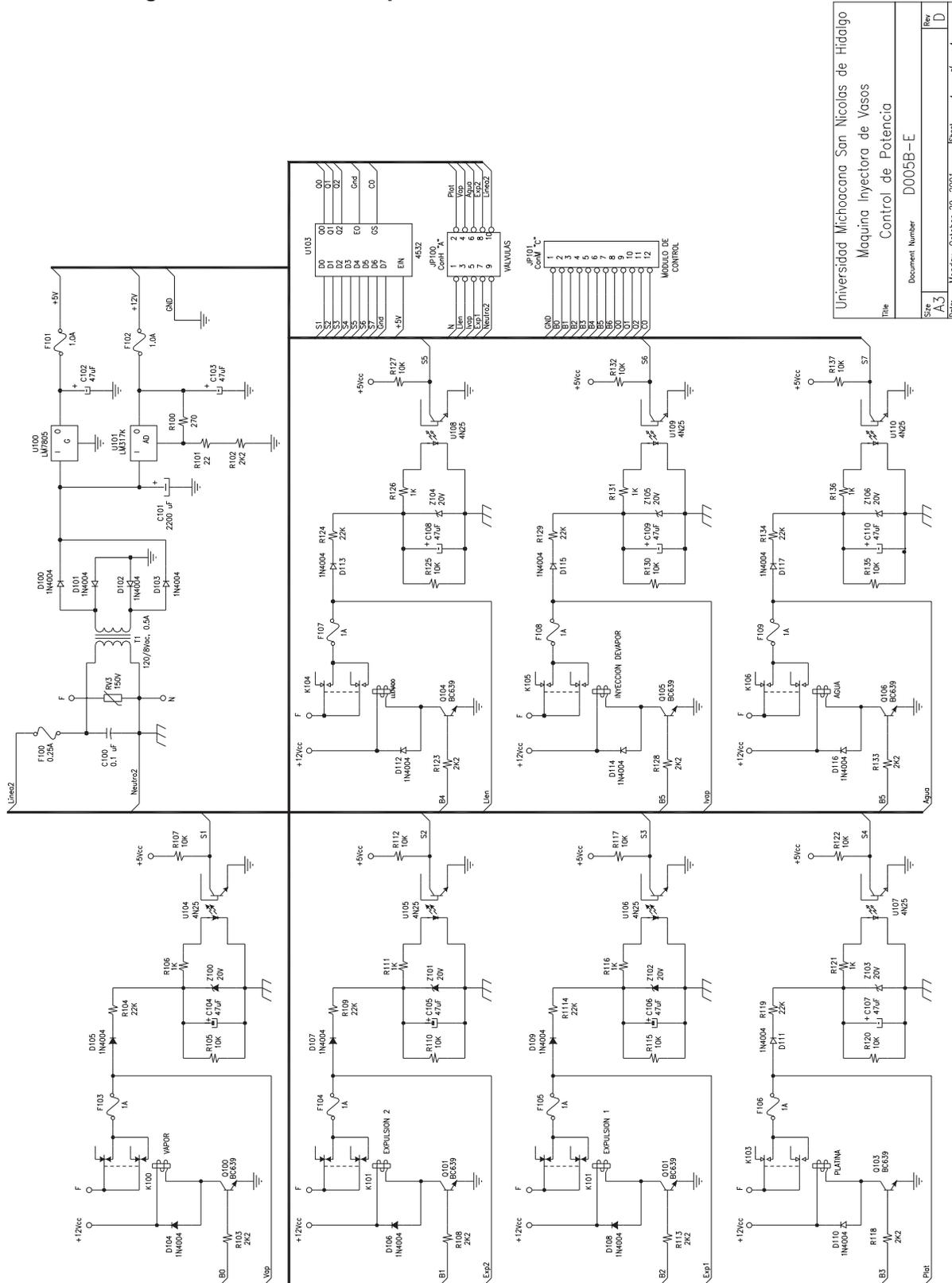
- Microcontrolador de 8 bits
- 512 bytes en memoria RAM, datos retenidos durante el modo Standby
- 12K de memoria EPROM
- 512 byte EEPROM, con bloque de protección de seguridad
- 52 pin en el tipo PLCC
- CPU M68HC11
- Modos de consumo de energía Power & Wait
- Bajo voltaje de operación (3.0-5.5Vdc ó 2.7-5.5Vdc)
- Interfase de comunicación serial (SCI)
- Interfase periférica síncrona serial (SPI)
- 8 canales de 8 bits para conversión analógica a digital (A/D)
- Tiempo de sistema a 16 bits
- 8 bits para acumulación de pulsos
- Circuitos de interrupción en tiempo real
- Sistema de funcionamiento correcto (COP) ó sistema de monitoreo Watchdog
- 38 entradas y/o salidas programables de propósito general

