

46  
24



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA  
EL CONTROL DE PROCESO DE UNA MAQUINA  
INYECTORA DE PLASTICO A PARTIR DE UN  
MICROCONTROLADOR MC 68 705 R 3

## T e s i s

Que para obtener el título de:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P r e s e n t a n :

MANUEL DIAZ GUERRERO  
JUHAD KURI HANNA  
FERNANDO LUCAS GABRIEL  
FRANCISCO RODRIGUEZ SEVILLA  
TOMAS TOME VIDAL

Asesor de Tesis  
ING. JUAN CARLOS ROA BEIZA

México, D. F.

1 9 9 1

FALLA DE ORIGEN



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

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

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

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

---

<b>I N T R O D U C C I O N</b> .....	<b>1</b>
--------------------------------------	----------

---

<b>C A P I T U L O I</b> .....	<b>4</b>
--------------------------------	----------

<b>MAQUINAS INYECTORAS DE PLASTICO</b>	
<b>JUSTIFICACION DEL TEMA</b> .....	<b>4</b>
<b>I.1 EL PROCESO DE INYECCION DE PLASTICO</b> .....	<b>5</b>
I.1.1 Naturaleza de los plásticos .....	<b>5</b>
I.1.2 Métodos de moldeo .....	<b>9</b>
<b>I.2 CARACTERISTICAS Y FUNCIONAMIENTO DE LAS</b>	
<b>MAQUINAS INYECTORAS DE PLASTICO</b> .....	<b>17</b>
Introducción .....	<b>17</b>
I.2.1 Conceptos básicos de la máquina	
de moldeo por inyección .....	<b>26</b>
I.2.2 Tipos de máquinas de inyección .....	<b>30</b>
<b>I.3 CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS APLICADO A LOS</b>	
<b>SISTEMAS DE INYECCION DE PLASTICO</b> .....	<b>36</b>
Introducción .....	<b>36</b>
I.3.1 Bases estadísticas .....	<b>36</b>
I.3.2 Representación gráfica de una distribución	
de frecuencias .....	<b>37</b>
I.3.3 Medias y medidas de dispersión .....	<b>41</b>

I.3.4 Pasos a seguir en el empleo de los gráficos de control por $\bar{X}$ y R de cualquier característica de calidad .....	43
I.3.4.1 Decisiones previas a la construcción de los gráficos de control .....	45
I.3.4.2 Bases de partida para la construcción de los gráficos de control .....	49
I.3.4.3 Determinación de los límites de control de prueba .....	51
I.3.4.4 Obtención de las conclusiones preliminares deducidas de los gráficos ....	53
I.3.4.5 Continuidad en el empleo de los gráficos .....	57
<b>I.4 RAZONES QUE JUSTIFICAN LA AUTOMATIZACION DEL PROCESO .....</b>	<b>58</b>
I.4.1 Competencia tecnológica mundial y disminución de costos de operación .....	58
I.4.2 La buena aceptación y demanda que esta teniendo el plástico .....	59
I.4.3 Posibilidad de tener pleno control de las variables que intervienen en el proceso y que pueden tratarse de una forma automatizada y programada .....	62
I.4.4 Calidad del producto como consecuencia del buen manejo de la temperatura y presión de inyección .....	64

I.4.5	Periodicidad del proceso ciclico y programación estadística de la producción ..	65
I.4.6	La intervención del hombre debe ser mínima y si es posible nula en este tipo de proceso manufacturero .....	66
I.4.7	Reducir el índice de accidentes humanos ....	66
I.4.8	Incrementar los índices de prodección por la reducción de tiempos muertos y del tiempo de paro de la máquina por mantenimiento .....	67
I.4.9	El sistema será capaz de desplegar las condiciones necesarias para corregir posibles fallas y deficiencias en la calidad de los productos terminados .....	68
I.4.10	Evitar la obsolescencia de la máquina .....	69
<b>I.5</b>	<b>PROPUESTAS DE SOLUCION Y ELECCION DE UNA EN BASE A NORMAS .....</b>	<b>71</b>
I.5.1	Control electromecánico y control electrónico .....	71
I.5.2	Tabla comparativa de ventajas y desventajas de las diferentes técnicas de control .....	84
I.5.3	Normas establecidas para las máquinas inyectoras de plástico que deberán ser cubiertas por el sistema de control .....	89

<b>C A P I T U L O   I I</b> .....	<b>91</b>
<b>T R A N S D U C T O R E S</b> .....	<b>91</b>
<b>II.1 JUSTIFICACION DE LAS VARIABLES A REGISTRAR</b> .....	<b>92</b>
<b>II.2 CARACTERISTICAS Y SELECCION DE LOS TRANSDUCTORES A UTILIZAR Y SELECCION DE LOS LUGARES OPTIMOS PARA SU TRABAJO</b> .....	<b>100</b>
II.2.1 Características de los transductores .....	100
II.2.2 Métodos de selección .....	102
II.2.3 Principales parámetros .....	104
II.2.4 Selección del transductor a utilizar .....	117
II.2.5 Selección de los lugares óptimos para su trabajo .....	121
<b>II.3 DISEÑO DE LAS ETAPAS DE AUTOMATIZACION DEL SISTEMA</b> .....	<b>124</b>
II.3.1 Circuito eléctrico de la máquina FS-150 .....	124
II.3.1.1 Circuito de la unidad de potencia .....	124
II.3.1.2 Circuito del sistema de grapado .....	127
II.3.1.3 Circuito del sistema de inyección .....	129

II.3.1.4	Circuito del sistema de expulsión .....	133
II.3.1.5	Circuito del final de un ciclo e inicio del siguiente ....	136
<b>II.4</b>	<b>DISEÑO DE LAS INTERFASES PARA C/U DE LOS TRANSDUCTORES .....</b>	<b>142</b>
II.4.1	Introducción .....	142
II.4.2	Etapas de interfase para mediciones de temperatura .....	144
II.4.3	Interfase para mediciones de desplazamiento .....	157
II.4.4	Interfase para mediciones de presión .....	159
II.4.4.1	Interfase de presión en el molde .....	160
II.4.4.2	Interfase de presión hidráulica .	164
<b>II.5</b>	<b>BLINDAJE DE LAS SEÑALES HACIA SUS RESPECTIVAS INTERFASES .....</b>	<b>172</b>
II.5.1	Interferencia electromagnética .....	172
II.5.2	Compatibilidad electromagnética .....	175
II.5.3	Definiciones .....	176
II.5.4	Trayectoria típica del ruido .....	178
II.5.5	Uso de la teoría de redes .....	181
II.5.6	Métodos de eliminación de interferencia ..	185
II.5.7	Blindaje de conductores .....	185
II.5.8	Cable coaxial contra par entrelazado blindado .....	187

II.5.9 Blindaje trenzado .....	152
II.5.10 Uniformidad de la corriente de blindaje .....	193

---

**C A P I T U L O   I I I ..... 197**

**M C U ..... 197**

**III.1 SELECCION Y CARACTERISTICAS DEL MC-68705R3 ..... 198**

III.1.1 Selección ..... 198

III.1.2 Características del MC68705R3 ..... 203

III.1.3 Características del Hardware ..... 204

III.1.4 Características del Software ..... 205

III.1.5 Asignación y descripción de terminales . 206

III.1.6 Memoria ..... 214

III.1.7 Unidad Central de Procesamiento ..... 216

III.1.8 Convertidor Analógico/Digital ..... 219

III.1.9 Modos de direccionamiento ..... 221

**III.2 CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL TECLADO ..... 225**

III.2.1 Tipos de teclados ..... 225

III.2.2 Roll over de orden "N" ..... 229

III.2.3 Rebote de teclas ..... 232

III.2.4 Selección y características  
del teclado ..... 234

III.2.5 Teclados de membrana ..... 237

III.2.6 Teclados de botones de presión ..... 238



III.2.7 Configuración del teclado que cumple con las necesidades exigidas por el sistema.	241
<b>III.3 SISTEMAS DE VISUALIZACION Y PREVENCION</b>	<b>243</b>
III.3.1 Display LED	243
III.3.1.1 Principio de operación	243
III.3.1.2 Características típicas para un display de siete segmentos	245
III.3.2 Display LCD	245
III.3.2.1 Principio de operación	245
III.3.3 Selección y aplicación del visualizador	252
III.3.4 Prevención	257
<b>III.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y ADQUISICION DE DATOS</b>	<b>258</b>
III.4.1 Descripción de los sistemas de control y acceso de datos	260
III.4.2 Secuencia de operación automático y manual	269
<b>III.5 DESARROLLO DEL SOFTWARE NECESARIO PARA EL CONTROL, VISUALIZACION Y ADQUISICION DE DATOS PARA C/U DE LOS SISTEMAS</b>	<b>281</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>331</b>

**B I B L I O G R A F I A .....333**

**HOJAS DE DATOS TECNICOS .....337**

# INTRODUCCION

## I N T R O D U C C I O N

El número de industrias que se dedican a la elaboración de materiales termoplásticos por el procedimiento de inyección ha crecido considerablemente en los últimos tiempos. De año en año crece también el número de personas ocupadas en este sector, por lo que era de esperar una tesis dirigida a los interesados con deseos de información, que les pueda servir de ayuda para resolver sus problemas de trabajo.

Hoy en día la optimización de los procesos se ha vuelto indispensable, ya que se tiene que producir con mejor calidad, reduciendo también los costos de operación, es por ello que el control de las variables que intervienen en las máquinas de inyección adquiere gran importancia.

Tres pasos son las únicas operaciones en que deben coordinarse las variables mecánicas y térmicas del equipo de inyección. Estos pasos son: elevar la temperatura del plástico, permitir que el plástico se solidifique en el molde y abrir el molde para extraer el producto final. Estas operaciones determinan la productividad del proceso, pudiendose realizar de una manera más efectiva con la ayuda de un microcontrolador.

Con el incremento en el uso de microcontroladores de una sola pastilla, el diseño debe acomodar todas las funciones del sistema dentro de los límites fijos del circuito integrado. En el caso de las máquinas de inyección de plásticos, éstas permiten tener un

control eficiente de temperaturas, presiones, posiciones y velocidades de interés, manteniendo un control automático de las variables en un rango preestablecido, lo cual determina la productividad de los procesos y la calidad del producto final. Una de las ventajas de los microcontroladores es el hecho de contener todas las funciones en un solo circuito integrado. Además de la reducción de alambrado y la reducción de tiempo de respuesta desde que se recibe el dato hasta que se envía la señal de salida.

En el capítulo I se describe brevemente el proceso y funcionamiento de las máquinas inyectoras y se explican las razones para automatizar el proceso; así mismo, se dan diferentes alternativas, para finalmente proponer una solución eficiente.

En el capítulo II se justifican las variables de control, siendo éstas las más importantes en el proceso de control. Se seleccionan los transductores a utilizar y se presenta un diseño que permita acondicionar las variables de control y ser procesadas por el microcontrolador, además se justifica el blindaje de las señales hacia el microcontrolador.

En el capítulo III se seleccionan los dispositivos periféricos que se conectan al microcontrolador, indicando los criterios y puntos de relevancia que permitieron seleccionar el microcontrolador, el display, el teclado, el sistema de adquisición de datos y el sistema de control de la máquina inyectora. En esta

parte también se desarrolla el software necesario para el control de la máquina, el cual incluye diferentes rutinas como: adquisición de datos, despliegue de información, control y monitoreo de entradas y salidas, rutinas de diagnóstico y de autoprueba y señales de aviso de alarma.

Finalmente se anexan conclusiones respecto al diseño propuesto en torno al uso del microcontrolador, se proporciona la bibliografía de referencia y las hojas de datos técnicos de los dispositivos electrónicos utilizados en el diseño propuesto.

# CAPITULO I

## **I.1 EL PROCESO DE INYECCION DE PLASTICO.**

### **I.1.1 NATURALEZA DE LOS PLASTICOS.**

El término **plásticos** es tan amplio como el término **metales**. Los plásticos son compuestos orgánicos que, producidos sintéticamente, poseen unas características físico-químicas especiales y, por ser parecidos a las resinas naturales, también se les llama resinas artificiales.

El primer plástico se introdujo a principios del siglo XX. En la actualidad, existen 40 familias de materiales plásticos básicos de uso común, que se producen por millones de toneladas al año. El uso tan extendido de los plásticos se explica por sus características, que los hacen estupendos candidatos para remplazar ventajosamente a otros materiales, y por sus propiedades inherentes, que se ajustan a usos para los que los plásticos son los únicos materiales adecuados (por ejemplo, una válvula cardiaca).

Algunas de las características más sobresalientes de los plásticos son: ligereza, resistencia a la corrosión, aislamiento eléctrico y térmico, coloración y resistencia a las sustancias químicas. Los plásticos se producen en grandes cantidades a muy bajo coste; en la mayoría de los casos, los productos pueden



usarse sin necesidad de procesos adicionales. También poseen muchas otras características, algunas de ellas inherentes a materiales específicos, como lubricidad, transparencia, resistencia, etc. Se trata de una lista impresionante y, si añadimos a éstas las propiedades obtenidas por la combinación de los plásticos con fibras, minerales y otros aditivos, visualizaremos un panorama de aplicaciones que ningún otro material puede igualar.

Existen dos grupos básicos de materiales plásticos: **termoestables** o **termoendurecibles** y **termoplásticos**. Los termoestables son insolubles en todo tipo de disolvente, además, sólo se les puede tratar por el calor una vez antes de su endurecimiento o, lo que es lo mismo, antes de su formación, después de la cual, si se les vuelve a calentar, se da su descomposición química. Son plásticos termoestables típicos, los de fenol-formaldehído, urea-formaldehído, siliconas, etc.

Los termoplásticos son solubles en muchos disolventes orgánicos, se reblandecen por el calor y se vuelven rígidos por enfriamiento; este proceso de reblandecimientos, por calor, moldeo y enfriamiento, puede repetirse las veces que se desee y en contadas ocasiones se ven alteradas las propiedades del plástico. Entre los materiales termoplásticos típicos pueden citarse: acetato de celulosa, nitrocelulosa y polímeros vinílicos. Es posible, a través de algunos procesos químicos, lograr la

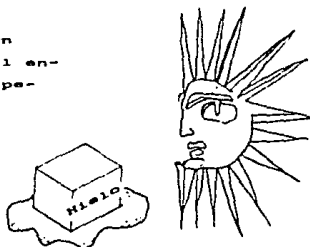
conversión de los materiales termoplásticos en termoestables y viceversa.

Las fuentes de donde se extraen las materias primas necesarias para la obtención de la mayoría de los plásticos son: carbón, petróleo, piedra caliza, sal, agua, aire y celulosa de algodón y de madera. Estos materiales sufren un gran número de descomposiciones y recombinaciones hasta producir un plástico comercial. Con otras palabras, estas materias primas son simplemente la fuente de los elementos y de los compuestos básicos que se utilizan en la composición de un plástico terminado.

Es común en la industria referirse a los materiales plásticos como **polímeros** (del griego **poli**, varios, y **meros**, partes). Los polímeros son sustancias formadas por unidades estructurales, cada una de las cuales puede considerarse como derivada de un compuesto específico denominado **monómero**. Para fines de visualización, un monómero puede compararse al eslabón de una cadena, donde la cadena viene a ser el constituyente práctico de un material plástico. El monómero es entonces la unidad estructural básica del plástico y es un compuesto químico simple cuya utilidad se ve incrementada cuando reacciona con él mismo o con otro monómero y se convierte en un polímero. Estos pequeños bloques estructurales se llaman también **moléculas** y, cuando reaccionan una con otra, forman una cadena molecular. El proceso de formar una estructura

## Termoplásticos

Se ablandan cuando se calientan lo suficiente y se endurecen al enfriarse. Este proceso puede repetirse innumerables veces.



## Termoestables

Adquieren forma permanente cuando se someten a calentamiento y presión. No se ablandan al recalentarse.

Fig. I.1.1. Características de los materiales termoplásticos y de los termoendurecibles.

molecular a manera de cadena a partir de su propio monómero o de otros monómeros se conoce como **polimerización**. La polimerización es un proceso químico que se lleva a cabo bajo la acción del calor y de la presión y, con frecuencia, en la presencia de otros químicos que intervienen en la formación de las largas cadenas del polímero. Las cadenas moleculares pueden ser lineales, tener ramificaciones o formar una red en un plano o en el espacio. Las cadenas moleculares se entrelazan para formar el polímero terminado. Ver la figura I.1.2.

que se enfríen. Los termoestables, en cambio, no se han polimerizado antes de ser procesados y la reacción química toma lugar durante el proceso, generalmente por efecto del calor, de un catalizador o de la presión.

Los métodos más importantes empleados en el moldeo de los plásticos son:

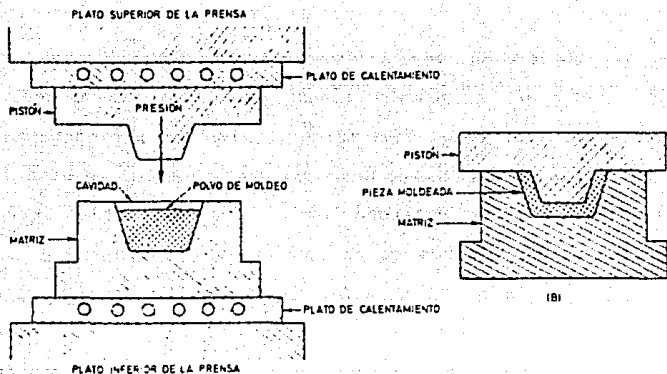
- Moldeo por compresión.
- Moldeo por inyección.
- Moldeo por transferencia.
- Moldeo por extrusión.
- Sopladura.
- Estirado.
- Vaciado

A continuación se describen brevemente las características principales de cada uno de estos métodos, con excepción del moldeo por inyección que se tratará con mayor detalle en el subtema siguiente.

1) **Moldeo por compresión.** Este método es especialmente aplicable al moldeo de plásticos termoestables, y su carácter definitorio es el calentamiento y la conformación por presión de un

polvo de moldeo en la cavidad de un molde inserto entre las platinas de una prensa hidráulica.

Las operaciones que se realizan en este tipo de moldeo son: carga del molde, con dosificación ponderal o volumétrica de la resina, el polvo o granulada; adaptación de la resina a la matriz del molde, obtenible ejerciendo moderada presión a moderada temperatura de precalentamiento; desgasificación, que tiene lugar aflojando ligeramente los bloques inmediatamente después del precalentamiento para liberar los gases formados a consecuencia de la condensación de la resina, con lo que se evita la formación de burbujas o falsas adaptaciones de la resina a la matriz; compresión, lenta y gradual para permitir la buena adaptación de la resina al molde; cocción, que se realiza con la estampa cerrada y comprimida durante la cual se realiza el proceso de policondensación, y, por tanto, de endurecimiento; y extracción de las piezas estampadas, efectuada mediante extractores accionados por la prensa durante la apertura del molde. El tiempo de moldeo se determina siempre con pruebas preliminares y, generalmente, lo indica el fabricante de la resina.



A. Molde abierto

B. Molde cerrado.

Fig. I.1.3. Moldeo por compresión.

2) Moldeo por transferencia. Por él se puede aplicar a los plásticos termoestables un procedimiento semejante al moldeo por inyección. La operación se complica por el hecho de que los plásticos termoestables permanecen plásticos poco tiempo a temperaturas elevadas, en virtud de la aceleración térmica de las reacciones químicas, que convierten las resinas en masas duras e infusibles. Esto exige la minuciosa limitación del calor plastificante máximo a sólo la cantidad aproximada del compuesto de moldeo necesario para cada descarga dentro del molde. En la práctica, esto significa cargar la cámara de caldeo sólo con la cantidad de material necesaria para cada ciclo. El procedimiento difiere también del moldeo por inyección de termoplásticos, en que el molde se mantiene caliente constantemente para completar la transformación del plástico al estado curado.

El moldeo de plásticos termoestables por inyección en estado plástico dentro de un molde caliente se ha llamado moldeo por transferencia, y en él se plastifica el plástico por contacto con las superficies calentadas de una cámara de presión; se hace fluir el material por un estrecho pasaje en el cual sigue el calentamiento, en algunos casos hasta las fases finales de la reacción; se traslada este material en estado rápidamente fluente hasta un molde cerrado; se llena la cavidad sin bruscas variaciones en la elevada presión aplicada; se aplica presión al plástico en la cavidad del molde mientras se calienta para que fragüe el material plástico fraguado, y, finalmente se expulsa del molde el artículo terminado y el exceso del material de la cámara de presión, quedando lista para otro ciclo de moldeo.

El moldeo por transferencia es especialmente útil porque se evita la erosión de las matrices, la ruptura de pequeños pasadores y el desplazamiento y deterioro de las inserciones, tan comunes en el moldeo por compresión. Pueden usarse con éxito inserciones frágiles, como piezas de vidrio y piezas metálicas delgadas. En el moldeo por transferencia se produce una densidad mayor y más uniforme, y la separación del plástico del relleno se reduce al mínimo. Aunque la necesidad de dejar tiempo suficiente para el curado del plástico en el molde impone una limitación en la velocidad que puede emplearse con este método, el tiempo total que el material permanece en el molde es bastante menor que en el moldeo por compresión. Además, el previo calentamiento electrónico

del compuesto acelera el ciclo de moldeo por transferencia y simplifica los problemas de la incorporación de inserciones.

3) **Moldeo por extrusión.** Cuando se ablanda un plástico y se le obliga a pasar por una boquilla que le da la forma deseada, la operación se conoce con el nombre de extrusión o estirado a presión. Antiguamente se empleaba el método de extrusión húmeda, pero paulatinamente ha sido remplazado por el método moderno de moldeo por extrusión, que es un proceso continuo y seco en una máquina de tornillo sin fin. El material en polvo introducido en la máquina es empujado por un husillo contra la pared del cilindro, donde es plastificado por fricción y por el calor de la camisa de vapor. El material plastificado pasa forzosamente por matrices para producir láminas, barras, tubos y perfiles de diversas formas y tamaños. El material termoplástico sale de la matriz en estado blando, siendo llevado por una banda transportadora hasta que está lo suficiente frío para poder manejarlo. El artículo se suele enfriar por lo general mediante chorros de aire o por baños de agua.

4) **Estirado.** Consiste en extender un plástico en láminas sobre una forma o hacerle pasar por una matriz por medio de un émbolo con la forma apropiada. Este método se aplica a los materiales termoplásticos. La matriz para el estirado de compone de una placa perforada, émbolo y placa de presión.



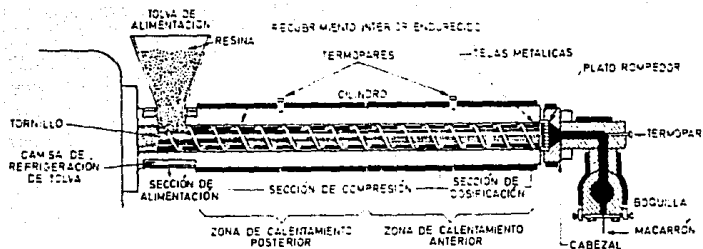


Fig. I.1.4. Moldeo por extrusión.

La lámina de plástico previamente calentada se pone sobre la placa matriz y los bordes se sujetan por la placa de presión. Entonces desciende el émbolo conformado y estira el material en la matriz de manera que se ajusta estrechamente alrededor adoptando su forma. Una vez que el material se ha enfriado y endurecido, se retira el émbolo y se saca la pieza.

5) **Sopladura.** Hay dos métodos de moldeo por sopladura: el directo y el indirecto. En el primero, la sopladura se efectúa nada más formarse groseramente la pieza por inyección o extrusión; en el segundo, la sopladura se hace partiendo de un material en forma de lámina o tubo, que se vuelve a calentar antes de soplarlo. El método indirecto suele producir superficies más lisas y paredes de espesor más uniforme que el directo, pero desperdicia más material

y es más costoso para competir con el método directo en la producción a gran escala.

6) **Vaciado.** A diferencia de los métodos expuestos, en el vaciado no se aplica ninguna presión. El vaciado puede hacerse con los dos tipos de plástico. Los compuestos formadores de resina se hechan dentro de un molde abierto y se curan. Con los plásticos termoestables, se puede hacer esto con calor o con un catalizador, en tanto que con los termoplásticos se suele hacer a menudo enfriando solamente. Los moldes no están sometidos al desgaste producido por presiones o temperaturas muy elevadas, por lo que se pueden hacer de materiales relativamente baratos. No se necesita maquinaria complicada. Perfeccionamientos recientes han indicado el camino para hacer artículos grandes empleando técnicas de vaciado; se evita así la limitación con que tropezaba este método; además, las piezas vaciadas se pueden trabajar después a máquina para obtener artículos labrados.

## I.2 CARACTERISTICAS Y FUNCIONAMIENTO DE LAS MAQUINAS INYECTORAS DE PLASTICO.

### INTRODUCCION.

El proceso de moldeo por inyección consiste en hacer pasar a presión el material plástico en estado semilíquido desde un cilindro caliente a las dos mitades de un molde mantenidas juntas. Después de un cierto tiempo de enfriamiento, se abren las dos mitades del molde y la pieza que se ha formado puede ser removida; naturalmente existe coordinación entre la apertura y el cierre de las dos mitades para establecer así una secuencia de operaciones, que en un proceso automático pueden repetirse sistemáticamente.

El moldeo por inyección es quizás el método más característico de la industria de plásticos, y se puede definir como la técnica o método de moldeo en la que un polímero sintético o resina se funde y, en estado semilíquido, se inyecta a alta presión en un molde cerrado, hasta llenarlo completamente; el polímero se enfría dentro del molde y solidifica; finalmente se abre el molde y se extrae la pieza moldeada. Ver figura I.2.1. La operación se realiza de modo continuo y automático en las máquinas proyectadas y construidas con este objeto.

Según lo anterior, pudiera creerse que el moldeo por inyección se aplica solamente a las resinas termoplásticas; aunque es cierto que esta tecnología se ha desarrollado

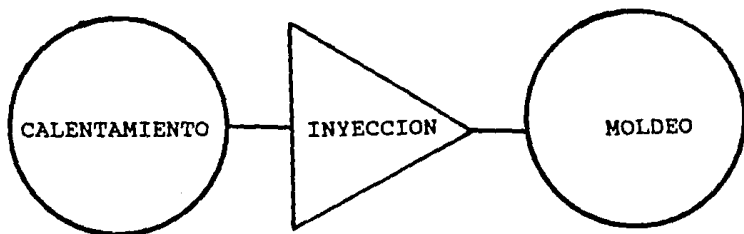


Fig. I.2.1.

paralelamente a la expansión de los polímeros termoplásticos, en la actualidad el moldeo por inyección se emplea también con materiales termoestables o termofijos.

La meta ideal del moldeo por inyección es obtener el mayor número posible de piezas con la máxima calidad en el mínimo tiempo. Puesto que en el moldeo por inyección, un polímero en estado semilíquido y caliente, no newtoniano, fluye a través de conductos o canales de compleja geometría, cuyas paredes están mucho más frías que el propio polímero semilíquido, y llena un molde que también tiene paredes frías, es natural que este método de moldeo presente muchos problemas, la mayoría de ellos demasiado complicados para poder intentar dar solamente soluciones teóricas. No obstante, se conocen hoy algunos principios teóricos

suficientemente bien establecidos que, unidos a la enorme experiencia y al gran desarrollo tecnológico de los últimos años, han llevado al actual estado de desarrollo de esta tecnología.

Según lo que acabamos de exponer, es evidente que el proceso en lo que al material de moldeo se refiere, puede dividirse en dos fases: en la primera tiene lugar la fusión del material, y en la segunda la inyección del material en el molde. La manera de realizar estas dos fases de transformación del material es lo que distingue a las máquinas primitivas de las más modernas, y lo que diferencia las diversas técnicas y máquinas de inyección utilizadas actualmente.

En las máquinas que pudiéramos llamar convencionales, la fase primera de fusión se realiza en una cámara cilíndrica de calefacción que tiene capacidad para una cantidad de material muy superior a la que entra en cada inyección en el molde (ver la figura I.2.2a.).

El material de moldeo, en forma de gránulos o granza, entra en el cilindro de calefacción a través de una tolva de alimentación situada en la parte posterior del cilindro; el material se calienta y funde en el cilindro de calefacción al mismo tiempo que circula hacia la parte anterior de éste, empujado en veces sucesivas por las emboladas de un pistón que se mueve ajustadamente en el propio cilindro de calefacción; este pistón actúa de pistón de inyección

y obliga al material fundido a pasar desde el cilindro de calefacción a las cavidades.

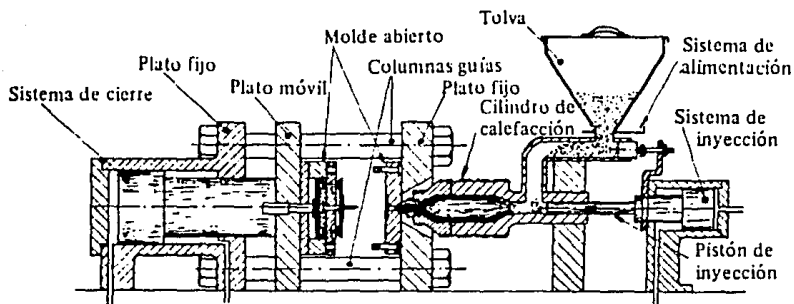


Fig. I.2.2a.

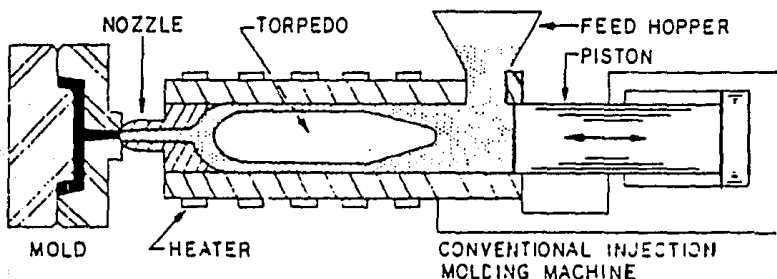


Fig. I.2.2b.

del molde, realizando así la segunda fase del proceso. Por tanto, en estas máquinas tanto la fusión como la inyección se realizan en un solo cilindro diseñado para cumplir estos dos fines. En otras máquinas más modernas la fusión se realiza en una cámara o cilindro independiente, y el material fundido pasa a un segundo

cilindro desde el cual se inyecta en las cavidades del molde; en este tipo de máquina las dos fases de fusión e inyección se realizan en cilindros independientes; al primero de ellos se le conoce como cilindro plastificador y al segundo como cilindro de inyección; las máquinas que emplean esta disposición reciben el nombre de **máquinas preplastificadoras** y la técnica que utilizan se llama de **inyección con preplastificación**.

La máquina convencional esquematizada en la figura I.2.2a se puede considerar constituida por los elementos básicos siguientes:

- El **sistema de alimentación** que mide una cantidad constante de material en cada ciclo.
- Un **pistón** que empuja al material dentro de la cámara de calefacción y le da presión para que entre en el molde.
- Una **cámara de calefacción** que calienta uniformemente el material a una temperatura suficiente para que pueda fluir al ser sometido a la presión del pistón.
- El **molde** en el que se inyecta el material. Este molde consiste en dos mitades, que se abren en un momento determinado del ciclo de moldeo y permiten así extraer la pieza moldeada.

- Un mecanismo de cierre que mantiene unidas las dos mitades del molde durante el ciclo de inyección.
  
- Un sistema de controles para que los distintos mecanismos actúen con la secuencia adecuada.

En la figura I.2.2b puede apreciarse bien la disposición de estos elementos.

En una máquina convencional de este tipo, los tiempos y movimientos necesarios para realizar el ciclo de inyección pueden considerarse como sigue:

a) **Tiempo para cerrar el molde**, durante el cual actúa el sistema de cierre, la máquina ejecuta el movimiento necesario y cierra el molde a presión.

b) **Tiempo de inyección**, durante el cual avanza el pistón y realiza la inyección; al mismo tiempo se cierra la entrada de material al cilindro de calefacción. El tiempo necesario para la inyección depende del polímero empleado, de la temperatura que éste alcanza, de la velocidad de avance del pistón, del tamaño del molde y del tamaño de los conductos que ponen en comunicación al molde con el cilindro de calefacción. En este tiempo el molde se llena con el polímero inyectado.



**c) Tiempo de moldeo**, durante el cual el molde permanece cerrado y el pistón de inyección en posición avanzada. El polímero se enfría dentro del molde y por esta causa se contrae; el pistón mantiene la presión dentro de la cavidad de moldeo haciendo entrar en ésta más polímero, compensando así la contracción. Este período puede variar entre unos segundos o varios minutos.

**d) Tiempo con el molde cerrado**, necesario para enfriar el polímero que ocupa las cavidades; en este tiempo el pistón de inyección retrocede y con ello hace el sistema de alimentación que queda así listo para el ciclo siguiente.

**e) Tiempo de apertura del molde**, durante el cual se abre el molde. Este tiempo viene siendo aproximadamente constante para cada máquina.

**f) Tiempo de extracción de la pieza**, durante el cual se saca la pieza moldeada de la cavidad de moldeo.

**g) Tiempo con el molde abierto**, que generalmente es muy corto, pero que puede llegar a ser considerable, por ejemplo, cuando es preciso colocar inserciones metálicas en el molde, necesarias para el ciclo siguiente.

En el proceso así descrito cabe señalar algunas limitaciones que determinan el máximo número de piezas que pueden moldearse por unidad de tiempo; evidentemente es necesario un tiempo para que la máquina ejecute todos sus movimientos mecánicos, tales como apertura y cierre del molde, avance del pistón de inyección, etc.; éstos son tiempos muertos que no pueden usarse para moldear piezas, estrictamente hablando, y conviene que se reduzcan lo más posible para aumentar la producción horaria de la máquina. La capacidad de calefacción de la cámara es otra limitación que determina la máxima cantidad de polímero que puede calentar adecuadamente la máquina. Finalmente, los tiempos necesarios para llenar el molde y enfriar la pieza moldeada son una tercera limitación a la producción horaria de la máquina.

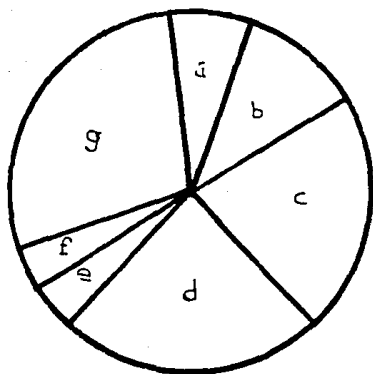
El proceso que acabamos de describir consta de los pasos siguientes :

1. Cargar una cantidad medida de material de moldeo (en forma de polvo o gránulos) en la parte posterior de la cámara de calefacción.
2. Fusión del material a medida que, en ciclos sucesivos, avanza a lo largo de la cámara de calefacción hacia la salida de la máquina.

3. Inyección del polímero fundido en un molde frío y previamente cerrado.

4. Enfriamiento del polímero inyectado dentro de la cavidad o cavidades de moldeo.

5. Extracción de la pieza o piezas moldeadas.



- a) Tiempo para cerrar el molde
- b) Tiempo de inyección
- c) Tiempo de moldeo.
- d) Tiempo con el molde cerrado
- e) Tiempo de apertura del molde
- f) Tiempo de extracción.
- g) Tiempo con el molde abierto

Fig. I.2.3.

### I.2.1 CONCEPTOS BASICOS DE LA MAQUINA DE MOLDEO POR INYECCION.

Antes de seguir adelante, conviene aclarar y definir algunos conceptos y vocablos de las máquinas, moldes y tecnología del moldeo por inyección.

Con respecto a la máquina, debemos considerar las siguientes características:

**Capacidad de inyección:** Es el volumen de material que es capaz de inyectar la máquina de una sola vez en un molde a una presión determinada. La capacidad de inyección da una idea de las posibilidades de la máquina considerada; viene determinada por el diámetro y la carrera del pistón de inyección, así como por el tipo de molde utilizado, la temperatura que alcanza el polímero fundido, la presión a que se inyecta y otras variables.

En los catálogos de los fabricantes de máquinas de inyección se suele indicar la capacidad de inyección expresada como el peso máximo en gramos que puede inyectar la máquina en un solo ciclo, suponiendo que no se ha colocado ningún molde o que éste ofrece muy poca resistencia a la entrada del polímero. Cuando se coloca un molde que es algo más difícil de llenar, la capacidad real de inyección de la máquina es siempre algo menor que la indicada en el catálogo. En las primeras máquinas se expresaba la capacidad de inyección referida a los materiales utilizados entonces, acetato de celulosa y poliestireno, pero en los catálogos de las máquinas

modernas no es raro encontrar este peso máximo de material inyectado referido a los diversos materiales que hoy se utilizan para inyección. También es frecuente expresar la capacidad de inyección de la máquina, simplemente como el volumen ( $\text{cm}^3$ ) barrido por el pistón de inyección en su recorrido hacia adelante.

**Capacidad de plastificación:** Es otro dato muy importante para evaluar las posibilidades de una máquina de inyección; al igual que en el caso anterior, no es fácil expresar numéricamente este concepto ni es posible atribuirle un valor fijo. Se puede definir como el número de kilos de material que la máquina es capaz de plastificar en una hora.

Para comprender mejor este criterio, es preciso aclarar que por plastificar un polímero se debe entender el calentarlo lo suficiente para que alcance una temperatura a la que pueda ser inyectado. Evidentemente, la capacidad de plastificación depende de la eficacia de calefacción de la cámara de plastificación, y esta eficacia depende a su vez de la distribución de temperaturas y de las propiedades térmicas del polímero que se calienta.

**Presión de inyección:** Es una característica mejor definida. Se entiende por presión de inyección la medida en la cara delantera  $A$  del pistón de inyección (ver la figura I.3.1); como este pistón está actuado por otro pistón hidráulico al que es solidario, la fuerza en ambas caras  $A$  y  $a$  debe ser la misma, y si  $p$  es la presión de la línea hidráulica y  $P$  la presión de inyección, se cumplirá  $P_a$

$= p\Lambda$ , o sea  $P = p \Lambda/a$ . La presión  $p$  en la línea puede leerse en un manómetro  $M$  y la relación  $\Lambda/a$  entre las caras de los pistones es una característica de construcción de la máquina que debe conocerse. Las máquinas modernas se construyen con relaciones de  $\Lambda/a$  de 8 a 9 generalmente, y trabajan con presiones de inyección de 1200 hasta 1800  $\text{kg/cm}^2$ .