A.2 Diagramas electrónicos

A.2.1 Diagrama general de conexiones del sistema mínimo

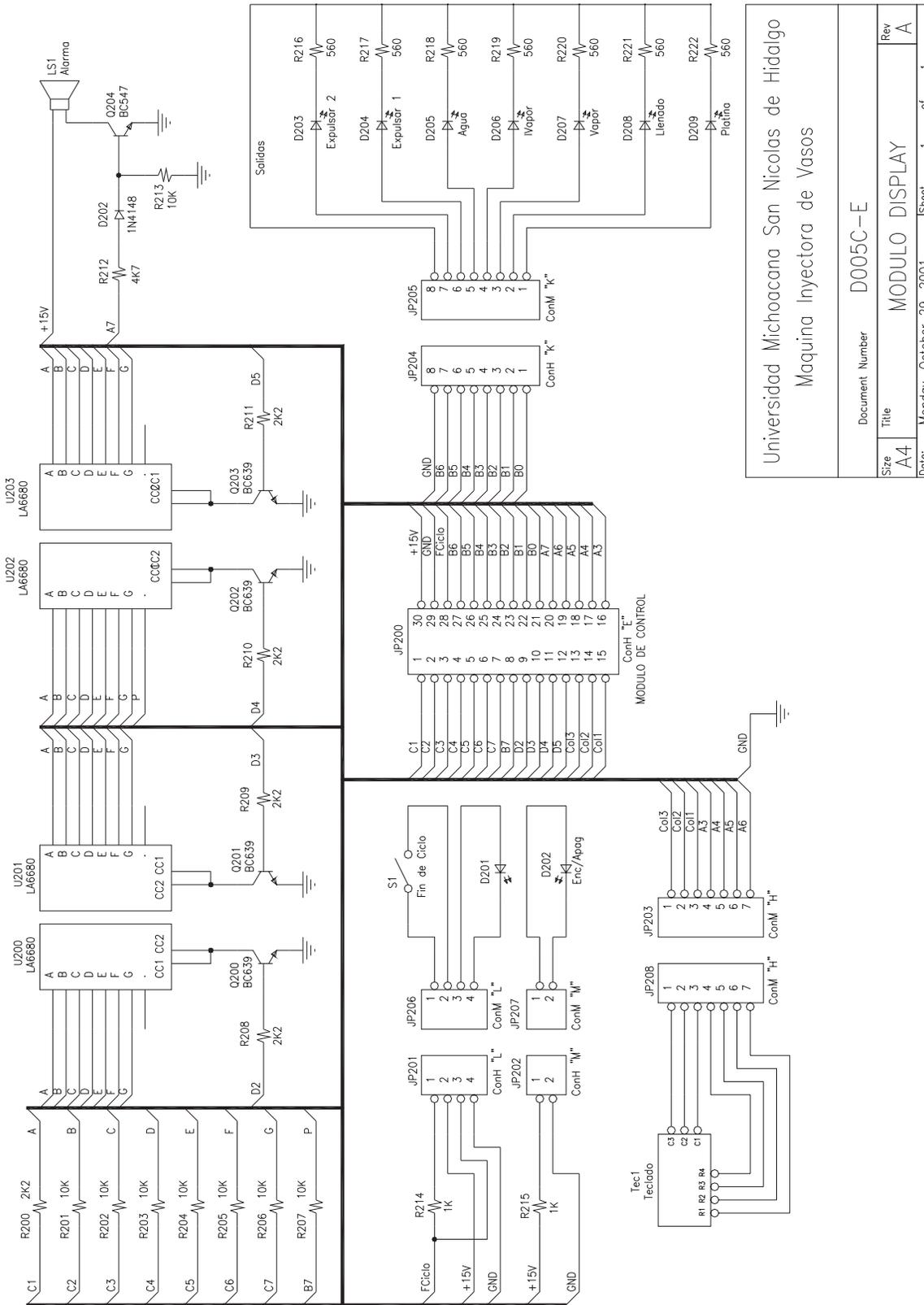


A.2.3 Diagrama del Módulo de potencia



Universidad Michoacana San Nicolas de Hidalgo	
Maquina Inyectora de Vasos	
Control de Potencia	
Title	Document Number
Sheet	D005B-E
Date:	Monday, October 29, 2001
Rev	D

A.2.4 Diagrama del módulo display



Universidad Michoacana San Nicolas de Hidalgo	
Maquina Inyectora de Vasos	
Document Number	D005C-E
Size	A4
Title	MODULO DISPLAY
Date:	Monday, October 29, 2001
Sheet	1 of 1
Rev	A

A.3 Programa fuente

A.3.1 Equates para el programa principal

La lista EqM005-d de sinónimos de palabras clave mostrada a continuación corresponden a los registros de puertos, bytes y bits utilizados en el programa principal M005-d, almacenado en el sistema mínimo y que es mostrado en el apéndice A.3.2.

Registros de control EqM005-d.asm

Porta	equ	\$1000	; Configuración de puertos de entradas y salidas
Pioc	equ	\$1002	; del microcontrolador MC68HC711E9
Portc	equ	\$1003	; utilizado en el Sistema Mínimo.
Portb	equ	\$1004	
Ddrc	equ	\$1007	
Portd	equ	\$1008	
Ddrd	equ	\$1009	
PortE	equ	\$100a	
Tmsk2	equ	\$1024	
Tflg2	equ	\$1025	
Pactl	equ	\$1026	
Bprot	Equ	\$1035	
Option	equ	\$1039	
Pprog	equ	\$103b	

Registros de tiempos en EEPROM

Tiempos	Equ	\$b600	; (B600-B605)T1, T2, T3, T4, B1 y B2 respectivamente
BanEEP	Equ	\$b606	; Banderas para EEPROM
NuVaFi	Equ	\$1	; Presentación de números fijos ó variables
Be1	Equ	\$2	;
Be2	Equ	\$4	;
Be3	Equ	\$8	;
Be4	Equ	\$10	;
Be5	Equ	\$20	;
Be6	Equ	\$40	;
Be7	Equ	\$80	;

Registros de valores constantes

Bit0	Equ	\$1	; 0000 000*
Bit1	Equ	\$2	; 0000 00*0
Bit2	Equ	\$4	; 0000 0*00

Bit3	Equ	\$8	; 0000 *000
Bit4	Equ	\$10	; 000* 0000
Bit5	Equ	\$20	; 00*0 0000
Bit6	Equ	\$40	; 0*00 0000
Bit7	Equ	\$80	; *000 0000

Puertos y bandera para las Entradas

PAIta	Equ	\$1	; E0, Platina Alta
PBaja	Equ	\$2	; E1, Platina Baja
Sw1	Equ	\$4	; E2, Switch 1
Sw2	Equ	\$8	; E3, Switch 2
FCiclo	Equ	\$10	; D1, FCiclo
A0	Equ	\$20	; A0, Bit0 de codificación de fusibles
A1	Equ	\$40	; A1, Bit1
A2	Equ	\$80	; A2, Bit2
HaFus	Equ	\$1	; C0, Habilitar lectura de fusibles

Puertos y bandera para las Salidas

Platina	Equ	\$1	; B0, Platina
Llenado	Equ	\$2	; D1, Llenado
Vapor	Equ	\$4	; B2, Vapor
Inyecc	Equ	\$8	; B3, Inyección de vapor
Agua	Equ	\$10	; B4, Agua
Botado1	Equ	\$20	; B5, Botado #1 (Expulsar 1)
Botado2	Equ	\$40	; B6, Botado #2 (Expulsar 2)
Punto	Equ	\$80	; B7, Punto decimal
Disp1	Equ	\$4	; D2, Habilitar display #1
Disp2	Equ	\$8	; D3, Habilitar display #2
Disp3	Equ	\$10	; D4, Habilitar display #3
Disp4	Equ	\$20	; D5, Habilitar display #4
Bip	Equ	\$80	; A7, Encendido del BIPER

Registros bandera en memoria RAM

Ra	Equ	!0	; Registro para banderas
DecRen	Equ	\$1	; Decrementar Renglón
PriLeSu	Equ	\$2	; Obtiene la primera de lectura de puertos
PulPlat	Equ	\$4	; Detecta pulso de platina
UVPbaja	Equ	\$8	; Detecto platina baja una vez
DetBot1	Equ	\$10	; Detectar botado 1 (de expulsión 1)
DetBot2	Equ	\$20	; Detectar botado 2 (de expulsión 2)
DUVSw1	Equ	\$40	; Detecta entrada de Sw1 de expulsión 1
DUVSw2	Equ	\$80	; Detecta entrada de Sw2 de expulsión 2
Rb	Equ	!1	; Registro para banderas
ReTBot1	Equ	\$1	; Realiza retardo de tiempo para Bot1 (expulsión 1)

ReTBot2	Equ	\$2	; Realiza retardo de tiempo para Bot2 (expulsión 2)
TerTB1	Equ	\$4	; Termino Tiempo de Botado1 (expulsión 1)
TerTB2	Equ	\$8	; Termino Tiempo de Botado2 (expulsión 2)
Tecla	Equ	\$10	; Esta presionada una tecla
AlTecUV	Equ	\$20	; Almacena tecla presionada una sola Vez
Tie05S	Equ	\$40	; Inicia tiempo de 5 segundos para teclado
ClaCorr	Equ	\$80	; Clave correcta
Rc	Equ	I2	; Registro para banderas
ClavGat	Equ	\$1	; Detecta tecla presionada # en clave correcta
ProgTie	Equ	\$2	; Detecta en clave correcta
PresTie	Equ	\$4	; Presenta tiempos durante la programación
SolTec	Equ	\$8	; Se soltó tecla presionada
TecDis2	Equ	\$10	; Detecta tecla para display 2
BloqPro	Equ	\$20	; Bloquea la programación de EEPROM
C6	Equ	\$40	;
C7	Equ	\$80	;
Rd	Equ	I3	; Registro para banderas
PruMan	Equ	\$1	; Prueba Manual
InVal	Equ	\$2	; Invierte válvula en prueba manual
BloqDos	Equ	\$4	; Bloquea el dos en clave válida
VarFij	Equ	\$8	; Tiempos variables o fijos
D4	Equ	\$10	; Bloquea BIP después del 1er BIP largo
HaBipla	Equ	\$20	; Habilita un BIP Largo
D6	Equ	\$40	;
CancePro	Equ	\$80	; Cancela programación y clave válida
Re	Equ	I4	; Registro para banderas
CaBiCo	Equ	\$1	; Cancela BIP después de corregir fusibles
DetFinC	Equ	\$2	; Detecto fin de ciclo
BloqCon	Equ	\$4	; Bloquea control de válvulas
BloqTec	Equ	\$8	; Bloquea teclado con fusibles dañados
Presenta	Equ	\$10	; Presentar secuencia en display
IncUV	Equ	\$20	; Incrementar una sola vez para presentar display
PresKp	Equ	\$40	; Presionando teclado
HacBip	Equ	\$80	; Hacer Bip
Rf	Equ	I5	; Registro para banderas
Tiem1	Equ	\$1	; Intervalo No 1
Tiem2	Equ	\$2	; Intervalo No 2
Tiem3	Equ	\$4	; Intervalo No 3
Tiem4	Equ	\$8	; Intervalo No 4
Final	Equ	\$10	; Intervalo final
BloqInc	Equ	\$20	; Bloquea los Incrementos
F6	Equ	\$40	;
F7	Equ	\$80	;