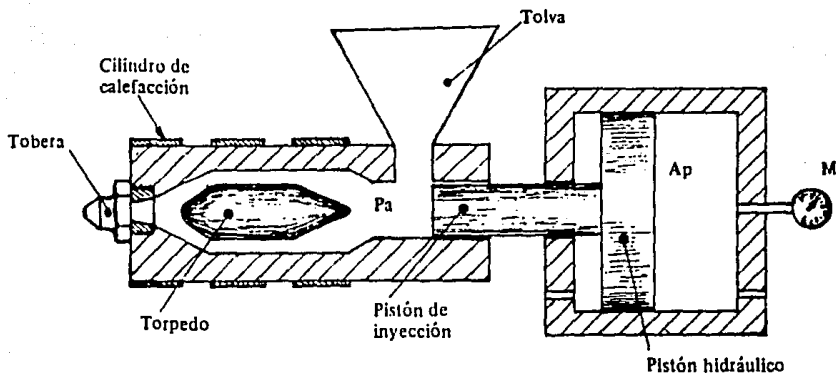


Fig. 1.2.4.

**Fuerza de cierre:** Es aquella que mantiene unidas las dos mitades del molde mientras en la cavidad de moldeo se desarrolla la máxima presión como consecuencia de su llenado. Como ya hemos dicho, la presión en la cavidad de moldeo es mucho menor que la presión de inyección, pero desarrolla una fuerza que tiende a separar las dos mitades del molde y que viene dada por el producto de la presión en la cavidad por el área proyectada de ésta; esta fuerza de apertura del molde puede ser muy grande y necesita ser contrarrestada por una fuerza de cierre que en todo momento sea superior a ella, para así asegurar que el molde se mantiene cerrado durante la inyección. Cuanto mayor es la fuerza disponible para mantener cerrado el molde, tanto mayor es el área transversal de la pieza que puede moldearse a igualdad de las demás condiciones.

**Velocidad de inyección:** Es volumen de material que sale por unidad de tiempo durante el período de inyección y se mide en  $\text{cm}^3/\text{seg}$ . Es una medida de la rapidez con la que puede llenarse un molde dado. Para una presión de inyección y temperatura del fundido determinadas, la máxima velocidad de inyección que puede conseguirse depende del material de moldeo utilizado, del camino que debe recorrer el polímero fundido hasta llegar a las cavidades de moldeo y de la velocidad de avance del pistón de inyección, que a su vez esta determinada por las características del sistema hidráulico empleado para actuar a dicho pistón de inyección.

### I.2.2 TIPOS DE MAQUINAS DE INYECCION.

Considerando la máquina convencional de la figura I.2.5., puede apreciarse lo conveniente que es estudiarla como constituida por las seis partes o unidades fundamentales siguientes:

- Unidad de alimentación.
- Unidad de plastificación.
- Unidad de inyección.
- Sistema de cierre.
- Unidad motriz (sistema hidráulico).
- Sistema de control.

Desde luego, las primeras máquinas que se construyeron y utilizaron no eran tan complejas como la de la figura I.2.2, mientras que otras máquinas más modernas pueden parecer más complicadas.

Naturalmente, en los primeros tiempos no se tenía un conocimiento tan profundo del proceso como en la actualidad, y la evaluación y construcción de las máquinas así como el moldeo eran un arte y una tecnología basada en pocos conceptos científicos y con pocos fundamentos básicos; sin embargo, aquellas máquinas podían encuadrarse perfectamente en el esquema de seis unidades que acabamos de indicar.



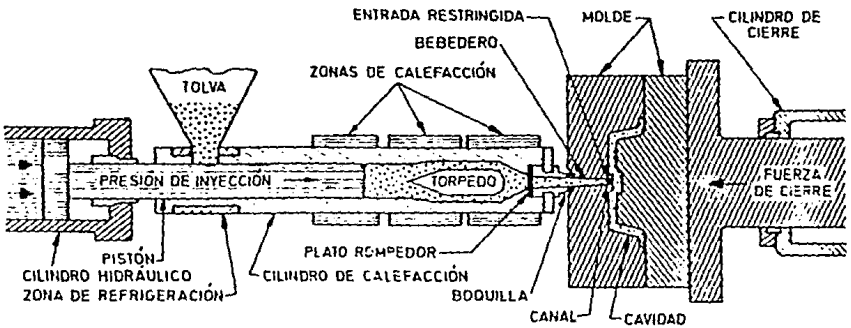


Fig. I.2.1.1.2

En cuanto a la complejidad de las máquinas más modernas dicha complejidad solo estriba en las soluciones o refinamientos

conseguidos al construir cada una de las unidades fundamentales indicadas.

A la hora de proyectar y construir una máquina estas unidades fundamentales pueden acoplarse de varias maneras; en particular, la manera de disponer las unidades de inyección y de cierre permite distinguir entre varios tipos de máquinas, todos los cuales han sido construidos por uno u otro fabricante; fundamentalmente los conceptos básicos de funcionamiento son idénticos para todos los tipos. De acuerdo con la posición del eje del pistón de inyección, es decir, de la dirección en la que se realiza la inyección, se habla de **máquinas con sistema de inyección vertical u horizontal**. Análogamente, según la dirección en que actúa la fuerza que mantiene cerrada las dos mitades del molde, se distingue entre **máquinas de cierre vertical y de cierre horizontal**.

La última consecuencia de considerar independientes las unidades de cierre y de inyección ha permitido en los últimos tiempos la construcción de máquinas " a medida ", de acuerdo con la pieza que se desea moldear, aprovechando así al máximo las posibilidades de ambas unidades de la máquina y abaratando el proceso tanto desde el punto de vista de costos de operación como desde el punto de vista de inversión de equipo, lo que es particularmente interesante para el caso de moldear piezas grandes, que requieren moldes y máquinas también muy grandes.

En las figuras I.2.3a,b y c se puede apreciar las diferentes fases de una máquina de inyección con el sistema de preplastificación.

En conexión con estas ideas fundamentales podemos ahora comprender el problema económico que a veces se plantea cuando se desea moldear piezas de gran sección transversal y pared delgada, que pesan relativamente poco, por ejemplo bandejas o cajas grandes de poca profundidad. Este tipo de piezas requiere grandes fuerzas de cierre que normalmente, sólo se encuentran en máquinas grandes que tienen también grandes capacidades de inyección. La máxima capacidad de inyección de la máquina debe ser por lo menos igual al peso de la pieza que debe ser moldeada y cuanto mayor es el área transversal de la pieza tanto mayor debe ser la fuerza de cierre. En las máquinas usuales aunque hay cierta proporcionalidad entre la fuerza de cierre y la capacidad de inyección no hay ningún criterio definido, ni puede haberlo para decidir la relación que deben guardar estas características de la máquina. Si para moldear el tipo de pieza indicado anteriormente elegimos una máquina con la suficiente fuerza de cierre, probablemente dispondremos de una capacidad de inyección excesiva y sólo emplearemos una fracción de ésta; evidentemente, no se aprovecha la unidad de inyección (ni la de plastificación), ni siquiera en la mitad de sus posibilidades, lo que no resulta lógico ni económico.

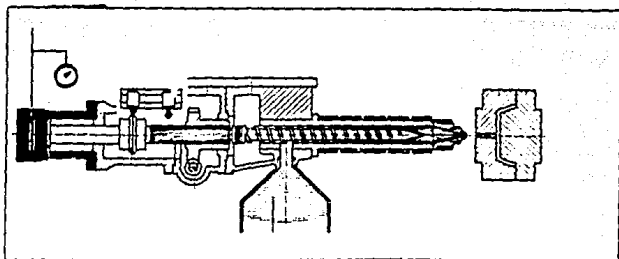


Fig. I.2.1.3a

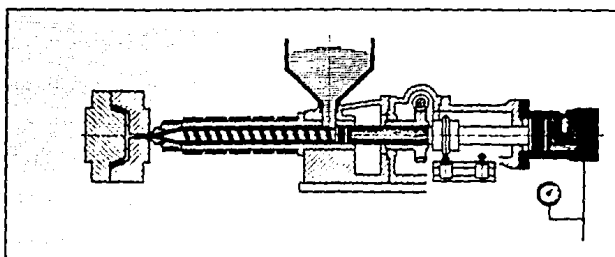


Fig. I.2.1.3.b

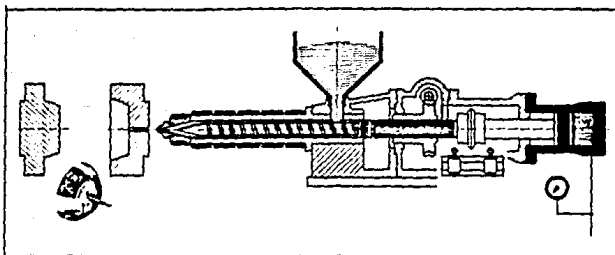


Fig. I.2.1.3.c

También puede presentarse el caso inverso cuando se pretenda moldear piezas muy compactas, con gruesos espesores de pared y sección transversal pequeña; si en este caso se elige una máquina de suficiente capacidad de inyección, la máquina tendrá probablemente una gran fuerza de cierre que no se aprovechará como se debe. La única solución a estos problemas es construir por separado estas unidades, en varios tamaños y potencias, y construir la máquina después de haber elegido las unidades de inyección y de cierre más adecuadas para el trabajo que se desea realizar, de este modo la máquina se aprovecha en sus máximas posibilidades y resulta más conveniente y económica. Otra ventaja adicional, es la de intercambiar estas unidades convenientemente, cuando se precise moldear otros tipos de piezas.

Aunque se puede señalar como desventaja la necesidad de montar y desmontar las unidades necesarias cuando se cambia de trabajo, en el caso de producciones muy largas o de piezas muy grandes, esta desventaja no es demasiado importante.

Algunos fabricantes han adoptado hace algunos años estas ideas y construyen unidades de varios tamaños intercambiables entre sí, que se pueden montar como las piezas de un mecano para construir " a medida " la máquina de inyección más ajustada a las necesidades de moldeo planteadas.

## **I.3 CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS**

### **INTRODUCCION**

Antes de empezar la producción, es necesario tener decidido lo que se va a fabricar. El siguiente paso es la fabricación real del producto. Finalmente se debe determinar si el producto fabricado responde a lo que se había propuesto. Es conveniente pensar en todos los aspectos relacionados con la calidad del producto fabricado en los términos de estas tres funciones: **especificación producción y control.**

El control estadístico de calidad debe considerarse como el instrumento que puede influir en las decisiones relacionadas con las tres funciones de especificación, producción e inspección. Para conseguir la mayor efectividad en su empleo, debe lograrse la cooperación de los responsables de estas tres diferentes funciones.

#### **I.3.1 BASES ESTADISTICAS**

La expresión control estadístico de calidad, puede emplearse para cubrir todas las aplicaciones de las técnicas estadísticas con este propósito. En los cuatro apartados siguientes se relacionan las técnicas estadísticas más utilizadas en control de calidad:

1. Gráficos de control de las características de calidad

medibles. En el lenguaje técnico se representan mediante gráficos de variables, o sea gráficos  $\bar{X}$  y R (media y amplitud) y gráficos X y  $\sigma$  (media y desviación tipo).

2. Gráfico de fracción defectuosa en lenguaje técnico se representa por el gráfico p.
3. Gráfico de control del número de defectos por unidad, representado por el gráfico c.
4. Aquella parte de la teoría del control por muestreo, que trata de la protección de la calidad especificada.

### **I.3.2 REPRESENTACION GRAFICA DE UNA DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS.**

Se ofrecen tres tipos de representación gráfica de distribuciones de frecuencias. El histograma de frecuencias (figura I.3.1a), que en algunos aspectos es el mejor. En este gráfico, los lados de las columnas representan los límites superior e inferior de la clase, y sus alturas, así como sus áreas, son proporcionales a las frecuencias de las mismas. El diagrama de barras (figura I.3.1b) emplea barras en los valores centrales de las clases, cuyas alturas son proporcionales a sus frecuencias. El polígono de frecuencias (figura I.3.1c) consiste en una serie de segmentos que unen los puntos cuyas abcisas son los valores centrales de cada

clase y cuyas ordenadas son proporcionales a sus frecuencias respectivas.

Fig. 1.3.1a Histograma de Frecuencias

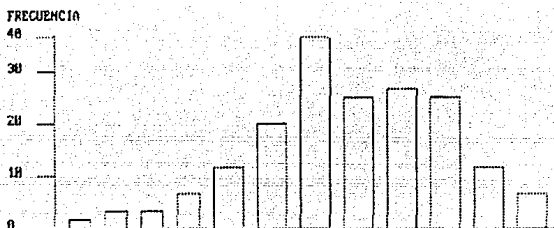
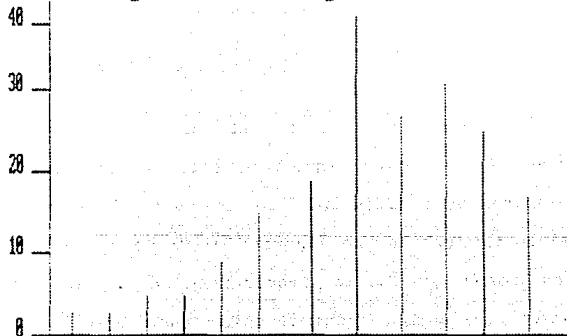
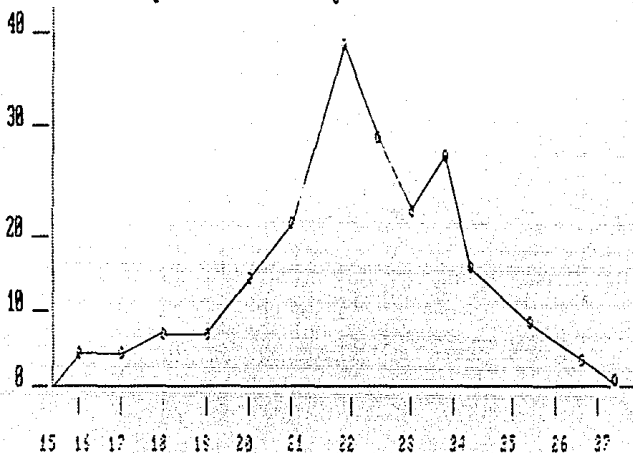


Fig. 1.3.1b Diagrama de barras





FRECUENCIA Fig. 1.3.1c Poligono de Frecuencias



A veces resulta interesante tabular las frecuencias de los valores menores o mayores que los respectivos límites de las clases. La representación gráfica de esta distribución que se indica en la fig. I.3.2a, se denomina ojiva por su parecido con la bóveda en forma de S. La representación de las frecuencias relativas con una escala probabilística transforma la ojiva en una curva que se aproxima a la línea recta, presentando de forma más apreciable las variaciones extremas, figura I.3.2b.

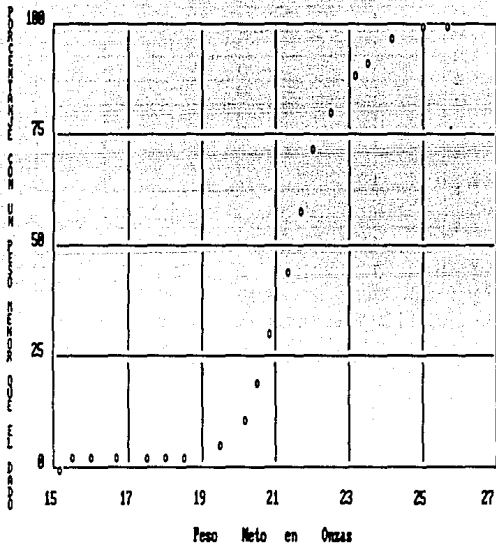


Fig.1.3.2a Representación grafica de una distribución de frecuencias acumuladas: escala lineal.

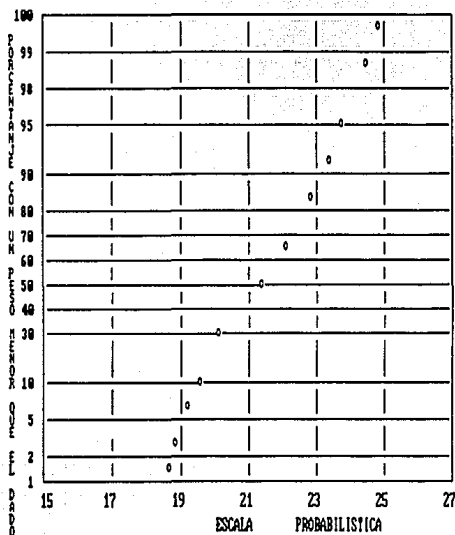


Fig. 1.3.2b Representación gráfica de una distribución de frecuencias acumuladas: escala probabilística.

Una distribución de frecuencias relativa a cualquier calidad de un producto fabricado proporciona una visión muy útil de cómo ha variado dicha calidad en el pasado.

### I.3.3 MEDIAS Y MEDIDAS DE DISPERSION

Las medidas de tendencia central que se emplean con mayor frecuencia son la mediana, la moda y la media aritmética.

La **MEDIA ARITMETICA** de un conjunto de  $n$  valores es igual a la suma de todos ellos dividida por  $n$ . Expresada en forma algebraica:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

donde el símbolo  $\bar{X}$  representa la media aritmética;  $X_1, X_2, \dots$  representan los valores especificados; y la letra griega  $\Sigma$  (sigma mayúscula es el símbolo matemático de la suma).

La **MODA** es el valor de la muestra que se repite más veces, es decir el valor correspondiente al punto más alto del histograma de frecuencias de la distribución.

Las medidas de dispersión más eficaces en control estadístico de calidad son la amplitud y la desviación tipo.

La **AMPLITUD** es la diferencia entre el valor más grande y el más pequeño de un conjunto de observaciones:

$$R = X_{\max} - X_{\min}$$

donde  $X_{\max}$  es el valor más alto y  $X_{\min}$  el valor más bajo de un conjunto dado.

La **DESVIACION TIPO** de una distribución se representa por  $\sigma$  (forma minúscula de la letra griega sigma), y esta dada por:

$$\sigma = \frac{\sqrt{[(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2]}}{n}$$

Otra medida de dispersión es la **VARIANCIA**. Esta medida es la suma de los cuadrados de las desviaciones a la media aritmética dividida por el número de observaciones  $n$ . En otras palabras, la variancia es el cuadrado de la desviación tipo.

#### **I.3.4 PASOS A SEGUIR EN EL EMPLEO DE LOS GRAFICOS DE CONTROL POR $\bar{X}$ Y R DE CUALQUIER CARACTERISTICA DE CALIDAD.**

Cuando hay que manejar gráficos de control, resulta muy útil tener una relación de las decisiones y acciones que hay que tomar, así como de los cálculos que se tienen que realizar, como las siguientes:

1. Decisiones previas a la construcción de los gráficos de control.
  - A. Objetivos a conseguir con los gráficos.
  - B. Elección de la variable.
  - C. Elección del criterio de formación de subgrupos.
  - D. Elección del tamaño y frecuencia de los subgrupos.
  - E. Método de registro de los datos.
  - F. Determinación del método de medición.
  
2. Bases de partida para la construcción de los gráficos de control.
  - A. Obtención de las mediciones.

- B. Registro de las mediciones y otros datos.
  - C. Cálculo de la medida  $\bar{X}$  de cada subgrupo.
  - D. Cálculo de la amplitud R de cada subgrupo.
  - E. Representación del gráfico  $\bar{X}$ .
  - F. Representación del gráfico R.
3. Determinación de los límites de control de la prueba.
- A. Decisión del número de subgrupos necesario para el cálculo de los límites de control.
  - B. Cálculo de la media de las amplitudes R.
  - C. Cálculo de los límites de control superior e inferior del gráfico  $\bar{X}$ .
  - D. Cálculo de la media de los valores  $\bar{X}$  y R.
  - E. Cálculo de los límites superior e inferior del gráfico X.
  - F. Representación de las líneas centrales y de los límites de ambos gráficos.
4. Obtención de las conclusiones preliminares deducidas de los gráficos.
- A. Indicación de la existencia de control o de falta de control.
  - B. Relación aparente entre la trayectoria que sigue al proceso y la que se supone que debe seguir.

## 5. Continuidad en el empleo de los gráficos.

- A. Revisión de la línea central y de los límites de control de R.
- B. Revisión de la línea central y de los límites de control  $\bar{X}$ .
- C. Empleo de los gráficos dirigido a la actuación sobre el proceso.
- D. Empleo de los gráficos dirigido a la aceptación.
- E. Empleo de los gráficos dirigido a la actuación sobre las especificaciones.

### I.3.4.1 DECISIONES PREVIAS A LA CONSTRUCCION DE LOS GRAFICOS DE CONTROL.

#### A. OBJETIVOS A CONSEGUIR CON LOS GRAFICOS.

En general cuando se implantan los gráficos de control de variables, tanto  $\bar{X}$  y R como  $X$  y  $\sigma$  se presentan todos o algunos de los siguientes propósitos:

- a). Asegurar una información para el establecimiento o cambio de especificaciones, o bien para determinar si un proceso puede cumplir ciertas especificaciones.

b). Asegurar una información para el establecimiento o cambio motivados, bien por la eliminación de causas atribuibles de variación, o bien por la necesidad de introducir nuevos métodos de producción debido a que el gráfico de control indique que los métodos originales no pueden cumplir las especificaciones.

c). Asegurar una información para el establecimiento o modificación de métodos de inspección, de aceptación, o de ambos.

d). Proporcionar un criterio para la toma de decisiones de carácter general en el transcurso de la producción, que pueden ser: buscar causas de variación para corregirlas o dejar que el proceso continúe libremente.

e). Proporcionar un criterio para la toma de decisiones de carácter general con respecto a la aceptación o rechazo de productos fabricados o comprados.

f). Familiarizar al personal con el empleo de los gráficos de control. Aunque pudiera parecer que este objetivo sólo está justificado cuando se empieza a hacer uso de las técnicas de control estadístico de calidad, los gráficos utilizados con este propósito descubren con frecuencia posibilidades de reducción de costes.



## **B. ELECCION DE LA VARIABLE.**

La variable que se elija para los gráficos de control X y R, tiene que ser una magnitud que pueda medirse y expresarse con números, tal como una dimensión, el grado de dureza, la resistencia a la tracción, el peso, la presión, la temperatura, etc. El criterio de elección se basa siempre en el aspecto de reducir o impedir los costes. Desde el punto de vista de la reducción de costes de producción, cualquier característica de producción, cualquier característica de calidad que provoque rechazos o recuperaciones onerosas constituye un firme candidato para el gráfico de control. Desde el punto de vista de inspección y aceptación, los ensayos destructivos sugieren siempre la posibilidad de reducir costes mediante el uso de gráfico de control. Cuando se emplean métodos analíticos caros, los costes de inspección también son susceptibles de reducción utilizando los gráficos de control. En general, si la aceptación se basa en un muestreo en que la cualidad probada puede expresarse como una variable medible, puede ser rentable que al examinar los costes de inspección se forme un criterio para valorar las posibilidades que existen de reducir estos costes, basando la aceptación en el gráfico de control por variables.

## **C. ELECCION DEL CRITERIO DE FORMACION DE SUBGRUPOS.**

Hablando en términos generales, los subgrupos deberán elegirse

de forma que sean lo más homogéneo posible, y que de uno a otro permitan la máxima variación. Aplicando a los gráficos de control de producción, esto significa que es de vital importancia no perder de vista el orden de las operaciones de producción. Un subgrupo debe de estar formado por elementos que estén fabricados lo más cercano posible en el tiempo; el siguiente subgrupo, por elementos fabricados posteriormente también en un corto espacio de tiempo, y así sucesivamente; especialmente, cuando el principal objetivo de estos gráficos es detectar los cambios de la media del proceso.

Ahora bien, si la fabricación de cada elemento requiere un periodo de tiempo relativamente largo, puede ser más conveniente que los componentes de cada subgrupo se espacien uniformemente a lo largo de un intervalo dado.

#### **D. ELECCION DEL TAMAÑO Y FRECUENCIA DE LOS SUBGRUPOS.**

En la aplicación industrial del gráfico de control, el tamaño más comunmente empleado parece ser cinco. Siguiendo la idea fundamental del gráfico de control de seleccionar los subgrupos de forma que la variación dentro del mismo sea mínima, es conveniente que estos subgrupos sean lo más pequeño posible. Por otra parte, desde el punto de vista estadístico, es mejor un tamaño de cuatro que uno de tres o de dos elementos.

La distribución de  $\bar{X}$  se acerca más a la normal para subgrupos de cuatro o más componentes aunque procedan de una población no

normal; este hecho resulta muy útil en la interpretación de los límites del gráfico de control. Cuanto mayor es el tamaño de la muestra, más estrecho son los límites de control en los gráficos por  $\bar{X}$  y más fácil resulta detectar pequeñas variaciones; sin embargo, esto solo sería verdad cuando se seleccionen los subgrupos y no dentro de ellos. En general, a mayor tamaño de muestra, más conveniente se hace uso de la desviación tipo en lugar de la amplitud, como medida de dispersión de la misma. Una regla de aplicación práctica es de emplear gráficos  $\bar{X}$  y  $\sigma$ , en lugar  $\bar{X}$  y R, siempre que el tamaño de la muestra sea mayor que 15.

#### **I.3.4.2 BASES DE PARTIDA PARA LA CONSTRUCCION DE LOS GRAFICOS DE CONTROL**

##### **A. OBTENCION Y REGISTRO DE LAS MEDICIONES Y OTROS DATOS**

El trabajo real del gráfico de control comienza con las primeras mediciones, debe recordarse siempre que la información dada por el gráfico de control esta influenciada, tanto por las variaciones relativas a la propia medición, como por las variaciones de la cualidad medida. Cualquier método de medida posee su propia variabilidad intrínseca, que es importante no incrementar mediante errores cometidos al leer los instrumentos de medida o al registrar los datos.

## **B. CALCULO DE LA MEDIA $\bar{X}$ DE CADA GRUPO.**

La media de un subgrupo se obtiene sumando todas las observaciones que lo componen y dividiendo por el número de elementos del mismo.

## **C. CALCULO DE LA AMPLITUD R DE CADA GRUPO.**

Primero deben de identificarse las observaciones extremas, mayor y menor, del subgrupo. Con los subgrupos grandes resulta útil designar el valor más alto con la letra H y el más bajo con la letra L. La amplitud se calcula restando éste de aquél.

## **D. REPRESENTACION DE LOS GRAFICOS $\bar{X}$ Y $\bar{R}$ .**

La escala vertical, situada a la izquierda, se emplea para las medidas estadística  $\bar{X}$  y R, mientras que en la escala horizontal se indican los números de los subgrupos, fechas, horas, etc. Cada punto se identifica sobre el gráfico mediante un punto, un círculo o una cruz. En los gráficos de control se puede o representar sólo los puntos, o unirlos mediante trazos rectos.

La representación de los puntos en los gráficos  $\bar{X}$  y R debe llevarse al día; especialmente cuando están expuestos y los utilizan los operarios de las máquinas, los ajustadores y los jefes de grupo.

### **I.3.4.3. DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONTROL DE PRUEBA.**

#### **A. DETERMINACION DEL NUMERO DE SUBGRUPOS NECESARIOS PARA EL CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL.**

La determinación del mínimo número de subgrupos necesario para calcular los límites de control es una solución de compromiso entre el deseo de obtener la referencia dada por las medias y los límites de control tan pronto como sea posible, después de empezar a recoger datos, y de que esa referencia sea lo más fiable posible. En el terreno estadístico, es conveniente que los límites de control se establezcan en base a, por lo menos, 25 subgrupos. Además la experiencia indica que cuando se inicia un gráfico de control, los primeros subgrupos pueden no ser representativos de lo que se mida posteriormente, la mera acción de tomar y anotar mediciones es, a veces, la causa de un cambio en el modelo de variación.

Por estas razones, si se pueden obtener 25 subgrupos en poco tiempo, es conveniente esperar a tener estos 25 o más; por ejemplo, en el caso de que se tome un subgrupo cada hora.

#### **B. CALCULO DE LOS LIMITES DE PRUEBA.**

En primer lugar, hay que calcular la amplitud media  $\bar{R}$ , que no es sino la suma de las amplitudes de los subgrupos dividido por el número de subgrupos.

Entonces, con la ayuda de los factores  $D_4$ ,  $\bar{D}$  de tablas, se obtienen los límites de control R.

$$UCL_R = D_4 \bar{R}$$

$$LCL_R = D_3 \bar{R}$$

Asimismo tendrá que calcularse  $\bar{\bar{X}}$ , media de los valores  $\bar{X}$ , que es la suma de las  $\bar{X}$  dividido por el número de subgrupos.

Para el cálculo de los límites de control debe emplearse el factor A de tablas.

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

Los límites de prueba obtenidos de esta forma son aptos para analizar los datos que han sido empleados para su cálculo. Una vez hecho esto, puede ser que haya que modificarlos antes de aplicarlos a la producción futura.

### C. REPRESENTACION DE LAS LINEAS CENTRALES Y DE LOS LIMITES EN LOS GRAFICOS.

La línea central del gráfico R se indicará con una línea horizontal de trazo grueso que pase por R. El límite de control superior, por una línea horizontal continua por el valor calculado de  $UCL_R$ . Si el tamaño de la muestra es siete o mayor, el límite

de control inferior se dibujará mediante una línea horizontal discontinua por LCLR . Si el tamaño de muestra es menor, el límite de control inferior de R es cero.

La línea central del gráfico  $\bar{X}$  se representará por una línea horizontal de trazo grueso por  $\bar{\bar{X}}$ . Los límites de control de X, superior e inferior, se indicarán mediante líneas horizontales discontinuas que pasen por los valores calculados de los mismos.

#### **I.3.4.4. OBTENCION DE LAS CONCLUSIONES PRELIMINARES DEDUCIDAS DE LOS GRAFICOS.**

##### **A. INDICACION DE LA EXISTENCIA DE CONTROL O DE FALTA DE CONTROL.**

La falta de control se indica mediante los puntos fuera de los límites de control en los gráficos  $\bar{X}$  y R. Cuando, por causa de los puntos que caen fuera de los límites de control, se dice que un proceso está, "fuera de control", es como decir "existen causas atribuibles de variación que no forman parte del sistema de causas constantes".

Por el contrario, cuando todos los puntos están comprendidos entre los límites de control, no puede afirmarse con la misma seguridad que "no existen causas atribuibles de variación, sino sólo un sistema de causas constantes. Cuando se dice "este proceso está bajo control", lo que en realidad quiere decirse es "a efectos

prácticos, el proceso se comporta como si no existieran causas atribuibles de variación". Aunque todos los puntos se encuentren comprendidos dentro de los límites de control, pueden detectarse fallas de control mediante ráfagas de siete o más puntos consecutivos a un mismo lado de la línea central, o por la presencia de otras ráfagas.

#### **B. POSIBLES SITUACIONES DE UN PROCESO BAJO CONTROL CON RESPECTO A UNOS LIMITE DE ESPECIFICACION SUPERIOR E INFERIOR.**

Cuando un proceso controlado debe cumplir dos límites de especificación, de valores U y L, cualquiera que sea su situación, puede agruparse dentro de las tres clases generales siguientes:

- i). El campo de la variación del proceso ( $6\sigma$ ) es considerablemente menor que la diferencia entre los límites de especificación (U-L).
- ii). El campo de variación del proceso ( $6\sigma$ ) es aproximadamente igual a la diferencia entre los límites de especificación (U-L).
- iii). El campo de variación del proceso ( $6\sigma$ ) es considerablemente mayor que la diferencia entre los límites de especificación (U-L).

La primera clase se ilustra en la figura I.3.4., en la que los límites de especificación se representan mediante dos líneas



horizontales, una superior y otra inferior. Las curvas de frecuencias A,B,C,D y E indican algunas de las posiciones en las que podría centrarse el proceso. En cualquiera de las tres primeras A, B o C, prácticamente toda la producción cumplirá las especificaciones mientras el proceso permanezca bajo control.

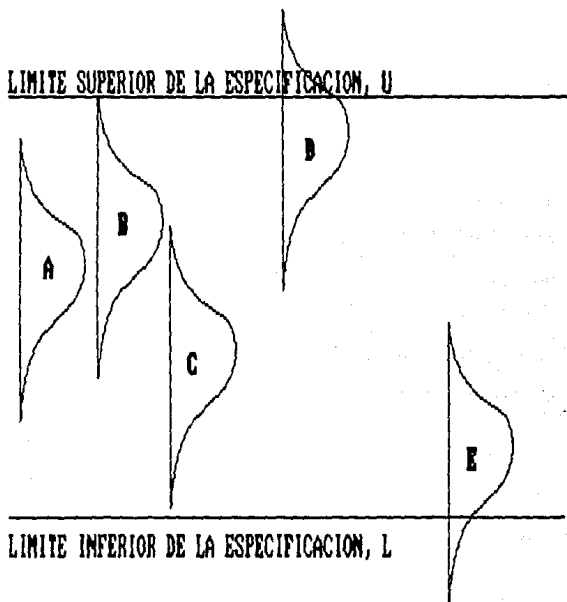


Figura I.3.4

En general, las condiciones expuestas en la figura I.3.4., curvas A, B y C representan la situación de fabricación ideal. Cuando el gráfico de control muestre uno de estos tres tipos de curva, pueden tomarse muchas acciones diferentes; la elección entre ellas es una cuestión de economía.

### **C. RECOMENDACIONES ESPECIFICAS ACERCA DE LAS CONCLUSIONES Y ACCIONES PRELIMINARES BASADAS EN LOS GRAFICOS DE CONTROL.**

Si el gráfico indica que el proceso está bajo control, se estima  $\sigma$  como  $\bar{R}/d_2$ . Si hay un límite superior de especificación compárese  $\bar{X} + 3\sigma$  con U; si es un límite de especificación compárese  $\bar{X} - 3\sigma$  con L; y si se trata de dos límites de especificación compárese  $6\sigma$  con U - L.

Si los gráficos indican que el proceso está fuera de control, hay que intentar discernir a través de ellos, así como de cualquier otra información pertinente, cuales pueden ser las causas atribuibles y si es probable su eliminación. Después de eliminar los subgrupos que indicaban falta de gráfico R, calcúlese un nuevo R y unos nuevos límites de control para R. Si con estos límites aparecen nuevos subgrupos fuera de control, sepárese y repítase el cálculo.

Estímese  $\sigma$  como  $\bar{R}/d_2$ , empleando el último valor de R obtenido después de haber eliminado todos los puntos fuera de control. Si el proceso se hubiera llevado bajo control, posiblemente se hubiese obtenido el mismo valor de  $\sigma$ .

#### **I.3.4.5 CONTINUIDAD EN EL EMPLEO DE LOS GRAFICOS**

##### **A. REVISION DE LA LINEA CENTRAL Y DE LOS LIMITES DE CONTROL**

Los límites de control de prueba sirvieron para determinar si las operaciones anteriores estaban bajo control. La continuidad en el empleo del gráfico de control, tomando cada punto fuera de control como una posible base para la búsqueda de una causa atribuible de variación y de actuación para eliminar dicha causa, puede requerir la revisión de los límites.

Si el proceso ha estado bajo control con una media y una dispersión satisfactorias desde el punto de vista de los límites de especificación, deberán seguirse aplicando estos mismos límites con la producción futura. A medida que se van acumulando más datos, es conveniente ir repasando los límites de vez en cuando y modificarlos siempre que sea necesario. Se recomienda establecer períodos de revisión regulares; por ejemplo una vez por semana, una vez al mes, cada 25, 50 o 100 subgrupos.

#### **I.4. RAZONES QUE JUSTIFICAN LA AUTOMATIZACION DEL PROCESO.**

##### **I.4.1 COMPETENCIA TECNOLOGICA MUNDIAL Y DISMINUCION DE COSTOS DE OPERACION.**

Hoy en día, los países productores de bienes de consumo se agrupan en bloques, como lo está haciendo Europa con la Comunidad Económica Europea (CEE); los países del Norte de América, Canadá, Estados Unidos y México, con el Mercomún Norteamericano (NAFTA); así como otros países de la Cuenca del Pacífico como Japón, Taiwan, Corea, Singapur, Tailandia, etc.

Cada bloque tiene como primer objetivo ofrecer la mejor calidad y el precio más bajo a sus clientes. Esto se logra con ayuda de los avances tecnológicos, que permiten mejorar los procesos de producción, abatir los costos de operación y, por ende, ofrecer un precio internacional más competitivo.

Un factor importante para lograr el éxito radica en la capacidad de producir grandes volúmenes de mercancías de consumo masivo. Para lograr bajos costos de operación y altos índices de producción en lapsos de tiempo cortos, se tiene que hacer en base a la automatización del proceso productivo.

Una máquina trabaja a velocidad constante sin manifestar agotamiento; comparemos ésto con la respuesta humana. Un hombre no

es capaz de mantener un ritmo de trabajo invariable cuando efectúa un proceso rutinario y repetitivo. Una máquina, en cambio, puede estar trabajando día y noche por los 365 días del año, y sólo necesita lubricante, energía eléctrica y servicio.

Por estas razones, se puede apreciar que una máquina automatizada baja enormemente los costos de operación. Y es por ello que se puede dar más barata la mercancía, como también competir con los precios de otros bloques productores de este mismo género mercantil.

Sobra mencionar que los países del primer mundo son los más dispuestos a utilizar toda tecnología de punta que permita optimizar los procesos de producción. Por este motivo nos vemos obligados a automatizar y optimizar esta máquina para poder ofrecer en el mercado nacional precios que compitan con los que se encuentran en el mercado internacional.

#### **I.4.2 LA BUENA ACEPTACION Y DEMANDA QUE ESTA TENIENDO EL PLASTICO.**

El plástico a venido a desplazar el uso de la madera, del vidrio y del metal por sus características de resistencia, facilidad de uso y bajo precio, aparte de satisfacer los requerimientos que cubrían los materiales desplazados.

Por otro lado, los procesos de extracción y transformación del plástico consumen muy poca energía, comparada con la que pueden consumir procesos similares para el vidrio y los metales.

La industria del plástico en México es relativamente joven pues tiene en existencia aproximadamente 40 años.

Cada día, la demanda del plástico se hace más notoria aquí y en otros países del mundo. La industria petroquímica nacional a tenido que aumentar la producción de petroquímicos básicos para poder cubrir las demandas actuales y las previstas para el futuro.

Un estudio reciente reporta que, en la década de los 80's, el consumo nacional de productos plásticos anual es de 12.7 Kg por habitante, mientras que en algunos países desarrollados este consumo rebasa los 100 Kg anuales por persona. En la figura I.4.1. se puede apreciar el consumo de plástico por persona en algunos países durante el año de 1990.

# CONSUMO PER CAPITA EN 1990

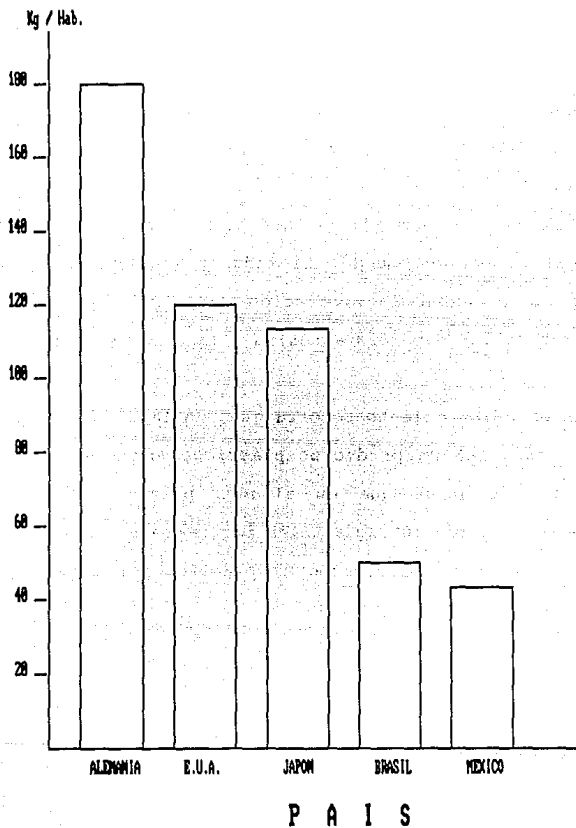


Fig. I.4.1.