Almacenamiento de datos en registros de memoria RAM

PortViB	Equ	!10	; Puerto virtual B solamente para válvulas
Puertos	Equ	!11	; Registro con retardo de entradas
Lesu	Equ	!12	; 1ra. Lectura de puertos
Lesu1	Equ	!13	; 2ra. Lectura de puertos
CSup	Equ	!14	; Retardo de tiempo para entradas
Auxi	Equ	!15	; Registro auxiliar para múltiples usos
Renglon	Equ	!16	; No. de renglón en teclado
TecPres	Equ	!17	; Valor de la tecla presionada
IncDisp	Equ	!18	; Habilitar no. de display
Tiempo	Equ	!20	; Intervalo de tiempo R19 y R20
NoVeces	Equ	!21	; Cuenta el no. De intervalos
TieBot1	Equ	!22	; Duración de Tiempo para Expulsar 1
TieBot2	Equ	!23	; Duración de Tiempo para Expulsar 2
TiemBip	Equ	!24	; Tiempo de encendido del BIP
NoTeclas	Equ	!25	; Detecta si no se ha presionado tecla
Gema	Equ	!26	; Tiempo de 1/10 segundo
ClavUsu	Equ	!27	; Clave de usuario (R27-R31)
CuenTec	Equ	!32	; Cuenta las teclas presionadas
CinSeg	Equ	!33	; Cinco Segundos para Teclado
DieSeg1	Equ	!34	; Diez Segundos para programación
DieSeg2	Equ	!35	
Display1	Equ	!36	; Display 1
Display2	Equ	!37	; Display 2
Display3	Equ	!38	; Display 3
Display4	Equ	!39	; Display 4
Numero	Equ	!40	; Checa el número correspondiente al display X
CodFus	Equ	!41	; Código para fusibles dañados
Contador	Equ	!42	; Contador de localidades para display
NodeTec	Equ	!43	; No detecta tecla presionada
NumDisp	Equ	!44	; Numero de display a encender

A.3.2 Programa principal

A continuación se muestra el listado general del programa M005-d.asm, con el cual fue grabado el microcontrolador del sistema mínimo. Las palabras clave contenidas en el listado, se pueden observar en el listado de los ecuates Eqm005-d.asm.

**Programa fuente M005-D.asm utilizado en la programación del
Microcontrolador MC68HC711E9 para el Sistema Mínimo.**

;Configuración de puertos (Entradas y Salidas) del microcontrolador

Org \$D100 ; Dirección de memoria MC68HC711E9

```

$Include    "Eqm005-d.asm"      ; Se incluye programa de equates EqM005-d.asm
Reset      LdS      #$00ff      ; Inicializa el Stack a 256
          LdaA     #$1e        ; Habilitar bloque EEPROM ($B600-$B61F)
          StaA     Bprot
          LdaA     #$00        ; CSel=Habilita el reloj (E) para "Charge Pump"
          StaA     Option
          LdaA     #$88        ; A0-A2 Entradas y A3-A7 Salidas
          StaA     Pactl

          ; El Puerto B, de fabrica es configurado como salidas
          LdaA     #$fe        ; Puerto "C" (C1-C7) Salidas y C0 Entrada
          StaA     ddrC
          LdaA     #$3F        ; Puerto "D" (D0-D5) Salidas
          StaA     ddrD
          LdaA     #$C0        ; Habilita ITR y TOF
          StaA     Tmsk2
          Jsr      RstMem      ; Reset Memoria Ram (!0-!200)
          BSet     Re,PresKp   ; Presionando Key Pad
    
```

Programa principal

```

Inicio     Equ      *
          Cli
          Jsr      Supre      ; Reset Bit de Interrupción
          Jsr      PantRep    ; Eliminar de Ruidos en las entradas
          Jsr      KeyPad     ; Presentación de Pantalla en reposo
          Jsr      PrePan     ; Detectar tecla presionada en KeyPad (teclado)
          Jsr      Control    ; Presentar dígitos en Pantalla
          Jsr      Clave      ; Control de la Máquina (Proceso de inyección)
          Jsr      Fusibles   ; Leer clave de acceso en el teclado
          Jsr      Inicio     ; Detectar Fusibles Dañados
          Jmp
    
```

Rutina de Limpado de memoria RAM

```

RstMem     equ      *
Rs0        Clr      0,Y      ; Valor de 0, para cada una de las localidades
          InY
          CpY      #!200     ; Ultima localidad Ram
          Bne      Rs0
Rs100     Rts
    
```

Rutina para resentar la Pantalla del display en reposo

```

PantRep     Equ      *
          BrSet    Re,BloqTec,Pa100 ; Bloquear teclado con fusibles Dañados?
          BrSet    Rc,ProgTie,Pa100 ; Detectar en Clave Correcta?
          BrSet    Ra,UVPBaja,Pa100 ; Detectó UVPBaja?
          BrClr    Re,Presenta,Pa0 ; Presentar secuencia de Displays?
          BrSet    Re,incUV,Pa100 ; Incrementa una sola vez para presentar Dis.?
          BSet     Re,IncUV ; Set Inc. Una sola Vez para Presentar Dis.
          LdX     #Reposo ; Pantalla en Stand Bye
          LdaB    Contador ; Contador de localidades para Displays
          Abx     ; Reposo + Contador
    
```

	Ldd	0,x	; Reg. D=Reposo+Contador
	AndA	#\$fc	; Reset Displays
	StaA	Auxi	
	LdaA	PortD	
	AndA	#\$03	
	OraA	Auxi	; Set Display deseado
	StaA	PortD	
	StaB	PortC	
	Inc	Contador	; Contador de localidades para Displays
	Inc	Contador	; Contador de localidades para Displays
	LdaA	Contador	; Contador de localidades para Displays
	CmpA	#124	; Límite de Memoria en Reposo
	Bne	Pa100	
	Clr	Contador	; Contador de localidades para Displays
	Jmp	Pa100	
Pa0	BClr	Re,IncUV	; Reset Inc. Una sola Vez para Presentar Dis.
Pa100	Rts		; Pantalla en Reposo

Rutina de limpiado de rebotes

Supre	Equ	*	
	LdaA	#150	; Retardo de entradas de 30 mSeg.
	CmpA	Csup	
	Beq	Su1	
	BrSet	Ra,PriLeSu,Su0	; 1ra. lectura?
	Jsr	Lectura	; Lectura de Puertos
	LdaA	Lesu	; Captura 1ra. lectura de Supre
	StaA	Lesu1	
	BSet	Ra,PriLeSu	; Set 1ra. lectura
Su0	Inc	Csup	
	Jmp	Su100	
Su1	Jsr	Lectura	; Lectura de Puertos
	LdaA	Lesu	
	CmpA	Lesu1	; Compara 1ra y 2a.
	Bne	Su2	
	StaA	Puertos	; Puerto Lesu (2a. lectura)
Su2	Clr	Csup	
	BClr	Ra,PriLeSu	; Reset 1ra. Lectura
Su100	Rts		; Supresor de Ruidos

Rutina para la lectura de puertos

Lectura	Equ	*	
	LdaA	PortE	; Lectura del Puerto Analógico
	StaA	Auxi	
	BrSet	Auxi,Bit2,Le1	; Palta E2 (Plantina Alta)
	BClr	Lesu,Bit0	
	jmp	Le2	
Le1	BSet	Lesu,Bit0	
Le2	BrSet	Auxi,Bit3,Le3	; PBaja E3 (Platina Baja)
	BClr	Lesu,Bit1	
	jmp	Le4	
Le3	BSet	Lesu,Bit1	

Le4	BrSet	Auxi,Bit0,Le5	; Sw1 E0 (Interruptor de expulsar 1)
	BClr	Lesu,Bit2	
	jmp	Le6	
Le5	BSet	Lesu,bit2	
Le6	BrSet	Auxi,Bit1,Le7	; Sw2 E1 (Interruptor de expulsar 2)
	BClr	Lesu,Bit3	
	Jmp	Le8	
Le7	BSet	Lesu,Bit3	
Le8	BrSet	Auxi,Bit4,Le9	; Fin de Ciclo (Terminar ciclo de inyección)
	BClr	Lesu,bit4	
	Jmp	Le10	
Le9	BSet	Lesu,Bit4	
Le10	LdaA	PortC	
	StaA	Auxi	
	BrSet	Auxi,HaFus,Le11	; Habilitar Lectura de Fusibles?
	BClr	Puertos,\$e0	; Reset
	Jmp	Le100	
Le11	LdaA	PortA	
	StaA	Auxi	
	BrSet	Auxi,Bit0,Le12	; Bit0
	BClr	Lesu,bit5	
	Jmp	Le13	
Le12	BSet	Lesu,Bit5	
Le13	BrSet	Auxi,Bit1,Le14	; Bit1
	BClr	Lesu,bit6	
	Jmp	Le15	
Le14	BSet	Lesu,Bit6	
Le15	BrSet	Auxi,Bit2,Le16	; Bit2
	BClr	Lesu,bit7	
	Jmp	Le100	
Le16	BSet	Lesu,Bit7	
Le100	Rts		; Lectura de Puertos

Rutina para detectar tecla presionada

KeyPad	Equ	*	
	BrSet	Re,BloqTec,Kp7	; Bloquea Teclado con Fusibles Dañados?
	BrSet	Ra,DecRen,Kp1	; Decrementa Renglon?
	Bset	Ra,DecRen	; Decrementa Renglon
	LdaA	#\$80	; Renglon #0
	StaA	Renglon	; No. de Rengløn en Teclado
	LdaA	NodeTec	
	CmpA	#14	; Ultimo Rengløn
	Bhs	Kp4	
; Existe tecla presionada?			
	BrSet	Re,PresKp,Kp5	; Presionando Key Pad?
	BSet	Re,PresKp	; Presionando Key Pad
	BSet	Re,HacBip	; Habilita un Bip Largo
	BClr	Rb,AlTecUV	; Reset AlTecUV
	Clr	TiemBip	; Tiempo de Encendido del Bip
	Clr	CinSeg	; Reset cuenta de 5 Seg
	LdaA	PortA	; Habilitar Bip
	OraA	#Bip	

	StaA	PortA	
	BrSet	Rb,ClaCorr,Kp6	; Clave Correcta?
	BSet	Rb,Tie05S	; Inicia Tiempo de 5 seg para Teclado
Kp6	Clr	DieSeg1	; Inicia 10 Seg para Programación
	Clr	DieSeg2	
	Jmp	Kp5	
Kp7	Jmp	Kp100	
	; No hay Tecla presionada		
Kp4	Clr	TecPres	; Valor de la Tecla Presionada
	BClr	Rd,BloqDos	; Bloquea #2 en inicio de P. Manual
	BClr	Re,PresKp	; Presionando Key Pad
	BClr	Rc,SolTec	; Reset Soltar Tecla Presionada
	BClr	Rd,InVal	; Invierte válvula en la rutina de ManTest
Kp5	Clr	NodeTec	; No detecta Tecla Presionada
Kp1	Lsr	Renglon	; No. de Renglón en Teclado
	LdaA	PortA	; Reset A3-A6 para salidas sin ser afectadas
	AndA	#\$87	
	OraA	Renglon	; Set Renglón para Salida
	StaA	PortA	
	LdaA	PortA	; Captura entradas del teclado
	AndA	#\$7f	; Reset A3-A6
	LdX	#Valores	; Valores para Display
	Jsr	CheckKp	; Verificando Tecla Presionada
	CmpB	#\$00	; No hay tecla presionada
	Beq	Kp3	
	StaB	TecPres	; TecPres = Tecla presionada
	Clr	NodeTec	; No detecta Tecla presionada
	Jmp	Kp2	
Kp3	Inc	NodeTec	; No detecta tecla Presionada
Kp2	LdaA	Renglon	; Compara con el último renglón
	AndA	#78	
	CmpA	#\$08	; Ultimo renglón
	Bne	Kp100	
	BClr	Ra,DecRen	; Decrementa Renglón
Kp100	Rts		; Checar No de tecla presionada
*			

Rutina para presentar dígitos en el display

PrePan	Equ	*	
	BrClr	Re,BloqTec,Pp0	; Bloquea Teclado con Fusibles Dañados?
	LdY	#Numeros	; Dirección de Números
	LdaA	!13,y	; Primer Letra "F"
	StaA	Display1	
	LdaA	!14,y	; Segunda Letra "u"
	StaA	Display2	
	LdaA	!12,y	; Guión "-"
	StaA	Display3	
	LdaB	CodFus	; Lee valor del fusible dañado
	Aby		
	LdaA	!0,y	
	StaA	Display4	
	LdaA	PortB	; Reset punto decimal
	AndA	#\$7f	

	StaA	PortB	
	Jmp	Pp3	
Pp0	BrSet	Rc,ProgTie,Pp2	; Detecta en Clave Correcta?
	BrClr	Ra,UVPBaja,Pp100	; Detecto UVPBaja?
Pp2	LdY	#Numeros	; Dirección de Números
	LdaA	!12,y	; Localidad de Guión
	StaA	Display2	
Pp3	Lsl	IncDisp	; Habilitar No. de Display
	Inc	NumDisp	
Pp1	LdaA	PortD	; Reset Displays
	AndA	#\$03	
	StaA	PortD	
	LdX	#Display1	
	LdaB	NumDisp	
	AbX		
	LdaA	PortC	
	AndA	#\$01	
	OraA	0,X	
	StaA	PortC	
	LdaA	PortD	
	AndA	#\$03	; Reset Displays
	OraA	IncDisp	; Habilitar No. de Display
	StaA	PortD	
	LdaA	IncDisp	; Habilitar No. de Display
	Cmpa	#\$20	
	Bne	Pp100	
	LdaA	#\$02	
	StaA	IncDisp	; Habilitar No. de Display
	LdaA	#\$ff	
	StaA	NumDisp	
Pp100	Rts		; Presentar números en Pantalla