El consumo por habitante en los Estados Unidos de América fue de 121 kg. por habitante durante 1990. Este hecho, aunado a la cercanía geográfica con nuestro país, lo convierte en un cliente potencial para nuestras exportaciones de polímeros plásticos.

La oportunidad de penetrar competitivamente en un mercado de tanto crecimiento como el de la industria del plástico justifica el esfuerzo por desarrollar un sistema de control que permita sacar mayor provecho a un equipo actualmente instalado, cuya productividad puede verse sustancialmente incrementada con una inversión mínima.

#### **I.4.3 POSIBILIDAD DE TENER PLENO CONTROL DE LAS VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO Y QUE PUEDEN TRATARSE DE UNA FORMA AUTOMATIZADA Y PROGRAMADA.**

Para lograr la automatización y control es de primordial importancia considerar cada una de las variables que definen el proceso. Existen variables que se tienen que controlar continuamente en el tiempo. Como son muchas las variables que participan en el proceso, se hace necesario el empleo de un microcontrolador para poder llevar un control adecuado y confiable.

Enseguida se da una lista de las variables que se deben controlar y que participan en la realización del producto desde su comienzo hasta su acabado final.



- Alimentación del material al depósito receptor.
- Arranque del gusano alimentador del material termoplástico.
- Pesaje del material termoplástico y detención del gusano alimentador.
- Apertura y cierre de tolva alimentadora.
- Presión y temperatura de inyección.
- Temperatura y enfriamiento del molde.
- Conteo de piezas.
- Tiempo necesario que requiere cada uno de los procesos.

Estas se pueden programar para cumplir con las especificaciones de tiempos y eventos predefinidos.

Enseguida tenemos una lista de los tiempos de operación más importantes que se llevan a cabo en las etapas del proceso:

- Tiempo para cerrar el molde
- Tiempo de inyección
- Tiempo de moldeo (pistón en la posición avanzada)
- Tiempo con el molde cerrado
- Tiempo de apertura del molde
- Tiempo de extracción de la pieza moldeada
- Tiempo con el molde abierto

Como se puede apreciar, son muchas las variables como para que un hombre esté pendiente de todas ellas. Es por ello que se hace

necesaria la automatización y el control a través de un microcontrolador que pueda supervisar todas estas variables.

#### **I.4.4 CALIDAD DEL PRODUCTO COMO CONSECUENCIA DEL BUEN MANEJO DE LA TEMPERATURA Y PRESION DE INYECCION.**

Dado que la calidad del producto recae predominantemente en la presión y la temperatura de inyección, se hace necesario un control preciso sobre estas variables para evitar el problema de baja calidad en el producto terminado. Los problemas que se presentan son:

- Piezas terminadas pero de forma incompleta.
- El espesor de la pieza no es constante.
- Se dibujan flujos de avance del material al irse llenando las cavidades del molde.
- La pieza, al desprenderse del molde, sale demasiado caliente, con probabilidad de sufrir deformación.
- La pieza terminada reporta que al material le faltó plasticidad.

Los defectos no terminan aquí, pero son los más comunes con los que podemos toparnos cuando no se manipulan adecuadamente estas variables en el pistón de inyección y en el cilindro de calefacción

para plastificar adecuadamente el material termoplástico y darle la presión adecuada.

Otra justificación que respalda el control riguroso de estas dos variables es que si se esta trabajando con materiales termoestables se tendrán perdidas considerables de material y de tiempo.

#### I.4.5 PERIODICIDAD DEL PROCESO CÍCLICO Y PROGRAMACIÓN ESTADÍSTICA DE LA PRODUCCIÓN.

El proceso tecnológico propiamente dicho se distingue por su periodicidad (debe dar una variación cíclica nula entre el inicio y el fin de cada ciclo). Esto quiere decir que está perfectamente estudiado y calculado cada uno de los tiempos que consume cada etapa. De esta forma se logra tener igualdad en todos los productos terminados. Se alcanza un grado de optimización del tiempo de operación por pieza terminada con ello. Entonces es posible hacer un análisis estadístico de producción exacto con el cual se puede predecir cuando se tendrán listos ciertos lotes de producción con un mismo diseño de moldeo predefinido. También se puede programar la producción definida por el consumo del mercado que se satisface.

#### I.4.6 LA INTERVENCIÓN DEL HOMBRE DEBE SER MÍNIMA Y SI ES POSIBLE NULA EN ESTE TIPO DE PROCESO MANUFACTURERO.

En todo proceso de manufactura, la participación del hombre resulta mucho más cara y menos confiable que la de una máquina automática, además de que un hombre puede cometer errores en la ejecución de una secuencia de pasos predefinidos para alcanzar la máxima calidad en el producto mientras que una máquina nunca se equivoca y, si llega a hacerlo, suele deberse a que no esta perfectamente bien programada para seguir con la secuencia de pasos y tiempos necesarios para alcanzar la mejor calidad en la terminación de cada artículo.

#### REDUCIR EL INDICE DE ACCIDENTES HUMANOS

Esta justificación tiene carácter de seguridad industrial y es muy válida, pues se puede alcanzar el grado de anular cualquier tipo de accidente humano en el proceso de inyección de plásticos, donde se trabaja con masas muy grandes como es el molde, y con fuerzas y presiones que alcanzan valores muy altos, como por ejemplo, 600 a 2500 Kg/cm<sup>2</sup>.

Estas presiones son realmente muy peligrosas y, si se tiene un descuido con la instalación o protección de las líneas de alta presión, puede costarle la vida al operador o la pérdida de alguno de sus miembros.

El riesgo está presente al cierre del molde, en la etapa de inyección, por no quedar perfectamente cerradas o aprisionadas las dos cavidades del molde.

Con esta automatización se podrá minimizar la posibilidad de un accidente de seguridad industrial que recaiga directamente en los operadores de este equipo.

#### **I.4.8 INCREMENTAR LOS INDICES DE PRODUCCION POR LA REDUCCION DE TIEMPOS MUERTOS Y DEL TIEMPO DE PARO DE LA MAQUINA POR MANTENIMIENTO.**

Los altos índices de producción reflejan la eficiencia de la planta en términos generales. Por tanto, si la máquina es eficiente, entonces estará automatizada y trabajará de forma permanente y continua, sin parar un solo minuto la secuencia de producción.

Cuando una máquina es controlada por un hombre, se presenta el problema de que dicho hombre se cansa y quiere tomar un descanso. También tenemos el caso de cuando se hace el cambio de turno, se detiene la máquina un lapso de tiempo apreciable.

Aquí es cuando ocurren tiempos muertos, pues no se produce y esto se refleja en una baja productividad. Por esto se ve claro que es de gran importancia la automatización del equipo.

Cuando se descompone la máquina se presentaba la posibilidad de que se mantenga parada por mucho tiempo mientras es reparada. Ahora, con la capacidad de autodiagnóstico, estos tiempos de espera o paro del sistema se reducen notoriamente, y de esta forma se evita que seamos ineficientes por exagerados tiempos muertos.

**I.4.9 EL SISTEMA SERA CAPAZ DE DESPLEGAR LAS CONDICIONES NECESARIAS PARA CORREGIR POSIBLES FALLAS Y DEFICIENCIAS EN LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS TERMINADOS.**

Esta característica tienen las máquinas automatizadas de primera, dado que esto nos permite saber en dónde tenemos la falla cuando deja de trabajar por algún motivo.

El técnico o el ingeniero de mantenimiento industrial sabrán pronto dónde o a qué se debe el paro de la máquina, y fácilmente pueda darle servicio o mantenimiento para que pueda seguir trabajando en forma nominal.

Con esta facilidad se tendrá un restablecimiento de la operación de la máquina en un periodo de tiempo corto que no perturbará notoriamente la producción que se tiene programada.

En los sistemas donde no se cuenta con este tipo de autodiagnóstico de fallas se tiene el problema de que se para la producción por un lapso de tiempo considerable, pues no es fácil

localizar dónde se encuentra la falla mecánica, eléctrica o electrónica.

Si la calidad del producto terminado no está cumpliendo con las especificaciones de control de calidad se puede actuar directamente sobre el programa o sobre las variables a través del programa para mejorar la calidad.

Esto se hace de una forma muy sencilla ya que se manipula el software del microsistema para superar el problema.

Y para reducir los tiempos para dar mantenimiento, se logra con este tipo de control digitalizado, y es así como la producción no sufre disturbios graves por tiempos muertos.

#### **I.4.10 EVITAR LA OBSOLESCENCIA DE LA MAQUINA.**

Una máquina puede sufrir depreciación, esto significa que la máquina pierde valor de uso dado que no es competitiva con otras máquinas recientes.

En poco tiempo por el avance tecnológico esta máquina ya no es usada por sus grandes deficiencias que tiene con respecto a otras máquinas más modernas. Esto obliga a que se le tenga que abandonar o arrumbar por no ser una máquina competitiva.

Como es de suponer, se usará en su lugar aquella máquina que sea más rápida y cuyo costo de operación sea menor, es decir que produzca más con menos recursos.

Por todas las razones expuestas anteriormente se justifica la automatización de las máquinas inyectoras de plásticos.



## **I.5 PROPUESTAS DE SOLUCION Y ELECCION DE UNA CON BASE EN NORMAS.**

### **I.5.1 CONTROL ELECTROMECHANICO Y CONTROL ELECTRONICO.**

La tarea de automatización para el control de proceso de una máquina inyectora de plástico puede realizarse utilizando la técnica de control electromecánico y la técnica de control electrónico. Con cualquiera de estas técnicas es posible implementar las secuencias de control necesarias para resolver la tarea de automatización.

En la técnica de control electromecánico, también conocida como control convencional, la unión física de diferentes elementos tales como botones, pulsadores, relés, contactores, temporizadores, etc., es la que determina la lógica o secuencia según la cual trabaja el control.

En este método de construcción, la bobina del relé es energizada cuando el circuito principal de la bobina se completa cerrando ciertos interruptores o contactos. La figura I.5.1 muestra cómo el relé RA se energiza cuando simultáneamente se cierran el interruptor de fin de carrera IFC1 y el interruptor de presión IP4.

El relé RA del circuito de la figura I.5.1 se energizará si una cierta combinación de eventos ocurre en el sistema. La combinación necesaria es el cierre de IFC1 y IP4. Si estas dos

acciones se suceden en el mismo instante, el relé **RA** se energizará. Por el contrario, si uno o los dos interruptores se abren, entonces el relé **RA** será desenergizado; lo mismo ocurrirá si uno de los interruptores se cierra y el otro permanece abierto.

Si el relevador **RA** es desenergizado, sus contactos asociados volverán a su estado normal, es decir, los contactos normalmente cerrados (**N.C.**) se cierran y los contactos normalmente abiertos (**N.A.**) se abren. En cambio, si el relevador es energizado, todos sus contactos asociados cambian de estado, esto es, los contactos **N.C.** se abrirán y los contactos **N.A.** se cerrarán. La figura I.5.1 muestra solamente un contacto de cada clase.

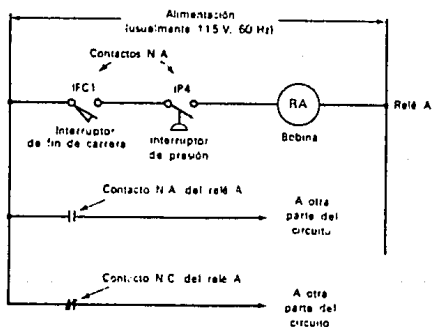


Fig. I.5.1.

Las tres secciones que se reconocen en este tipo de control son:

La **sección de entrada**, algunas veces llamada sección de adquisición de datos, está formada por los dispositivos encargados de recoger la información proveniente del operador y del sistema mismo. Los dispositivos usados como entrada son: botones pulsadores, interruptores de fin de carrera, interruptores de presión.

La **sección lógica** es la parte del circuito que actúa de acuerdo con la información suministrada por la sección de entrada, toma decisiones con base en dicha información y envía órdenes a la sección de salida. Los circuitos de la sección lógica son construidos con relés magnéticos.

La **sección de salida** está formada por dispositivos que toman las señales de salida de la sección lógica y las convierten o amplifican a formas utilizables, las más comunes son: arrancadores de motores y contactores, solenoides y lámparas indicadoras.

La figura I.5.2 ilustra la relación en diagramas de bloques entre estas tres partes de un circuito de control electromecánico.

De esta manera puede automatizarse una máquina de inyección de plásticos por medio del control electromecánico.

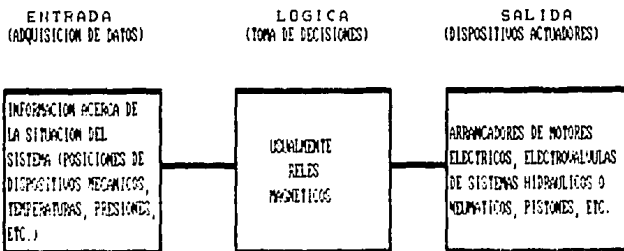


Fig. I.5.2.

Una segunda alternativa para la automatización de la máquina inyectora sería construir un sistema digital por medio de circuitos tales como registros, codificadores, memorias y multiplexores. Tal sistema hecho a la medida tiene la ventaja de que se ajusta a las necesidades de la aplicación particular. Sin embargo, un sistema digital construido con circuitos MSI (Medium Scale Integration) podría requerir un gran número de circuitos integrados. Sin embargo, cualquier modificación que pueda necesitarse una vez que haya sido construido el sistema, se debe lograr por medio de cambios de alambrado entre los componentes.

La figura I.5.3 ilustra el diagrama de bloques de la técnica de control electrónico digital.

El número de circuitos integrados puede reducirse aún más si utilizamos una tercera alternativa, en la cual el sistema digital es construido con:

- 1) Un microprocesador.
- 2) Memorias RAM y ROM.
- 3) Las unidades programables de interconexión.

El microprocesador, también llamado CPU (Central Processing Unit), tiene como función principal realizar funciones aritméticas y lógicas, las cuales se llevan a cabo mediante una secuencia ordenada preestablecida. Para realizar estas operaciones es necesario contar con un programa o software, que es el conjunto de instrucciones que deberá analizar y ejecutar el hardware, o sea, la parte de circuitos de control.



Fig. 1.5.3.

El programa o software está contenido tanto en la ROM (Read Only Memory), que es la parte del sistema que contiene grabadas las instrucciones permanentes del programa, como en la RAM (Random Access Memory), que almacena los datos referentes a los parámetros que controlan el funcionamiento de la máquina y que pueden ser cambiados en cada ejecución del programa.

En general, un sistema de control mediante microprocesador puede simplificarse de acuerdo al diagrama de bloques de la figura I.5.4, en donde la parte rodeada por la línea interrumpida representa el sistema de control de la máquina inyectora de plástico.

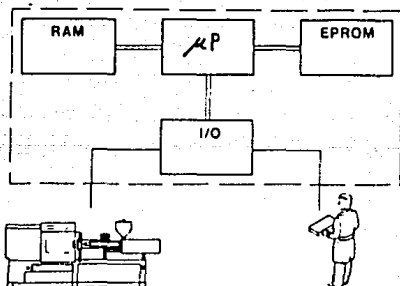


Fig. I.5.4.

Es por lo anterior que los microprocesadores pueden ser utilizados para el control de la operación de diversas máquinas y procesos, dentro de los cuales se hayan las máquinas de inyección.

Una cuarta alternativa es usar un **microcomputador** para configurar un sistema digital. Con un microcomputador, la secuencia de operaciones puede formularse con un conjunto de instrucciones que constituyen un programa.

Un **microprocesador** combinado con los módulos de memoria y de interconexión se llama **microcomputador**. El prefijo **micro** se usa para indicar el pequeño tamaño físico de los componentes integrantes. La segunda parte de la palabra es lo que realmente los diferencia. **Microprocesador** se usa para indicar aquella sección del sistema que ejecuta las funciones básicas para realizar instrucciones y procesar datos de la manera especificada por el programa. El término **microcomputador** se usa para indicar un sistema computador de pequeño tamaño consistente de varias unidades básicas: CPU, memoria, puertos de entrada/salida, temporizador o **timer** y convertidores A/D (Analógico a Digital).

La ejecución de los programas fijos e inalterables causa que el microcomputador se comporte de una manera preestablecida, justamente como se comportaría un sistema digital correspondiente basado en circuitos MSI.

Este método de diseño digital no era económicamente factible de configurar antes del desarrollo de los componentes de microcomputador pequeños y de bajo costo.

El microcomputador de bajo costo y pequeño tamaño ha cambiado la dirección del diseño lógico. En vez de realizar un grupo de operaciones de transferencia entre registros de funciones de control o un microprograma, se realizan funciones lógicas especificando un conjunto de instrucciones, las cuales se almacenan en una ROM y se ejecutan en el CPU .

Este método de diseño para la automatización de una máquina inyectora de plástico puede ser calificado como un método lógico programable ya que las operaciones secuenciales son especificadas con un programa almacenado en memoria.

Cabe hacer la aclaración de que un microcomputador utilizado en una operación de control, es decir, para dirigir o hacer modificaciones en un proceso u operación como en las máquinas inyectoras, es llamado **microcontrolador**.

Tal sistema de control mediante microcontrolador se representa en diagrama de bloques en la figura I.5.5, donde la parte rodeada por la línea interrumpida representa el sistema de control de la máquina inyectora de plástico.



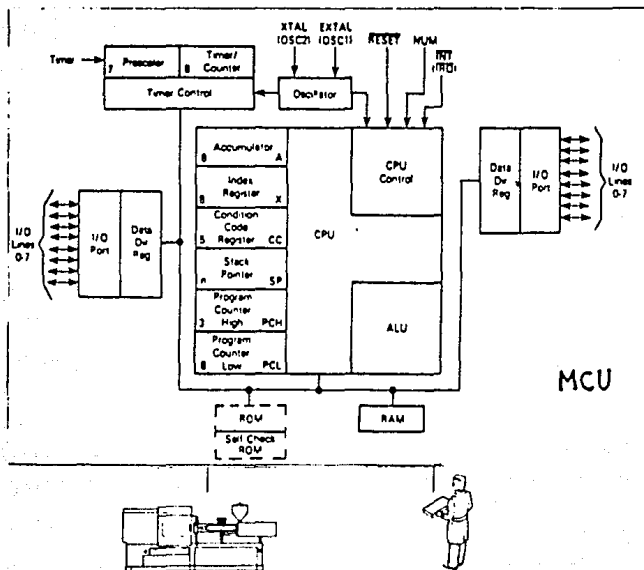


Fig. I.5.5.

A continuación, mencionaremos las ventajas y desventajas que se obtienen en el control del proceso de inyección mediante el uso de la técnica de control electrónico en comparación con la técnica de control electromecánico.

### Características generales:

- Los tiempos de respuesta de las electrobobinas en una máquina de control electrónico se encuentran en el rango de los 0.014 seg, mientras que en las máquinas electromecánicas el rango es de 3 seg. Gracias a esta característica, se tiene una mayor repetibilidad en los parámetros ajustados entre ciclo y ciclo, lo cual redundo en un nivel más homogéneo en la calidad del producto terminado.
- En la mayoría de las situaciones industriales, la consideración más importante para seleccionar la técnica de control electrónico es su confiabilidad de operación libre de mantenimiento. En el sistema de control tradicional se tienen componentes mecánicos móviles y contactos, los cuales están sujetos a desgaste. También sus bobinas demandan una considerable cantidad de corriente para poder crear la fuerza necesaria para mover los enlaces. Esta fuerza también se ejerce sobre los conductores de la bobina y sobre su aislamiento. Estas son las razones por las cuales la esperanza de vida de los elementos electromecánicos está limitada a pocos millones de operaciones. Aún cuando esto pueda parecer como una extraordinaria longevidad, debemos pensar cuánto tiempo durará, por ejemplo, un relé, si su ciclo de operación es de 2 veces por minuto. Dos operaciones por minuto son 2,880 operaciones por día, y algo más de un millón por año. A esta tasa de operación, un relé con una

vida útil de dos millones de operaciones escasamente duraría dos años. El considerar dos operaciones por minuto durante 24 horas es normal en un circuito industrial.

- El uso de transductores electrónicos para controlar los cambios de velocidades de apertura y cierre de molde y de velocidad de inyección permite cambios suaves, a diferencia de las variaciones abruptas que se tienen con el sistema de microswitch.
- La utilización de válvulas proporcionales en el sistema hidráulico en las máquinas de control electrónico ayuda a ahorrar energía y a lograr cambios de velocidades y presiones más suaves y exactas.
- El control de los tiempos en el sistema electrónico es de tipo digital, lo que permite una exactitud hasta de décimas de segundo, lo cual no se logra con el sistema de control analógico del control electromecánico.
- El control electrónico de temperaturas ayuda a obtener rangos de regulación de  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ , contra el rango de  $\pm 6^{\circ}\text{C}$  que presentan los pirómetros en el control electromecánico normal.

- El mantenimiento que se requiere en el sistema electrónico es mínimo, pues las tarjetas difícilmente fallan, no así las bobinas y contactores de los sistemas electromecánicos, los cuales fallan frecuentemente.
- El tiempo de aprendizaje que se necesita para manejar un control electrónico es mucho menor y más sencillo que el necesario para manejar un control electromecánico.

Las ventajas enumeradas anteriormente no son todas las que se obtienen al controlar una máquina electrónicamente, puesto que existe otra serie de funciones especiales, las cuales sólo pueden ser ejecutadas mediante el uso de un microprocesador o un microcomputador.

A continuación, mencionaremos las funciones especiales más importantes que se pueden realizar usando un microprocesador o un microcomputador en máquinas de inyección.

- Fácil ajuste de las variables, mediante selectores digitales.
- Fácil ajuste y lectura de todos los parámetros.
- Posibilidad de manejar en forma estándar el sistema de preadelantamiento, ajustando el tiempo de la interrupción.

- En caso de tener botador hidráulico, se tienen las siguientes funciones como estándar: salida y retorno del botador al final de la carrera de apertura de la platina móvil, salida y retorno del botador hasta reinicio del ciclo, accionamiento repetitivo.
- Posibilidad de utilizar la descompresión antes y después de la carga.
- Posibilidad de utilizar intrusión en forma estándar.
- Posibilidad de realizar el cambio de alta a baja presión de inyección mediante los sistemas de conmutación por posición, por tiempo, por presión dentro de la cavidad del molde y por presión en el sistema hidráulico.
- Ajuste de varias velocidades de cierre y apertura del molde.
- Ajuste de varias velocidades de inyección.
- Baja presión de cierre, ajustable desde 0 hasta 39 bares, para seguridad del molde
- Posibilidad de utilizar más de una post-presión.
- Código de alarmas para una fácil detección de fallas.

En nuestro caso, el microcontrolador, aplicado a controlar el proceso de una máquina inyectora de plástico, es capaz de dar respuesta a las variables exteriores, modificando las secuencias del programa y generando datos para el mundo exterior.

**I.5.2. TABLA COMPARATIVA DE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS QUE SE OBTIENEN AL APLICAR LAS DIFERENTES TECNICAS DE CONTROL PARA LA AUTOMATIZACION DE LA MAQUINA INYECTORA DE PLASTICO.**

TECNICA DE CONTROL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
E	-Personal de mantenimiento bastante familiarizado con esta técnica.	-Tiempos de respuesta lentos.
L		
E	-Capacidad de manejar mucha potencia	-Mayor cantidad de fallas electromecánicas
C		
T	-Alta tensión de aislamiento	-Esperanza de vida limitada
R		
O	-No se requiere de fuentes de voltaje adicionales	-Alto coste en su producción y operación
M	-No requiere el desarrollo de interfaces	-Desgaste de piezas mecánicas y rebote de contactos
E		
C	-Montaje en paredes fáciles	-Requiere de mucho espacio
A		
N	-No existe el problema de captación de ruidos	-Peligrosos en ambientes explosivos debido a que los relevadores producen chispas al operar
I		
C	-Opera en ambiente de alta temperatura	-No hay homogeneidad en la calidad del producto terminado
A		

## TECNICA

DE  
CONTROL

## VENTAJAS

## DESVENTAJAS

E	-Tiempos de respuesta rápidos	-Personal de mantenimiento poco familiarizado con esta técnica
L		
E	-Homogeneidad en la calidad del producto	-Se requieren fuentes de voltaje adicionales
C		
T	-Confiabilidad de operación	-Se requiere el desarrollo de interfaces
R		
O	-Libre de mantenimiento	-Existen problemas de captación de ruidos
N		
I	-Esperanza de vida ilimitada	-Requieren de un enfriamiento por aire forzado o por un sistema acondicionado de aire
C	-Bajo coste de los componentes electrónicos	
A	-Requiere de poco espacio	
	-Sin contacto ni rebotes	
	-Funcionamiento de baja potencia	

La comparación anterior demuestra que existen mayores ventajas en la técnica de control electrónica, razón por la cual optamos por elegirla para nuestro diseño. Ahora bien, en lo que respecta a la técnica de control electrónica tenemos la siguiente tabla comparativa.

TECNICA DE  
CONTROL  
ELECTRONICO  
POR MEDIO DE:

VENTAJAS

DESVENTAJAS

CIRCUITOS  
MSI  
(Medium  
Scale  
Integration)

-Se ajusta a las  
necesidades de  
esta aplicación  
particular.

-Requiere de un gran  
número de circuitos  
integrados.  
-Para cualquier modifica-  
ción se requieren  
cambios de alambrados  
entre componentes.  
-Muy sofisticado para su  
mantenimiento.  
-Altos tiempos de retardo  
entre componentes.



TECNICA DE

CONTROL

ELECTRONICO

POR MEDIO DE:

VENTAJAS

DESVENTAJAS

M	-Se reduce su tamaño.	-El Hardware es muy
I	-Se reduce los tiempos de	laborioso.
C	retardo desde que se re-	-Se requieren
R	cibe la adquisición del	conocimientos de
O	dato hasta que se manda	software y hardware.
P	la señal de salida.	-Se requiere equipo
R	-Para la realización de	auxiliar para su progra-
O	una modificación no se	mación.
C	requiere cambios en el	
E	hardware, más bien en el	
S	software.	
A		
D		
O		
R		

TECNICA DE

CONTROL

VENTAJAS

DESVENTAJAS

ELECTRONICO

POR MEDIO DE:

M	-Elementos asociados al	-Se requieren mayores co-
I	CPU se encuentran con-	nocimientos en software
C	tenidos en un solo cir-	y hardware.
R	cuito integrado por lo	-Se requiere de equipo -
O	tanto se reduce al	auxiliar para su progra-
C	mínimo su tamaño.	mación.
O	-Reducción de alambrado	
N	-Se reducen los tiempos	
T	de respuesta desde que	
R	se recibe el dato hasta	
O	que se envía la señal de	
L	salida.	
A	-Tarjetas de circuito	
D	impreso más pequeñas.	
O	-Bajo coste.	
R	-Para la realización de una	
	modificación no se requieren	
	cambios en el hardware, más	
	bien el software.	

Así, con base en lo anterior, se propone la solución de automatización de una máquina inyectora a partir de un microcontrolador.

### **I.5.3. NORMAS ESTABLECIDAS PARA LAS MAQUINAS INYECTORAS DE PLASTICO QUE DEBERAN SER CUBIERTAS POR EL SISTEMA DE CONTROL.**

La máquina deberá estar equipada con protecciones y dispositivos de seguridad como los siguientes:

**INTERRUPTORES F.C. (Fin de Carrera).** Accionados por la puerta de protección delantera y por la puerta trasera. La función de estos F.C. es desconectar o conectar los circuitos eléctricos, dependiendo de si las puertas de protección están abiertas o cerradas, respectivamente. El abrir una de las puertas corredizas implica la interrupción del control electrónico, desconectando así al circuito que controla el movimiento de los moldes.

**CICLO MANUAL.** Con la protección abierta, girando el selector a la posición de cierre del molde, la placa móvil no deberá desplazarse.

**CICLO SEMIAUTOMATICO.** Con la protección abierta, apretando el botón pulsador que manda el ciclo semiautomático, la placa móvil no deberá desplazarse.

**CICLO AUTOMATICO.** Con la protección abierta, la máquina no deberá continuar ninguna fase del ciclo.

**NORMA APLICABLE A TODOS LOS CICLOS DE TRABAJO.** Al abrir la protección corrediza durante la fase de cierre o de apertura del molde, la placa móvil tendrá que detenerse.

**PROTECCION DE LA BOQUILLA.** Con la protección levantada, girando el selector de mando de desplazamiento del conjunto de inyección sobre la posición de acercamiento, dicho conjunto no deberá moverse; tampoco deberá efectuarse la fase de inyección, aunque se actúe sobre el selector correspondiente. Abriendo la protección de la boquilla durante el desplazamiento del conjunto de inyección, éste tiene que pararse, impidiendo así también la fase de inyección.

**PROTECCIONES** contra corto-circuitos, descargas eléctricas y anomalías en el sistema de control.

**ALARMAS** contra fallas de equipo y/o errores en el ciclo de trabajo.

**INDICADORES DE SEÑALIZACION,** los cuales permanecerán encendidos mientras la máquina se encuentre energizada.

# CAPITULO II

## II.1 JUSTIFICACION DE LAS VARIABLES.

Como sucede en cualquier otro proceso, el objetivo del ciclo de inyección de plásticos es el de producir piezas sin defectos. Por lo tanto, es necesario analizar con cierto detalle cada etapa del proceso y determinar cómo influyen las variables físicas susceptibles de ser controladas en la obtención del producto final. Como fruto de este análisis seremos capaces de identificar las variables sobre las que debemos enfocar nuestro esfuerzo de control.

La figura II.1.1 ilustra algunas de las zonas de la máquina de inyección que son susceptibles de ser controladas.

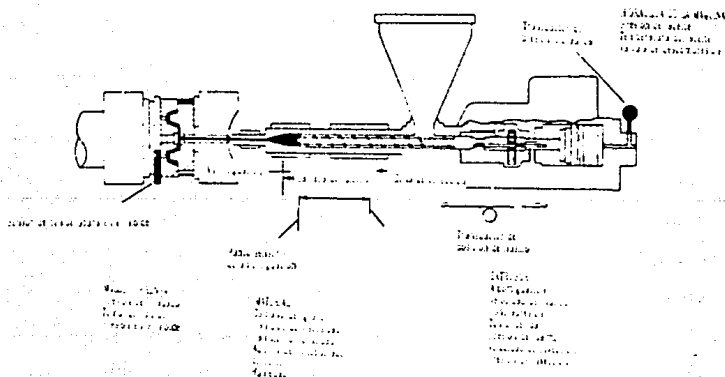


Fig. II.1.1. Ejemplos de zonas de control.

## **ELEMENTOS DEL PROCESO.**

Primeramente, el material se introduce en la tolva. Desde allí viaja a través de los demás elementos de la máquina, como se señala a continuación:

**1. Tolva.** La forma de la tolva de alimentación debe ser tal que permita el flujo libre del material plástico pulverizado. La inclinación de las paredes interiores de la tolva debe ser de 15 a 20 grados y el volumen contenido no debe descender por debajo de la mitad, a fin de mantener un flujo constante hacia el tornillo. De la tolva, el material pasa a la garganta.

**2. Garganta.** La temperatura de la garganta debe ser verificada con un pirómetro portátil y mantenerse en un punto medio entre la temperatura del cuarto y la indicada para la zona posterior del cilindro.

**3. Cilindro y tornillo.** La temperatura del cilindro debe ser la especificada para cada tipo de material. Cuando se excede esta temperatura, el plástico puede degradarse (en el caso de los termoplásticos) o endurecerse prematuramente y obstruir el flujo (en el caso de los termofijos). El alza de la temperatura puede ser provocada por un aumento de la contrapresión, de la velocidad de giro del tornillo o por cualquier causa que incremente el calor por fricción. Resulta, pues, de capital importancia determinar cuál es

el rango óptimo de temperatura para cada material específico y ajustar los valores de operación (**settings**) de los calentadores, de velocidad de giro del tornillo, de contrapresión, de presión de inyección y de velocidad de inyección que aseguren mantener la temperatura adecuada para el material.

**4. Rotación del tornillo.** El calor generado por fricción en las máquinas de inyección de tornillo es aproximadamente proporcional al cuadrado de la velocidad de giro. Sin embargo, un incremento en esta variable reduce el tiempo total de giro del tornillo, reduciéndose también en consecuencia la lectura de temperatura que registra el pirómetro del cilindro. Una velocidad de rotación excesiva provoca degradación o endurecimiento del plástico, según se explicó en el punto anterior, pero, al mismo tiempo, las altas velocidades de giro aseguran una alta tasa de recarga y una mezcla más uniforme, lo que permite ciclos más rápidos.

Una práctica recomendada es la de ajustar la velocidad del tornillo hasta un punto tal que el tiempo de rotación sea de alrededor de una tercera parte de la duración total del ciclo de moldeo. Conviene, además, que la rotación termine justo antes de que el molde se abra, ya que, si termina antes, la mezcla polimerizada se mantiene a alta temperatura durante más tiempo y está más expuesta a degradación o a endurecimiento prematuro.



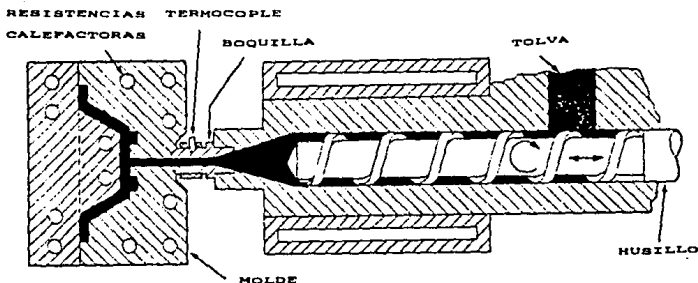


Fig. II.1.2. Rotación del tornillo de inyección.

**5. Contrapresión del tornillo.** La contrapresión (**backpressure**) es la presión que el tornillo debe desarrollar en la zona anterior del cilindro para bombear el plástico fundido hacia adelante. El incremento de la contrapresión provoca un aumento de la temperatura del plástico y también aumenta el tiempo de rotación del tornillo. Una contrapresión mayor intensifica el deslizamiento o cortante del material fundido, favoreciendo así una mejor uniformidad, una mejor mezcla del color y una mayor moldeabilidad. Sin embargo, la contrapresión debe mantenerse a un mínimo en el caso de los materiales con baja viscosidad en estado de fusión a fin de evitar el contraflujo en las volutas del tornillo, así como la reducción de la tasa de bombeo. En el caso de los polímeros que tienen viscosidades relativamente altas en estado de fusión, el incremento de la contrapresión da como resultado piezas con mejor brillo y menores esfuerzos por moldeo. Por otro lado, una

contrapresión excesiva puede provocar degradación térmica, decoloración o marcas de ensanchamiento (**splay marks**).

6. **Boquilla.** Es un elemento a considerar en el caso del moldeo de materiales termoestables. El material entra a la boquilla proveniente del cilindro precalentado y sale hacia un molde caliente. Las condiciones térmicas de la boquilla deben ser tales que prevengan el curado prematuro del material. Por esto, hay que evitar que la boquilla se caliente a consecuencia del contacto prolongado con el molde caliente. Una manga de agua con un flujo de enfriamiento controlado es un dispositivo adecuado para esta tarea. También puede evitarse el sobrecalentamiento de la boquilla disminuyendo el área de contacto entre ésta y el molde.

7. **Presión de inyección.** La presión de inyección que se necesita en la cavidad del molde para producir piezas de calidad consistente es uno de los elementos más importantes del proceso. La lectura registrada por el manómetro de "presión de inyección" es el resultado de sucesivas caídas de presión tales como: la pérdida de presión sufrida por el fluido en su trayecto desde el cilindro de calentamiento a través de la boquilla, del aislador del molde (**sprue bushings**), los corredores (**runners**) y compuertas (**gates**) hasta llegar a la cavidad del molde, donde finalmente se alcanza la presión requerida para producir una pieza densa con una superficie tersa y suave. La presión final en el molde necesita ser tan sólo de unas 2000 psi para muchos materiales, y este valor puede que

represente apenas de 1/5 a 1/10 parte de la lectura del manómetro de presión, dependiendo de la magnitud de las caídas de presión ya mencionadas. La lectura más importante es la que determina la calidad de la pieza, que se toma al final del recorrido del flujo y que en muchos casos es de alrededor de 2000 psi. Una alta presión en la cavidad del molde generalmente supone un material mejor plastificado, consecuencia del calor adicional que se genera por la fricción asociada a la mayor presión de inyección. La duración de esta alta presión de inyección es de alrededor de 5 segundos pues, con menos tiempo, existe el peligro de aprisionar aire y de obtener una superficie de acabado irregular.

**8. Presión de sostenimiento (injection hold pressure).** La presión necesaria para mantener el material dentro del molde mientras solidifica puede reducirse hasta cerca de la mitad de la presión de inyección, debido a que su función básica es la de prevenir el contraflujo del material que entra en el molde. La presión de sostenimiento puede calcularse teniendo en cuenta la proyección del área transversal del molde y que el endurecimiento paulatino del plástico conforme fluye hacia la cavidad provoca que la presión real ejercida sea mucho menor que la aplicada por el pistón en el cilindro. Por esta razón, una presión de 20,000 psi aplicada en el pistón rara vez requerirá un presión de sostenimiento de más de 5 o 6 ton./pulg<sup>2</sup> del área proyectada del molde.

**9. Velocidad de inyección.** La tasa de inyección debiera ser la mayor que la máquina pueda proporcionar, pero debe mantenerse dentro del rango de 5 segundos establecido para la aplicación de alta presión de inyección. A la tasa de inyección alta, hay un levantamiento súbito de la temperatura cuando el material pasa a través de las restricciones en el molde, efecto que acelera el curado de los materiales termoestables.

**10. Apertura y cierre de la prensa.** La máquina aproxima la parte móvil del molde a la parte anclada a alta velocidad y se desacelera antes de que las partes se toquen; en ese momento se aplica la presión de grapado completa. La apertura comienza lentamente, seguida por un aumento de la velocidad hasta que comienza la expulsión de la pieza moldeada, momento cuando de nuevo disminuye la velocidad del desplazamiento.