Rutina para el Proceso de inyección

Control	Equ	*	
	BrClr	Re,BloqTec,Ct23	; Bloquea Teclado con Fusibles Dañados?
	Clr	PortViB	; Reset todas las válvulas
	Clr	NoVeces	; Reset cuenta de no. de Intervalos
	Clr	Tiempo	; Reset no. de tiempo
	BClr	Ra,\$fc	; Reset PulPlat, UVPBaja, DetBot1 ; DetBot2, DUVSsw1 y DUVSsw2
	Clr	Rf	; Selecciona tiempo No 1
	BClr	Rc,ProgTie	; Detecta en clave correcta
	BClr	Rd,\$05	; Reset PruMan y BloqDos
	Jmp	Ct10	
Ct23	BrClr	Puertos,FCiclo,Ct1	; Fin de ciclo?
	BrSet	Ra,PulPlat,Ct0	; Detecto pulso de Platina Alta?
	BSet	Re,BloqCon	; Bloquea control de válvulas
Ct0	BSet	Re,DetFinC	; Detectó fin de ciclo
	Jmp	Ct2	
Ct1	BClr	Re,BloqCon	; Bloquea control de válvulas
	BrClr	Rb,ClaCorr,Ct2	; Clave correcta?
	BSet	Rd,CancePro	; Cancela programación y clave válida

	Clr	TiemBip	
Ct2	BrSet	Rd,PruMan,Ct10	; Prueba manual?
	BrClr	Rb, TerTB1, Ct3	; Terminó tiempo de Botado 1?
	BClr	Rb, TerTB1	; Reset terminó tiempo de Botado1
	BClr	PortViB, Botado1	; Reset Botado1
Ct3	BrClr	Rb, TerTB2, Ct4	; Termino tiempo de Botado?
	BClr	Rb, TerTB2	; Reset termino tiempo de Botado2
	BClr	PortViB, Botado2	; Reset Botado2
Ct4	BrClr	Ra, DetBot1, Ct6	; Detectar Botado1?
	BrSet	Ra, DUVSw1, Ct5	; Detecta entrada de Sw1?
	BrClr	Puertos, Sw1, Ct6	; Detecta Sw1 en Puertos
	BSet	PortViB, Botado1	; Set Botado1
	Bset	Ra, DUVSw1	; Detecta una Vez Sw1
	Bset	Rb, ReTBot1	; Realizar pulso de Botado1
	Clr	TieBot1	; Cuenta en cero para tiempo de Botado1
Ct5	BrSet	Puertos, Sw1, Ct6	; Sigue activada Sw1
	BClr	Ra, DUVSw1	; Reset detecta una Vez Sw1
Ct6	BrClr	Ra, DetBot2, Ct8	; Detectar Botado2?
	BrSet	Ra, DUVSw2, Ct7	; Detectar entrada de Sw1?
	BrClr	Puertos, Sw2, Ct8	; Detecta Sw2 en Puertos
	BSet	PortViB, Botado2	; Set Botado2
	Bset	Ra, DUVSw2	; Detecta una vez Sw2
	Bset	Rb, ReTBot2	; Realizar pulso de Botado2
	Clr	TieBot2	; Cuenta en cero para tiempo de Botado2
Ct7	BrSet	Puertos, Sw2, Ct8	; Sigue activado Sw2?
	BClr	Ra, DUVSw2	; Reset Detecta una Vez Sw2
Ct8	BrSet	Re, BloqCon, Ct20a	; Bolquea Control de Valvulas?
	BrSet	Ra, PulPlat, Ct9	; Detecto Pulso de platina Alta?
	BrClr	Puertos, PAlta, Ct20	; Está Platina Alta?
	BSet	Ra, PulPlat	; Detecta pulso de platina alta
Ct9	LdaA	PortViB	; Platina = 1
	OraA	#Platina	
	BrSet	Rf, Tiem4, Ct11	; Esta en tiempo No 4
	OraA	#Vapor	; Vapor = 1
	Jmp	Ct11	
Ct10	Jmp	Ct100	
Ct20a	Jmp	Ct20	
Ct11	StaA	PortViB	
	BrSet	Ra, UVPBaja, Ct12	; Detectó UVPBaja?
	BrClr	Puertos, PBaja, Ct100	; Esta Platina Abajo?
	BSet	Ra, UVPbaja	; UVPBaja = 1
	Clr	NoVeces	; Reset Cuenta de no. de Intervalos
	Clr	Tiempo	; Reset No. de tiempo
	LdaA	#\$01	
	StaA	Rf	; Selecciona tiempo no 1
	LdaA	#\$02	
	StaA	IncDisp	; Habilitar no. de display
	LdaA	#\$ff	
	StaA	NumDisp	
Ct12	LdY	#Numeros	; Carga en display 1 el no. de tiempo
	LdaB	Tiempo	
	AbY		
	LdaB	0,y	
	StaB	Display1	

```

; Empieza el intervalo T1
    BrClr    Rf,Tiem1,Ct13    ; Está en tiempo no 1?
    LdaA    PortB            ; Set Punto decimal
    OraA    #Punto
    StaA    PortB
    Bset    PortViB,$22      ; Set Llenado y Botado1

; Empieza el intervalo T2
Ct13      BrClr    Rf,Tiem2,Ct15    ; Esta en tiempo no 2?
          BClr    PortViB,$22      ; Reset Llenado y Botado1

; Empieza el intervalo T3
          ; Empieza el intervalo T1
Ct15      BrClr    Rf,Tiem3,Ct17    ; Esta en tiempo No 3?
          Bset    PortViB,Inyecc    ; Set Inyecc

; Empieza el intervalo T4
Ct17      BrClr    Rf,Tiem4,Ct18    ; Está en tiempo no 4?
          BClr    PortViB,$0c      ; Reset Inyecc y Vapor
          Bset    PortViB,Agua      ; Set Agua

; Termina tiempo de inyección
Ct18      BrClr    Rf,Final,Ct100    ; Está en Tiempo Final?
          LdaA    PortB            ; Reset punto decimal
          AndA    #$7f
          StaA    PortB
          BSet    Ra,$30            ; Espera detectar Botado1 y Botado2
          BrClr    Re,DetFinC,Ct20    ; Detectó fin de Ciclo?
          BSet    Re,BloqCon          ; Bloquea Control de válvulas
Ct20      LdaA    PortViB
          AndA    #$ee              ; Agua = 0 y Platina = 0
          BrSet    Re,BloqCon,Ct21    ; Bloquear control de válvulas?
          OraA    #Vapor              ; Vapor = 1
          Jmp     Ct22
Ct21      BrSet    Ra,DetBot1,Ct22    ; Espera detectar Botado1
          BrSet    Ra,DetBot2,Ct22    ; Espera detectar Botado2
          AndA    #$fb              ; Vapor = 0
Ct22      StaA    PortViB
          BClr    Ra,$0c            ; Reset PulPlat y UVPBaja
          Clr     Rf                ; No es seleccionado ningún tiempo
Ct100     Rts                      ; | Control |

```

Rutina para codificar la Clave de acceso

```

Clave    Equ     *
          BrSet    Ra,PulPlat,Ci3b    ; Detectó pulso de platina alta?
          BrSet    Ra,DetBot1,Ci3b    ; Espera detectar Botado1?
          BrSet    Ra,DetBot2,Ci3b    ; Espera detectar Botado2?
          BrSet    Rb,Tie05S,Ci0      ; Inicia tiempo de 5 seg para teclado?
          Clr     CuenTec
          Clr     NoTeclas
          LdX     #ClavUsu            ; Dirección de clave de acceso en RAM
          Clr     0,X                ; Limpiar Números anteriores
          Clr     1,X
          Clr     2,X
          Clr     3,X
          Clr     4,X
Ci0       BrSet    Rb,ClaCorr,Ci4      ; Clave Correcta?