De la exposición anterior queda claro que en el proceso de inyección de plásticos existen tres variables que deben combinarse adecuadamente para producir piezas con propiedades bien determinadas. Estas variables son: el **tiempo**, la **temperatura** y la **presión**.

El **tiempo** involucra los siguientes elementos: el lapso que transcurre desde que el material entra en el cilindro de calentamiento hasta que es inyectado en el molde (también llamado tiempo de residencia en el cilindro); el tiempo que tarda en ser

inyectado dentro del molde; el tiempo durante el que se mantiene la presión de inyección dentro del molde; tiempo de solidificación o de curado; tiempo de apertura y de cerrado de la prensa; tiempo de expulsión de la pieza.

La **temperatura** se ve afectada por: la temperatura del material que entra a la tolva; temperatura de la garganta; calor suministrado por la compresión y velocidad de rotación del tornillo; calor absorbido en el cilindro según los valores ajustados por el arreglo de pirómetros en las zonas de calentamiento; temperatura promedio alcanzada por la continua mezcla y homogenización hasta el momento de la inyección; control del flujo de refrigerante en los ductos del molde para mantenerlo a la temperatura deseada; temperatura del medio ambiente.

Las **presiones** que deben ser consideradas son: presión de inyección alta, o presión necesaria para llenar las cavidades del molde con un fluido de densidad apropiada; presión de sostenimiento, o presión que hay que mantener sobre el material en el molde mientras solidifica y que evita el contraflujo en el área de la boquilla; contrapresión, que influye en el mezclado y en la alimentación del material dentro de la cámara de dosificación (**measuring chamber**); presión de grapado.

## II.2 CARACTERISTICAS Y SELECCION DE LOS TRANSDUCTORES A UTILIZAR Y SELECCION DE LOS LUGARES OPTIMOS PARA SU TRABAJO.

### II.2.1 CARACTERISTICAS DE LOS TRANSDUCTORES

Los transductores son dispositivos que convierten energía o información de una forma a otra y operan bajo el principio de transformar una entrada, que representa una variable física, en una señal de salida.

Existen tres elementos principales comunes a la mayoría de los sistemas de medición y su diagrama de bloques es el siguiente:

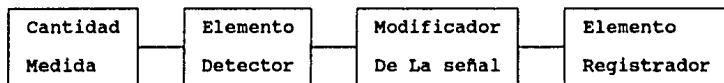


Fig.II.2.1.

### ELEMENTOS DE UN SISTEMA GENERAL DE MEDICION

El primer elemento es el **detector** (o **sensor**), cuyo propósito es el de responder a la magnitud ( o cambios en la magnitud ) de la cantidad que se esta midiendo. La respuesta es una señal de salida cuya magnitud es proporcional a la señal de entrada.

El segundo elemento es el **modificador de la señal de salida**, el elemento detector la modifica ya sea amplificándola o cambiando la señal.

Cuando la señal emerge del modificador de señal, debe tener la forma apropiada para ser desplegada o registrada.

El tercer elemento de un sistema de medición es el **dispositivo registrador**. En los sistemas eléctricos, los dispositivos registradores incluyen instrumentos como medidores, tubos de rayos catódicos, registradores de papel, registradores X-Y y computadoras digitales.

Si el sistema de medición es tal que una cantidad no eléctrica va a medir convirtiéndola a una forma eléctrica, se utiliza un transductor eléctrico como elemento detector.

El transductor eléctrico se llama **activo** si es capaz de producir una señal sin necesidad de una excitación eléctrica. (por ejemplo la celda solar).

Si el transductor es capaz de producir una señal de salida únicamente cuando se usa con una fuente de excitación eléctrica el transductor es **pasivo**. (por ejemplo el transformador diferencial de variación lineal).

## II.2.2.- METODOS DE SELECCION

Cuando una medición de una cantidad no eléctrica se va a llevar a cabo convirtiendo la cantidad a una forma eléctrica, se debe seleccionar un transductor ( una combinación apropiada de ellos), para llevar a cabo la conversión. En el primer paso en el proceso de selección es el de definir claramente la naturaleza de la cantidad a medir. Esto también incluye el conocimiento del rango de magnitudes y frecuencias que se espera de la cantidad exhibida. Cuando el problema se ha establecido, se deben caminar los principios fundamentales de funcionamiento del transductor aconsejable para el tipo de medición. Si uno o más transductores son capaces de producir una señal satisfactoria, debemos decidir si construir uno o utilizar uno disponible en el comercio.

Cuando las especificaciones de un transductor particular se van a examinar, los siguientes puntos se deben considerar para determinar su conveniencia para una medición.

1.- **RANGO.**- EL rango del transductor debe ser lo suficientemente grande para abarcar todas las magnitudes esperadas de la cantidad a medir.

2.- **SENSIBILIDAD.**- Para obtener un dato significativo el transductor debe producir una señal de salida suficientemente grande por unidad de la entrada medida. Esto es que la salida debe ser lo bastante grande para ser procesada.



**3.- CARACTERISTICAS DE LA SALIDA ELECTRICA.-** Las características eléctricas (tales como la impedancia de salida, la respuesta a la frecuencia y el tiempo de la señal de salida del transductor deben ser compatibles con el dispositivo registrador y el resto del equipo del sistema de medición.

**4.- AMBIENTE FISICO.-** El transductor seleccionado debe ser capaz de soportar las condiciones ambientales a las cuales puede estar sujeto mientras hace las mediciones.

Parámetros tales como la temperatura, humedad y químicos corrosivos pueden dañar algunos transductores pero no a otros.

**5.- ERRORES.-** Los errores inherentes en la operación del transductor o aquellos causados por las condiciones ambientales deben ser lo suficiente pequeños o controlables de tal forma que no sean significativos en los datos tomados.

Una vez que el transductor se ha seleccionado e incorporado dentro del diseño del sistema de medición se deben observar las siguientes guías para incrementar la exactitud de las mediciones:

**1.- Calibración del transductor.-** La salida del transductor se debe calibrar con respecto a algún patrón conocido mientras se utiliza bajo las condiciones que va a trabajar. Esta calibración se debe efectuar regularmente.

2.- Los cambios en las condiciones ambientales del transductor se deben registrar continuamente. Si se sigue este procedimiento, los datos obtenidos se pueden corregir más tarde tomando en cuenta los cambios en las condiciones ambientales.

3.- Se pueden reducir los posibles errores de un transductor controlando artificialmente el medio ambiente. Ejemplos del control artificial del medio ambiente del transductor incluyendo el encerramiento en una caja o gabinete a temperatura controlada o aislar el dispositivo de las vibraciones y choques externos.

#### II.2.3.- PRINCIPALES PARAMETROS

A continuación se numeran los principales transductores utilizados para sensar variables en una máquina inyectora de plástico.

##### A).-TEMPERATURA

Para la mayoría de las personas, la temperatura es un concepto intuitivo que dice cuándo está "caliente" o "frío" un cuerpo. En la exposición del segundo principio de la termodinámica, la temperatura se relaciona con el calor, porque se sabe que el calor fluye sólo de un cuerpo con alta temperatura a otro con baja temperatura, en ausencia de otros efectos. La teoría cinética de

los gases y de la termodinámica estadística muestra que la temperatura se relaciona con la energía cinética promedio de las moléculas de un gas ideal.

Otras secciones de la termodinámica estadística muestran las relaciones entre los niveles de temperatura y la energía en los líquidos y sólidos. No es posible exponer los diversos aspectos teóricos del concepto de temperatura, así que solo se indica su importancia en cada rama de las ciencias físicas; por lo tanto el investigador debe conocer los métodos empleados en las mediciones de temperatura.

#### **TERMOPARES**

El termopar se basa en el efecto descubierto por Seebeck en el año 1821. En donde si dos metales diferentes se juntan y el punto de unión se calienta ( o se enfría ), aparece una diferencia de voltaje a través de los extremos sin unir y sin calentar. La magnitud de la diferencia de voltaje resultante es únicamente del orden de los milivoltios. Sin duda alguna, la diferencia de voltaje es directamente proporcional a la diferencia de temperatura que existe entre la unión calentada y los extremos más fríos. Si se emplea un detector lo suficientemente sensible, se puede medir la diferencia de temperaturas por medio del termopar. Las combinaciones de metales más usados comúnmente son las siguientes :

Hierro y Constantanio; Cromel (aleación de níquel y cromo) tipo "J" y Alumel (aleación de aluminio y níquel) tipo "K"; Platino y Radio-Platino tipo "R".

La primera combinación es conveniente para temperaturas de hasta 900°C la segunda para temperaturas de hasta 1150°C y la tercera para temperaturas de hasta 1600°C.

El termopar normalmente se coloca dentro de la región cuya temperatura se va a determinar. La temperatura de los dos extremos fríos se mantiene fija y se mide el voltaje entre ellos. A partir de estos datos se calcula la temperatura de unión.

A continuación se muestra la relación entre la salida de voltaje de los termopares contra temperaturas para cada una de las combinaciones de los tres metales que se mencionaron anteriormente.

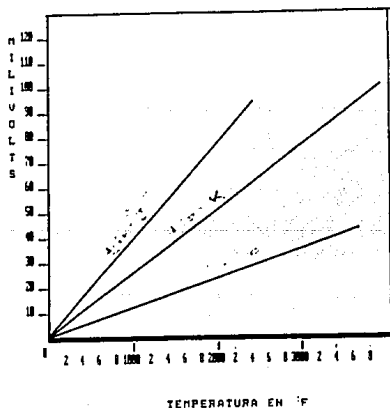


Fig. II.2.2.

Puesto que la salida a través de los extremos fríos del termopares de unos pocos milivoltios, se necesita un voltímetro sensible para medir este voltaje, por tanto los potenciómetros o voltímetros digitales altamente sensibles se utilizan generalmente como los dispositivos de medición. En la figura siguiente se muestra un método práctico para conectar un termopar a un instrumento indicador para medir temperaturas y establecer una temperatura de referencia.

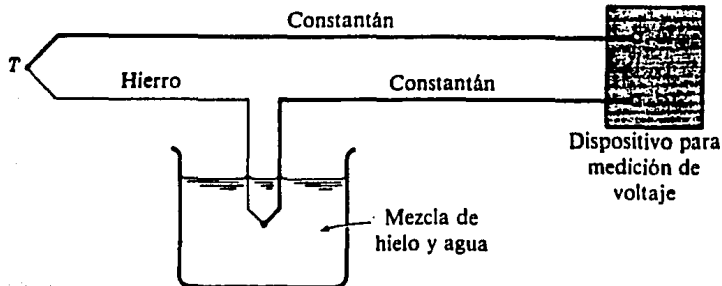


Fig.II.2.3.

Los termopares son dispositivos resistentes y exactos como medidores de temperatura. Sin embargo no responden a los cambios de temperatura y por lo tanto no se emplean para registrar temperaturas que cambian rápidamente con el tiempo.

## SELECCION DEL TRANSDUCTOR A UTILIZAR

Utilizaremos el termopar tipo "J" por la linealidad en su respuesta, para medir una temperatura media de entre 150°C y 450°C, que es el rango de temperatura de plastificación de los diferentes tipos de polímeros a utilizar , por ser económico y su buena disponibilidad en el mercado. Con este aditamento podemos tener una supervisión precisa de la temperatura a sensar.

### B).- PRESIONES

La presión es una fuerza por unidad de área y puede expresarse en unidades tales como kg/cm<sup>2</sup>, psi (libras por pulgada), bar y atmósferas, si bien se normalizó recientemente en Pascal (Newton por metro cuadrado =N/m<sup>2</sup>) símbolo (Pa) de acuerdo con las Conferencias Generales de Pesas y Medidas que tuvieron lugar en París en Octubre de 1967 y 1971 y según la Recomendación Internacional No. 17 ratificada en la III Conferencia General de la Organización Internacional de Metrología Legal.

En la tabla siguiente figuran las equivalencias entre estas unidades.

	psi	pulgada c.d.a.	pulgada c.d.Hg.	atmosfera	kg/cm <sup>2</sup>	cm c.d.a.	mm c.d.Hg.	bar	Pa
psi	1	27.68	2.036	.0688	.0703	70.31	51.72	.0689	71.2
pulgada c.d.a.	.03361	1	.0735	.0024	.0025	2.54	1.868	.0024	256.2
pulgada c.d.Hg.	.4912	13.6	1	.0334	.0345	34.53	25.4	.0333	3484
atmosfera	14.7	406.79	29.2	1	1.033	1033	760	1.0131	1.01E5
kg/cm <sup>2</sup>	14.22	393.7	28.96	.9678	1	1000	735.6	.98	98100
cm c.d.a.	.0142	.3937	.0289	.00096	.0010	1	.7355	.001	100
mm c.d.Hg.	.0193	.5353	.0393	.0013	.0013	.0013	1	.00133	133
bar	14.5	400	29.0	.987	1.02	1000	750	1	10 <sup>5</sup>
Pa	.00014	.0039	.0029	987E-9	102E-7	.01	.0075	10 <sup>-2</sup>	1

Fig. II.2.4.

La presión puede medirse en valores absolutos o diferenciales. En la figura 1 se indican las clases de presión que los instrumentos miden comúnmente en la industria.

La presión absoluta se mide con relación al cero absoluto de presión (puntos A y A de la figura II.2.3.4).

La presión atmosférica es la presión ejercida por la atmósfera terrestre medida mediante un barómetro. A nivel del mar esta presión es próxima a 760 mm. (29.9 pulgadas) de mercurio absolutos o 14.7 psia. (Libras por pulgada cuadrada absolutas)

y estos valores definen la presión ejercida por la atmósfera estándar.

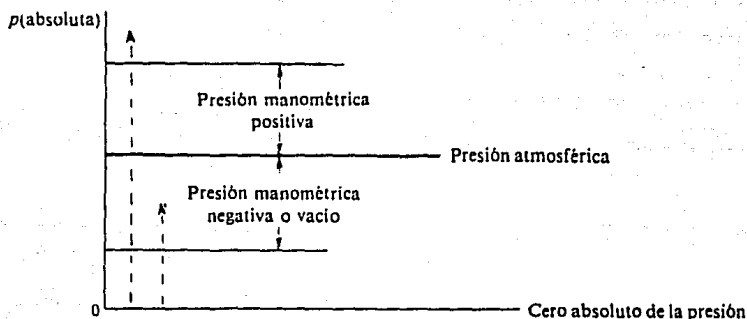


Fig. II.2.5.

El campo de aplicación de los transductores de presión que son los instrumentos utilizados en la medición de esta, es amplio y abarca desde valores muy bajos (vacío) hasta presiones de miles de  $\text{kg/cm}^2$ . Los instrumentos de presión se clasifican en tres grupos; mecánicos, electromecánicos y electrónicos.



## **ELEMENTOS MECANICOS**

Se dividen en (1) elementos de medida directa que miden la presión comparándola con la ejercida por un líquido de densidad y altura conocidas (barómetro cubeta, barómetro de tubo en U, manómetro de tubo inclinado, manómetro de campana), y (2) elementos primarios elásticos que se deforman por la presión interna del fluido que contienen.

Los elementos primarios elásticos mas empleados son: El tubo de Bourdon, el elemento en espiral, el helicoidal, el diafragma y el fuelle.

## **ELEMENTOS ELECTROMECHANICOS**

Los elementos electromecánicos de presión utilizan un elemento mecánico elástico combinado con un transductor eléctrico que genera la señal eléctrica correspondiente. el elemento mecánico consiste en un tubo de Bourdon, espiral, diafragma, fuelle o una combinación de los mismos que, a través de un sistema de palancas convierte la presión en una fuerza o en un desplazamiento mecánico.

## **ELEMENTOS ELECTRONICOS**

Los transductores electrónicos se emplean para la medida de alto vacío, son muy sensibles y se clasifican en los siguientes tipos;

Mecánicos. Fuelle y diafragma.

Medidor McLeod.

Térmicos            Termopar  
                     Pirani  
                     Bimetal

                     Filamento caliente  
Ionización        Cátodo frío  
                     Radiación

De todo lo anterior, podemos establecer que existe una gran cantidad y tipos diferentes de transductores de presión, por lo que su adecuada selección en el control de la maquina inyectora de plásticos es de primer orden, ya que la inyección es un parámetro clave para este proceso.

#### **TRANSDUCTORES PIEZOELECTRICOS PARA SENSAR PRESIONES**

Los elementos piezoeléctricos son materiales cristalinos que al deformarse físicamente por la acción de una presión, generan una señal eléctrica. Dos materiales típicos en los transductores piezoeléctricos son el cuarzo y el titanato de bario, capaces de soportar temperaturas del orden de 150°C en servicio continuo y de 230°C en servicio intermitente.

Son elementos ligeros de pequeño tamaño y de construcción robusta. Su señal de respuesta a una variación de presión es lineal y son adecuados para las medidas dinámicas, ya que son capaces de manejar frecuencias de hasta un millón de ciclos por segundo. Tienen la desventaja de ser sensibles a los cambios bruscos de temperatura y precisar ajuste de impendancias en caso de fuente de choque.

#### **TRANSFORMADOR DIFERENCIAL DE VARIACION LINEAL (LVDT)**

Este transductor produce una señal eléctrica que es linealmente proporcional al desplazamiento mecánico. Los desplazamientos que se pueden detectar por medio del LVDT son relativamente grandes y proporcionales a la presión que se quiere medir, la detección de estos desplazamientos va desde micropulgadas hasta pulgadas. A menudo se utilizan con otros transductores puesto que se pueden conectar a los que tengan una salida mecánica.

Como se muestra en la figura el LVDT sensa desplazamientos por medio del movimiento de un núcleo ferromagnético dentro de un transformador especial.

El transformador tiene un devanado primario y dos devanados secundarios. Los tres sobre un mismo tubo aislador hueco. El devanado primario se encuentra en el centro del tubo y los dos devanados secundarios en los extremos con igual número de vueltas y conectados en serie-oposición. Esto significa que si el acoplamiento entre cada devanado secundario y el primario es igual,

el voltaje  $V_o$ , a través de los alambres de los devanados secundarios será cero, aun cuando el devanado primario este excitado con una señal de c.a.

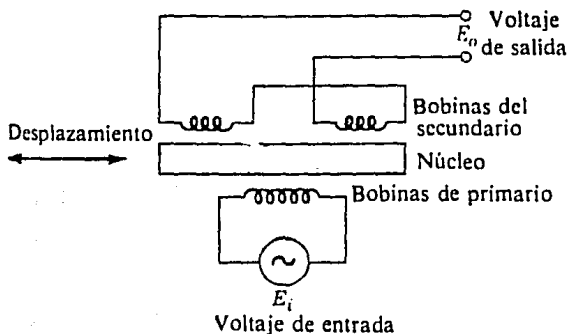


Fig. II.2.6a.

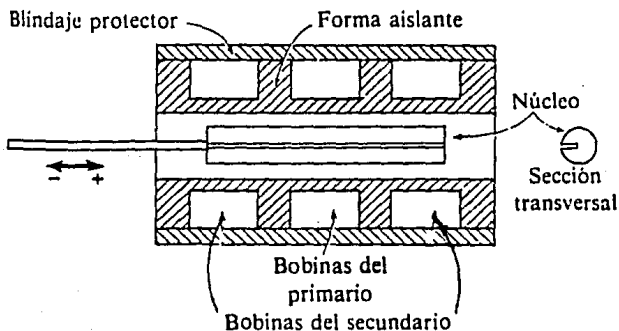


Fig. II.2.6b.