```

	BrSet	Rb,AITecUV,CI3a	; Almacena tecla presionada una sola vez?
	LdaA	TecPres	; Valor de la tecla presionada
	CmpA	#\$00	
	Beq	CI3a	; Abandona clave de acceso
	LdX	#ClavUsu	; Dirección de clave de acceso en RAM
	LdaA	1,X	; Realizar FIFO de Teclas Introducidas
	StaA	0,X	
	LdaA	2,X	
	StaA	1,X	
	LdaA	3,X	
	StaA	2,X	
	LdaA	4,X	
	StaA	3,X	
	LdaA	TecPres	; Valor de la tecla presionada
	StaA	4,X	
CI1	BSet	Rb,AITecUV	; Set AITecUV
	LdX	#ClavAcc	; Inicio de memoria para clave de acceso en ROM
	LdY	#ClavUsu	; Inicio de Memoria para clave de usuario en RAM
	LdaB	CuenTec	; Desplazamiento de memoria
	ABX		; Memoria + Desplazamiento
	ABY		; Memoria + Desplazamiento
	LdaA	0,X	; Teclas a comparar
	CmpA	0,y	
	Beq	CI1a	
	Clr	CuenTec	
CI1a	Jmp	CI3	
	Inc	CuenTec	; Incrementa desplazamiento
	LdaA	#15	; Compara 5 Teclas
	CmpA	CuenTec	
	Bne	CI1	
	BSet	Rb,ClaCorr	; Clave correcta
	BClr	Rb,Tie05S	; Reset Tiempo de 5 seg para Teclado
	Clr	CuenTec	
	Clr	DieSeg1	; Inicia 10 Seg para programación
	Clr	DieSeg2	
CI3b	Jmp	CI100	
	; Clave correcta?		
CI4	BrSet	Rc,ProgTie,CI5a	; Detecta en Clave Correcta?
	BrSet	Rd,PruMan,CI8	; Realizar prueba manual?
	BrSet	Rd,VarFij,CI100	; presentar tiempos variables o fijos?
	BrSet	Rc,ClavGat,CI5	
	LdaA	TecPres	; Valor de la Tecla Presionada
	CmpA	#\$0c	; Detecta tecla "#"
	Bne	CI100	
	BSet	Rc,ClavGat	
CI3a	Jmp	CI100	
	; Programación de tiempos		
CI5	LdaA	TecPres	; Valor de la tecla presionada
	CmpA	#\$01	; Detecta "1" para programación de tiempos
	Bne	CI7	
	Clr	Tiempo	
	BSet	Rc,ProgTie	; Detecta en clave correcta
	Jmp	CI11	
CI5a	Jsr	Program	; Rutina de programación de tiempos

```

      Jmp      C1100
C13      Jmp      C1100
; Prueba manual
C17      CmpA    #$02          ; Detecta "2" para hacer prueba de las electroválbulas
          Bne     C19
          BSet   Rd,$05        ; Set Pruman y BloqDos
          BCir  PortViB,$7f    ; Reset todas las salidas
          Jmp    C111
C18      BrSet   Rd,BloqDos,cl100 ; Bloquea #2 en inicio de prueba manual?
          Jsr    ManTest       ; Rutina de prueba manual
          Jmp    C1100
; Presentación de dígitos en pantalla variable - fija y viceversa
C19      CmpA    #$03          ; Detecta "3" variable - fija y viceversa
          Bne     C1100
          BSet   Rd,VarFij     ; Tiempos variables o fijos
          LdX    #BanEEP      ; Dirección de BanEEP
          LdaA   0,X           ; Carga en AccA el Dato Almacenado
          EorA   #NuVaFi      ; Presentación de Números Fijos o Variables
          Jsr    ProgEEP      ; A = Dato y X = Dirección
          BSet   Rd,CancePro   ; Cancela programación y clave válida
C111     BSet   Rd,HaBipLa    ; Habilita un Bip Largo
          LdaA   PortA         ; Habilitar Bip
          OraA   #Bip
          StaA   PortA
C110     BCir   Rc,ClavGat    ;
C1100    Rts                ; | Clave de Acceso |

```

Rutina para programar el valor de los intervalos T1-T6

```

Program  Equ     *
          LdaA   PortB        ; Set punto decimal
          OraA   #Punto
          StaA   PortB
          BrSet  Rc,SolTec,Pm0 ; Soltar tecla presionada?
          LdY    #Numeros     ; Dirección de números
          LdaA   TecPres      ; Valor de la tecla presionada
          CmpA   #$0c         ; Presiona la tecla"#"?
          Beq    Pm0
          CmpA   #$0a         ; Detecta "*"
          Bne    Pm2
          BSet   Rc,SolTec     ; Soltar tecla presionada
          BCir  Rc,$34        ; PresTie, TecDis2 y BloqPro
          LdaA   Tiempo
          Cmpa   #15
          Beq    Pm1
          Inc    Tiempo
          Jmp    Pm2
Pm0      Jmp    Pm100
Pm1      Clr    Tiempo
Pm2      Brset  Rc,BloqPro,Pm8 ; Bloquea la programación de EEPROM?
          BrSet  Rc,PresTie,Pm3 ; Presenta tiempos durante la Programación?
          LdX    #Numeros     ; X = Números para Displays
          LdaB   Tiempo       ; No. de tiempo

```

	ABX		
	LdaA	0,X	
	StaA	Display1	; Display1 = No. de tiempo
	ClrA		
	LdY	#Tiempos	; Tiempos de intervalos
	LdaB	Tiempo	; No. de tiempo
	ABY		
	LdaB	0,Y	
	LdX	#10	
	Idiv		; D/X X = Resultado y D = Residuo
	TBA		; Transfiere B=A
	StX	Display3	; XH=Display3 y XL=Display4
	LdaB	Display4	; B=Display4
	Cmpb	#10	
	Bne	Pm6a	
	LdaB	#10	
	Jmp	Pm7a	
Pm6a	DecB		
Pm7a	LdY	#Numeros	; Y = Dirección de números para Displays
	ABY		; Direccion+Display3 (Desplazamiento)
	LdaB	0,Y	; Carga el valor de la Tabla para Display2
	StaB	Display3	; Almacena en Display3
	LdY	#Numeros	; Y = Dirección de números
	TAB		; Transfiere A=B
	Cmpb	#10	
	Bne	Pm6	
	LdaB	#10	
	Jmp	Pm7	
Pm8	Jmp	Pm100	
Pm6	DecB		
Pm7	ABY		; Y=Y+B
	LdaB	0,Y	; Carga el valor de la Tabla para Display3
	StaB	Display4	; Almacena en Display4
	BSet	Rc,\$0c	; PresTie y SolTec
	LdaA	#\$02	; Presentar displays
	StaA	IncDisp	; Habilitar no de display
	LdaA	#\$ff	
	StaA	NumDisp	
Pm3	BrSet	Rc,SolTec,Pm100	; Soltar tecla presionada?
	LdaB	TecPres	; Valor de la Tecla Presionada
	CmpB	#\$00	
	Beq	Pm100	
	DecB		
	BrSet	Rc,TecDis2,Pm5	; Detecta tecla para Dispaly 2?
	BSet	Rc,\$18	; Set TecDis2 y SolTec
	LdX	#Numeros	
	Abx		
	LdaA	0,X	
	StaA	Display3	
	Jmp	Pm100	
	<i>; Almacenar el valor de los dígitos 3 y 4, en EEPROM</i>		
Pm5	LdX	#Numeros	
	Abx		
	LdaA	0,X	

	StaA	Display4	
	LdX	#Numeros	
	Jsr	CheckKp	
	CmpB	#\$0b	
	Bne	Pm10	
	ClrB		
pm10	StaB	Numero	; Almacena el valor de número en número
	LdaA	Display3	; Lee el No de Display2
	LdX	#Numeros	
	Jsr	CheckKp	
	CmpB	#\$0b	
	Bne	Pm11	
	ClrB		
pm11	LdaA	#110	; Factor de Multiplicación
	Mul		; Multiplica B*10
	AddB	Numero	; B+B*10
	TBA		
	CmpB	#199	
	Bhi	Pm100	
	LdX	#Tiempos	; Tiempos en EEPROM
	LdaB	Tiempo	
	ABX		
	Jsr	ProgEEP	; A = Dato y X = Dirección
	Bset	Rc,BloqPro	; Bloquea la programación de EEPROM
Pm100	Rts		; Programar Tiempos

Rutina para la prueba manual de electroválvulas

ManTest	Equ	*	
	BrSet	Rd,InVal,Mt100	; Invierte Válvula en ManTest?
	LdaA	TecPres	; Valor de la tecla presionada
	CmpA	#\$00	; No hay tecla presionada
	Beq	Mt100	
	CmpA	#18	
	Bhs	Mt100	
	LdaA	#15	
	LdaB	TecPres	; Valor de la tecla presionada
	DecB		
	Mul		
	LdY	#Mt0	
	ABY		
	LdaA	PortViB	
	Jmp	0,Y	
Mt0	EorA	#\$01	; On/Off Platina
	Jmp	Mt1	
	EorA	#\$02	; On/Off Llenado
	Jmp	Mt1	
	EorA	#\$04	; On/Off Vapor
	Jmp	Mt1	
	EorA	#\$08	; On/Off Inyección de Vapor
	Jmp	Mt1	
	EorA	#\$10	; On/Off Agua
	Jmp	Mt1	

	EorA	#\$20	; On/Off Botado1
	Jmp	Mt1	
	EorA	#\$40	; On/Off Botado2
Mt1	StaA	PortViB	
	BSet	Rd,InVal	; Invierte Válvula en ManTest
Mt100	Rts		; Prueba Manual

Rutina para detectar los fusibles dañados

Fusibles	Equ	*	
	LdaA	PortC	
	StaA	Auxi	
	BrClr	Auxi,HaFus,Fs0	; Habilitar lectura de fusibles?
	BrSet	Re,BloqTec,Fs1	; Bloquea teclado con fusibles dañados?
	LdaA	PortA	; Habilitar Bip
	OraA	#Bip	
	StaA	PortA	
	Clr	TiemBip	; Tiempo de Bip
	LdaA	#\$02	; Presentar Displays
	StaA	IncDisp	; Habilitar no. de Display
	LdaA	#\$ff	
	StaA	NumDisp	
	BClr	Rb,ClaCorr	; Reset clave correcta
	BSet	Re,CaBiCo	; Cancela Bip después de Corregir fusibles
Fs1	BSet	Re,BloqTec	; Bloquea Teclado con Fusibles Dañados
	LdaA	PortA	
	AndA	#\$07	
	StaA	CodFus	
	LdaA	PortB	; Set punto decimal
	AndA	#\$7F	
	StaA	PortB	
	Jmp	Fs100	
Fs0	BrClr	Re,CaBiCo,Fs2	; Cancela Bip después de corregir fusibles?
	BClr	Re,CaBiCo	; Cancela Bip después de corregir fusibles
	LdaA	PortA	; Reset Bip
	AndA	#7f	
	StaA	PortA	
Fs2	BClr	Re,BloqTec	; Bloquea teclado con fusibles Dañados?
Fs100	Rts		; Rutina de Fusibles Dañados

Rutina para detectar el Cruce por cero de la señal de corriente alterna

IRQ	Equ	*	
	Sel		
	LdaA	PortD	
	BrSet	PortViB,Llenado,Ir2	
	AndA	#\$fd	
	Jmp	Ir5	
Ir2	OraA	#Llenado	
Ir5	StaA	PortD	
	LdaA	PortB	; Activar salidas de válvulas en cruce por cero
	AndA	#\$82	
	OraA	PortViB	

```

StaA      PortB
LdaA      Pioc
Ir100     Rti                ;|   IRQ   |

```

Rutina para verificar tecla presionada

```

; A = Número a verificar
; X = Número de la tabla,
; Número = B
CheckKp   Equ      *
          LdaB     #11
Ck0       CmpA     0,X
          Beq      Ck100
          InX
          IncB
          CmpB     #12
          Bls      Ck0
          ClrB
Ck100     Rts                ;| verificar valor de la tecla presionada |
*

```

Rutina para la Programación de memoria EEPROM

```

; A = Dato,
; X = Dirección
; 20 mseg para MC68HC711E9
ProgEEP   Equ      *
; Borrado de memoria por byte
          LdaB     #$16                ; Habilitar función de borrado por byte
          StaB     PProg
          StaB     0,X                ; Almacena un valor y lo sustituye por FF
          LdaB     #$17                ; función de borrado además de Vpp
          StaB     PProg
          LdY      #$0                ; Inicia cuenta en cero para retardo de 20mS.
Pg0       InY
          CpY      #!3400              ; Ultima localidad RAM
          Bne      Pg0
          Clr      Pprog
; Programación de memoria por byte
          LdaB     #$02                ; Habilitar función de programación por byte
          StaB     PProg
          StaA     0,X                ; Almacena Dato en Dirección X
          LdaB     #$03                ; Función de Escritura además de Vpp
          StaB     PProg
          LdY      #$0                ; Inicia cuenta en Cero para retardo de 20mS.
Pg1       InY
          CpY      #!3400              ; Ultima localidad RAM
          Bne      Pg1
          Clr      PProg
Pg100     Rts                ;| Programación de EEPROM |

```

Rutina para calcular base de tiempo de 4.1 mseg

```

ITR       Equ      *

```

	LdaA	#\$40	; Borrado de RTIF
	StaA	Tflg2	
	LdaA	Gema	; Tiempo de 1/10 Seg
	CmpA	#123	
	Bls	It3a	
	Clr	Gema	; Inicia tiempo de 1/10 Seg
	BrClr	Rb,ReTBot1,It0	; Realiza tiempo de Botado1?
	Inc	TieBot1	; Incrementa tiempo de Botado1
	LdY	#Tiempos	; Dirección de tiempos
	LdaA	4,y	; Localidad de Botado1
	CmpA	TieBot1	
	Bne	It0	
	BClr	Ra,DetBot1	; Reset detectar Botado 1
	BSet	Rb,TerTB1	; Terminó tiempo de Botado1
	BClr	Rb,ReTBot1	; Reset realizar retardo de tiempo para Botado1
It0	BrClr	Rb,ReTBot2,It1	; Realiza tiempo de Botado2?
	Inc	TieBot2	; Incrementa tiempo de Botado2
	LdY	#Tiempos	; Dirección de tiempos
	LdaA	5,y	; Localidad de Botado2
	CmpA	TieBot2	
	Bne	It1	
	BClr	Ra,DetBot2	; Reset detectar Botado 2
	BSet	Rb,TerTB2	; Termino tiempo de Botado2
	BClr	Rb,ReTBot2	; Reset realizar retardo de tiempo para Botado 2
	Jmp	It1	
It3a	Jmp	It3	
It1	BrClr	Ra,UVPBaja,It5	; Detectó UVPBaja?
	LdY	#Tiempos	; Y = Dirección de tiempos
	LdaB	Tiempo	; Tiempo en cuestión
	ABY		; Dirección + # de tiempo a seleccionar
	LdaB	0,Y	
	CmpB	NoVeces	; Cuenta 1/10 de Seg. totales
	Beq	It4	
	LdX	#BanEEP	; Carga dirección de banderas de EEPROM
	BrSet	0,X,NuVaFi,It2	; Presentación de Números fijos o variables?
	LdaB	NoVeces	; B = No de veces
It2	ClrA		; D = AB Reset A
	LdX	#110	; Divisor del No de veces
	Idiv		; D/X X = Resultado y D = Residuo
	TBA		; Transfiere B = A
	StX	Display3	; XH = Display2 XL = Display3
	LdaB	Display4	; B = Display3
	CmpB	#10	
	Bne	It6	
	LdaB	#111	
It6	DecB		
	LdY	#Numeros	; Y = Dirección de Números
	ABY		; Direccion+Display3 (Desplazamiento)
	LdaB	0,Y	; Carga el valor de la tabla para Display2
	StaB	Display3	; Almacena en Display2
	LdY	#Numeros	; Y = Dirección de Números
	TAB		; Transfiere A=B
	CmpB	#10	
	Bne	It7	

It7	LdaB	#111	
	DecB		
	ABY		; Y = Y+B
	LdaB	0,Y	; Carga el valor de la tabla para Display3
	StaB	Display4	; Almacena en Display4
	Inc	NoVeces	; Incrementa cuenta
It3	Jmp	It5	
It4	Inc	Tiempo	; Incrementa Siguiente Intervalo
	Lsl	Rf	
	Clr	NoVeces	; Reset cuenta de 1/10 de Seg
	LdaA	#\$04	; Compara con el último intervalo
	CmpA	Tiempo	
	Bne	It5	
	Clr	Tiempo	; Inicia con intervalo No 1
It5	Inc	Gema	; Incrementa cuenta de 1/10 de Seg
It100	Rti		; ITR (Configurado en 4.1 mS)

Rutina del Timer over flow con base de tiempo de 32.77 mseg.

Timer	Equ	*	
	LdaA	#\$80	
	StaA	Tflg2	
	LdaA	Re	; Presentar secuencia de Displays
	EorA	#Presenta	
	StaA	Re	
Tm0	BrClr	Rb,ClaCorr,Tm2	; Clave correcta?
	BrSet	Rd,CancePro,Tm1	; Cancela programación y clave válida?
	Inc	DieSeg1	
	LdaA	#130	
	CmpA	DieSeg1	; 10 segundos para programación
	Bne	Tm2	
	Clr	DieSeg1	
	Inc	DieSeg2	
	LdaA	#110	
	CmpA	DieSeg2	; 10 segundos para programación
	Bne	Tm2	
	Clr	TiemBip	
Tm1	LdaA	PortB	; Reset punto decimal
	AndA	#\$7f	
	StaA	PortB	
	BSet	Rd,HaBipLa	; Habilita un Bip Largo
	LdaA	PortA	; Habilitar Bip
	OraA	#Bip	
	StaA	PortA	
	BClr	Rb,ClaCorr	; Reset clave correcta
	BClr	Rc,\$3f	; Reset ClavGat, ProgTie, Prestie
			; SolTec, TecDis2 y BloqPro
	BClr	Rd,\$8d	; Reset PruMan, BloqDos, VarFij y CancePro
	BClr	PortViB,\$7e	; Reset todas las válvulas
Tm2	BrClr	Rb,Tie05S,Tm5	; Inicia tiempo de 5 seg para teclado?
	LdaA	#152	
	CmpA	CinSeg	; Cinco segundos para teclado
	Bne	Tm3	

	BClr	Rb,Tie05S	; Reset inicia tiempo de 5 seg para teclado
	Clr	TecPres	; Valor de la tecla presionada
	Clr	NoTeclas	
Tm3	Inc	CinSeg	
Tm5	BrSet	Re,BloqTec,Tm7	; Bloquea teclado con fusibles Dañados?
	BrSet	Rd,HaBipLa,Tm7	; Habilita un Bip Largo?
	BrClr	Re,HacBip,Tm6	
	Jmp	Tm8	
Tm7	LdaA	#115	
	Jmp	Tm9	
Tm8	LdaA	#12	
Tm9	Inc	TiemBip	; Incrementa tiempo de Bip
	CmpA	TiemBip	
	Bne	Tm100	
	BrClr	Re,BloqTec,Tm6	; Bloquea teclado con fusibles Dañados?
	LdaA	PortA	; Reset Bip
	EorA	#\$80	
	StaA	PortA	
	Clr	TiemBip	
	Jmp	Tm100	
Tm6	BClr	Re,HacBip	
	BClr	Rd,HaBipLa	; Habilita un Bip Largo
	LdaA	PortA	; Reset Bip
	AndA	#\$7f	
	StaA	PortA	
Tm100	Rti		; Timer Over Flow (32.77 mS)

Direcciones constantes para localidades en memoria

	Org	\$fc07	; Clave de acceso
ClavAcc	Fcb	\$02,\$01,\$01,\$06,\$08	; 21168
	Org	\$fc0c	
Numeros	Fcb	\$0c,\$b6,\$9e,\$cc,\$da,\$fa	; 1,2,3,4,5,6 valores para display
	Fcb	\$0e,\$fe,\$de,\$8c,\$7e,\$ec	; 7,8,9,*0,#
	Fcb	\$80,\$e2,\$38,\$00,\$00,\$00	; -,F,u, , ,
	Org	\$fc1e	
Valores	Fcb	\$41,\$42,\$44,\$21,\$22,\$24	; 1,2,3,4,5,6 valores en teclado
	Fcb	\$11,\$12,\$14,\$09,\$0a,\$0c	; 7,8,9,*0,#
	Org	\$fc2a	
Reposo	Fcb	\$04,\$02,\$08,\$02,\$10,\$02	; Pantalla en Stand Bye
	Fcb	\$20,\$02,\$20,\$04,\$20,\$08	
	Fcb	\$20,\$10,\$10,\$10,\$08,\$10	
	Fcb	\$04,\$10,\$04,\$20,\$04,\$40	
	Org	\$ffde	; Timer over flow
	Fdb	Timer	
	Org	\$fff0	; Interrupción en tiempo real
	Fdb	ITR	
	Org	\$fff2	; Interrupción IRQ
	Fdb	Irq	
	Org	\$ffe	; Vector del Reset
	Fdb	Reset	
	End		

Bibliografía

- Manual de requerimientos del módulo Keyless Entry por Ford Motor Company.
- Manual de Pruebas GP10, por General Motor Company.
- Página Web, <http://Motorla.com>.
- M68HC11, Reference manual por Motorla inc.
- M68HC11 E Series, Technical data por Motorla inc.
- MC68HC11A8, Technical data por Motorla inc.
- M68HC11EVM, Evaluation Module User's Manual por Motorla inc.
- IASM Integrated Assembler, User's Manual por P&E Microcomputer System.
- Autocad Designer, Assembly Modeling por Autodesk.
- AutoSurf Designer, Surface Modeling por Autodesk.
- Mechanical Desktop, Installation and Tutorial por Autodesk.