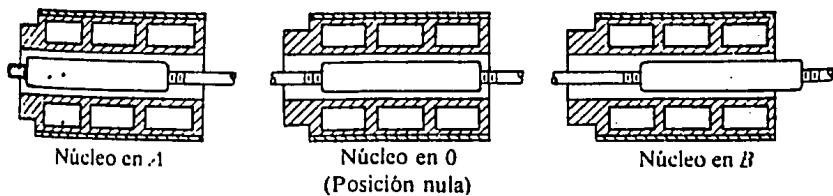


Fig. II.2.6c.

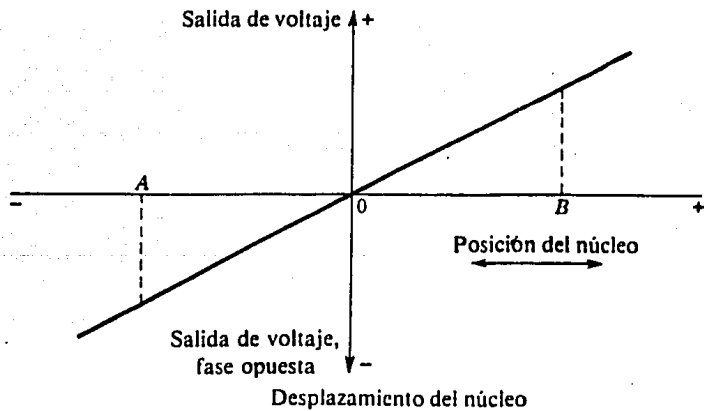


Fig. II.2.6d.

Si el núcleo ferromagnético está centrado con respecto a la longitud del transformador, el acoplamiento es mutuo entre cada devanado secundario y el primario es igual. Mientras esta condición exista,  $V_o=0$ . Sin embargo, si el núcleo se mueve de su posición central, el acoplamiento mutuo entre cada devanado secundario y el devanado primario ya no será igual. Por ejemplo si el núcleo en la figura se mueve a la derecha, el acoplamiento mutuo entre el devanado secundario N° 2 Y el primario, incrementa, mientras que el acoplamiento mutuo entre el devanado secundario N° 1 y el primario, decrece. Un traslado del núcleo a la izquierda tendrá un efecto contrario. Como resultado de los cambios en el acoplamiento mutuo, el voltaje  $V_o$ , a través de los alambres de salida conectados a los devanados secundarios ya no será cero, además este voltaje de salida será proporcional linealmente a la magnitud del desplazamiento.

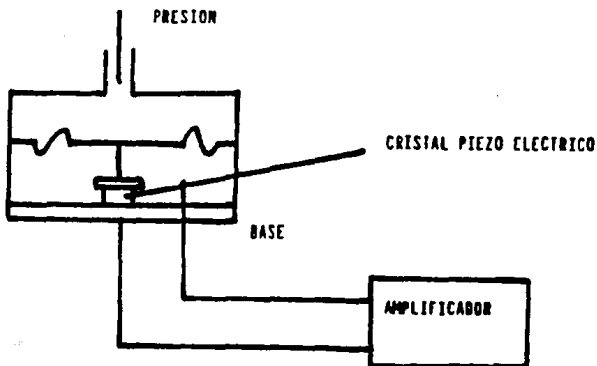
La sensibilidad de un LVDT se especifica en  $mV/0.001$  pul. Su voltaje de salida actual se encuentra multiplicando la sensibilidad, el desplazamiento y el valor eficaz del voltaje de entrada.

Como resultado, la salida de voltaje puede ser de varios voltios o mas . Esto da al LVDT una gran salida de voltaje comparada con muchos otros transductores. Además los LVDT suministran una salida cuya resolución es continua.

#### II.2.4 SELECCION DEL TRANSDUCTOR A UTILIZAR

Utilizaremos el transductor piezoelectrico por ser adecuados para medidas dinámicas, por que su señal de respuesta es lineal y por el margen de operación al que podemos utilizarlos que va de 0.1 - 600 kg/cm<sup>2</sup>, además por su precisión en toda la escala que es del 1% y baja sensibilidad a vibraciones.

La siguiente figura muestra este tipo de transductor.



#### TRANSDUCTOR PIEZO-ELECTRICO

Fig. II.2.7.

Por otro lado utilizaremos el transductor LVDT para sensar la presión hidráulica de la maquina puesto que este tipo de

transductor es lineal para pequeños desplazamientos, además de ser muy económico y de fácil acceso en el mercado, este tipo de dispositivo resulta adecuado para sensar presiones en las cuales no exista una temperatura muy elevada en el punto de medición.

### C).- DESPLAZAMIENTOS

#### TRANSDUCTOR DE RESISTENCIA VARIABLE

El transductor de resistencia variable es un dispositivo muy común que puede construirse utilizando un contacto móvil en una bobina de alambre mediante un movimiento lineal o angular o un contacto con un desplazamiento angular en un conductor sólido, por ejemplo una pieza de grafito. El dispositivo también se llama potenciómetro de resistencia o reostato y se fabrica comercialmente en muchos tamaños, diseños y capacidades. El costo puede variar desde uno muy bajo, para un potenciómetro simple usado como control de volumen en un circuito de radio, hasta uno muy alto para un dispositivo de presión usado para trabajos exactos en laboratorios.

El transductor de resistencia variable es fundamentalmente un dispositivo que convierte el desplazamiento lineal o angular en una señal eléctrica sin embargo, mediante métodos mecánicos es posible convertir la fuerza y la presión en desplazamiento, de modo que el dispositivo también puede usarse en mediciones de fuerza y presión.



## REGLETA DE CRISTAL GRADUADA

Este tipo de transductor se compone de los siguientes elementos:

Una fuente de luz

Uno o dos foto-transistores

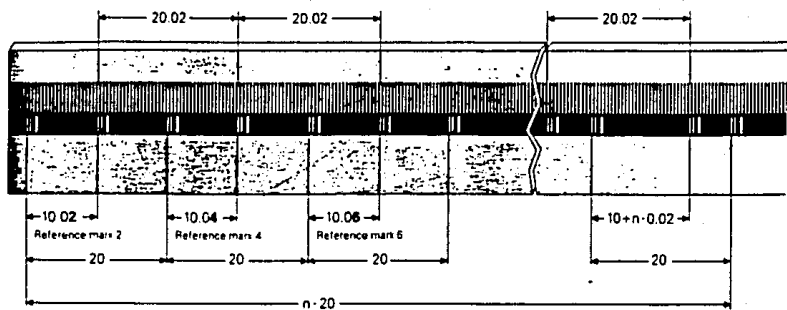
La regleta con perforaciones hechas a la misma distancia una de la otra y simétricas.

Se utilizan para sensar desplazamientos que van desde milímetros a algunos metros, siendo sus limitantes la velocidad a la que se van a desplazar y sus dimensiones físicas. Tienen una exactitud muy alta lo que nos da una precisión de  $\pm 0.5\text{mm}$  y funcionan de la siguiente manera:

El haz de luz va a pasar por entre las perforaciones graduadas de la regleta incidiendo a intervalos regulares de tiempo sobre el foto-transistor, el cual conducirá cuando esto suceda y no conducirá cuando el haz de luz se interrumpa.

Dado que los desplazamientos a medir son en uno y otro sentido las marcas de la regleta graduada están contenidas en dos pistas, con igual codificación pero desplazadas entre si. El sentido del avance se deducirá según se produzca la iluminación de un foto-transistor cuando el otro esta o no iluminado.

En las figuras siguientes se puede apreciar este tipo de sensor para desplazamientos ya sea en uno o ambos sentidos.



Dimensions in mm

Fig. II.2.8.

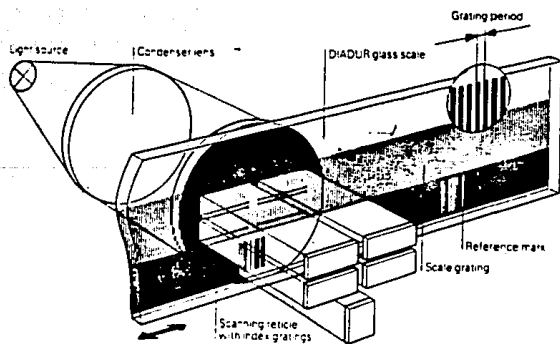


Fig. II.2.9.

## II.2.5 SELECCION DE LOS LUGARES OPTIMOS PARA SU TRABAJO.

Es importante hacer notar que en los puntos que son de interés para obtener mediciones que sean las mas exactas posibles, serán obviamente aquellos lugares en donde se generen las variables a medir.

No en todos los casos es posible realizar mediciones directas pues se tienen limitantes físicas que no lo permiten, sin embargo existen también mediciones indirectas que se pueden realizar por diferentes medios, aunque se pierda cierta exactitud al realizarlas. Aunque este no sea el caso es conveniente mencionarlo.

Los transductores seleccionados aquí han sido probados con éxito por la experiencia de los años por los fabricantes y diseñadores de estas maquinas.

Así que los termopares irán instalados en el cilindro de inyección, que es en donde el polímero se plastifica y se debe controlar su temperatura.

El transductor piezoelectrico estará instalado dentro del molde, que es el punto clave para realizar la medición de la presión y controlarla; puesto que el control de la presión es básico para obtener piezas de buena calidad.

Las regletas graduadas irán montadas, una en la parte móvil del molde para así controlar su desplazamiento y ajuste de la posición del mismo y en caso necesario corregirlo.

El transformador diferencial con variación lineal (LVDT) ira montado en la parte anterior del pistón de inyección que va a ser movido por la presión hidráulica generada por una bomba.

De esta manera se controlara la presión hidráulica que le da el movimiento al pistón de inyección, a la parte móvil del molde, a los botadores, etc.

En la figura siguiente podemos apreciar a los transductores de presión y de temperatura que pueden ir instalados dentro del molde.

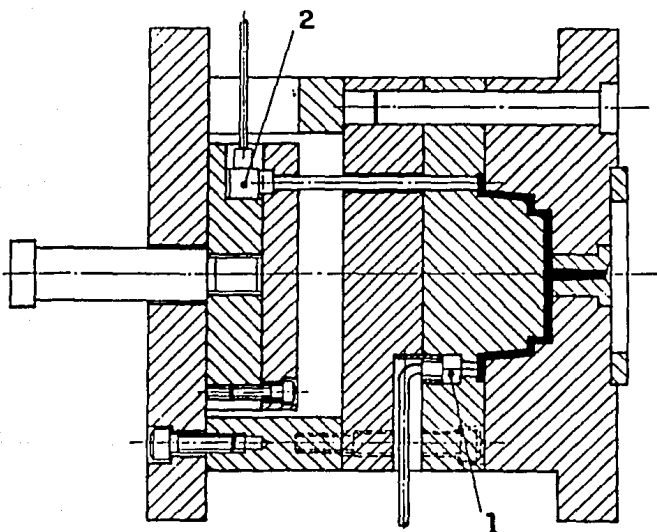


Fig.II.2.10. Ejemplo de aplicación de transductores: 1) Presión y 2) Temperatura.

## **SELECCION DEL TRANSDUCTOR A UTILIZAR**

De los tipos de transductores para sensar desplazamientos se seleccionara la regleta graduada ya que aunque es de mas alto precio en el mercado tiene la gran ventaja de no tener desgaste puesto que no tiene partes móviles como la resistencia variable que con la fricción se desgastaran y se tendrán falsas lecturas las cuales influirán en la calidad de las piezas a producir.

## II.3 DISEÑO DE LAS ETAPAS DE AUTOMATIZACION DEL SISTEMA.

Para el diseño electrónico de las etapas de automatización de una máquina inyectora de plásticos analizaremos el circuito eléctrico de control de la **FAMA NISSEI modelo FS-150**, para lo cual se hace una descripción detallada de su funcionamiento con apoyo en el diagrama de la figura II.3.1.

### II.3.1. CIRCUITO ELECTRICO DE LA MAQUINA FS-150.

#### II.3.1.1. CIRCUITO DE LA UNIDAD DE POTENCIA.

Supongamos conectadas las líneas de energía eléctrica a la máquina inyectora. Al cerrar la puerta de la caja de control eléctrico se cierran los limit switches **LS-12** y **LS-13**, poniendo a funcionar el contactor magnético **MC4**.

Al funcionar el contactor magnético **MC4**, se cierran los contactos correspondientes y se energiza el circuito de la unidad de potencia. Nótese que, cuando **MC4** se acciona, el motor de la bomba **M-1** no entra aún en funcionamiento, ya que el contacto **MS-1** continúa abierto.

Siguen las líneas de energía hacia el transformador **TR-1**. La conexión del transformador se hará a la terminal de 220 ó 440 volts, según sea el voltaje de alimentación.

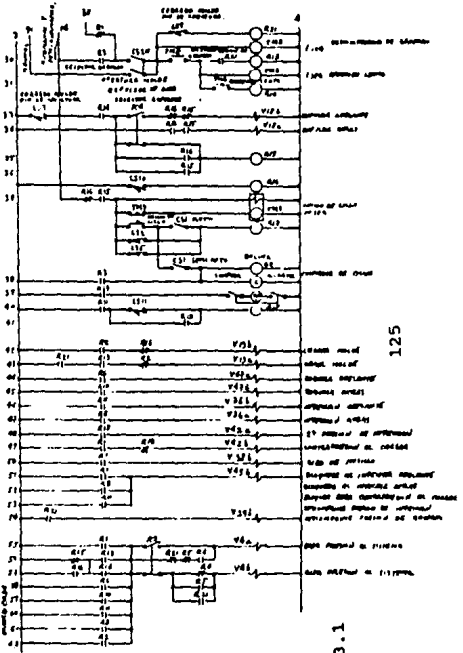
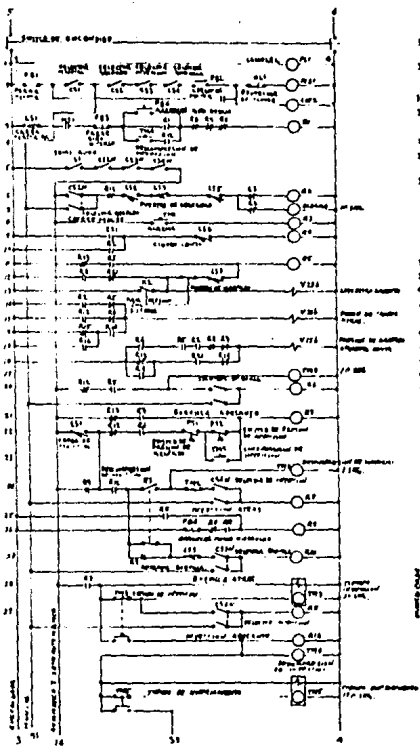
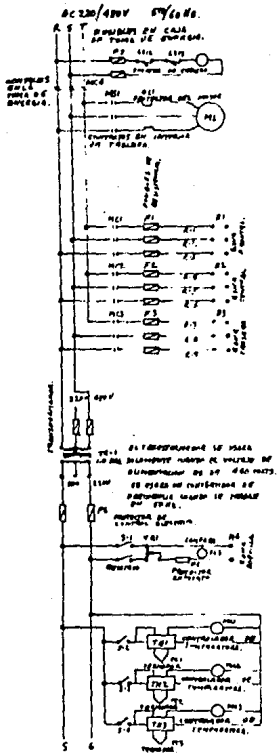


Fig. II.3.1  
CIRCUITO ELECTRICO DE LA MAQUINA DE INYECCION FAWA NIMBI FS 170

A la salida del transformador, las líneas llegan a las manijas para pulsador S-1, S-2, S-3 y S-4, situadas en la parte frontal externa de la sección 4 de la inyectora.

Al accionarse estos switches, entran a funcionar los termocontroles TH-1, TH-2 y TH-3 que, a su vez, permiten a los contactores magnéticos MC-1, MC-2 y MC-3 cerrar sus contactos.

Una vez cerrados estos contactores, se inicia el calentamiento de las bandas de resistencia que calientan al barril. Para lograr un rango de temperatura controlable, se tiene otra banda de resistencias M4 en la parte trasera, cuya energía es controlada por el regulador de voltaje VR1.

Transcurrido el tiempo suficiente para que el barril alcance la temperatura adecuada, se puede proceder a energizar el resto de la máquina. Para esto debe verificarse que los switches CS-2, CS-3 y CS-4 estén en su posición normal N. Luego, posicionar el switch CS-1 en manual y, hecho esto, presionar el switch de potencia K-1, con lo cual se energiza el circuito principal de la máquina, poniendo a funcionar el motor de la bomba, ya que se energizó el switch magnético MS-1 al haber presionado el switch PB-2 después del K-1.

En el diagrama mostrado, K-1 conecta las líneas de energía (5-6) a las líneas del circuito de la máquina (3-4). El switch PB-1 sirve para parar el motor de la bomba, por lo cual debe permanecer sin ser presionado. Los switches CS-1, CS-2, CS-3, CS-4 y PB-2 ya fueron mencionados. PL-1 es un foco que enciende



### **II.3 DISEÑO DE LAS ETAPAS DE AUTOMATIZACION DEL SISTEMA.**

Para el diseño electrónico de las etapas de automatización de una máquina inyectora de plásticos analizaremos el circuito eléctrico de control de la **FAMA NISSEI modelo FS-150**, para lo cual se hace una descripción detallada de su funcionamiento con apoyo en el diagrama de la figura II.3.1.

#### **II.3.1. CIRCUITO ELECTRICO DE LA MAQUINA FS-150.**

##### **II.3.1.1. CIRCUITO DE LA UNIDAD DE POTENCIA.**

Supongamos conectadas las líneas de energía eléctrica a la máquina inyectora. Al cerrar la puerta de la caja de control eléctrico se cierran los limit switches **LS-12** y **LS-13**, poniendo a funcionar el contactor magnético **MC4**.

Al funcionar el contactor magnético **MC4**, se cierran los contactos correspondientes y se energiza el circuito de la unidad de potencia. Nótese que, cuando **MC4** se acciona, el motor de la bomba **M-1** no entra aún en funcionamiento, ya que el contacto **MS-1** continúa abierto.

Siguen las líneas de energía hacia el transformador **TR-1**. La conexión del transformador se hará a la terminal de 220 ó 440 volts, según sea el voltaje de alimentación.

A la salida del transformador, las líneas llegan a las manijas para pulsador S-1, S-2, S-3 y S-4, situadas en la parte frontal externa de la sección 4 de la inyectora.

Al accionarse estos switches, entran a funcionar los termocontroles TH-1, TH-2 y TH-3 que, a su vez, permiten a los contactores magnéticos MC-1, MC-2 y MC-3 cerrar sus contactos.

Una vez cerrados estos contactores, se inicia el calentamiento de las bandas de resistencia que calientan al barril. Para lograr un rango de temperatura controlable, se tiene otra banda de resistencias M4 en la parte trasera, cuya energía es controlada por el regulador de voltaje VR1.

Transcurrido el tiempo suficiente para que el barril alcance la temperatura adecuada, se puede proceder a energizar el resto de la máquina. Para esto debe verificarse que los switches CS-2, CS-3 y CS-4 estén en su posición normal N. Luego, posicionar el switch CS-1 en manual y, hecho esto, presionar el switch de potencia K-1, con lo cual se energiza el circuito principal de la máquina, poniendo a funcionar el motor de la bomba, ya que se energizó el switch magnético MB-1 al haber presionado el switch PB-2 después del K-1.

En el diagrama mostrado, K-1 conecta las líneas de energía (5-6) a las líneas del circuito de la máquina (3-4). El switch PB-1 sirve para parar el motor de la bomba, por lo cual debe permanecer sin ser presionado. Los switches CS-1, CS-2, CS-3, CS-4 y PB-2 ya fueron mencionados. PL-1 es un foco que enciende

al conectar K-1 y que permanecerá encendido mientras la máquina esté operando.

Hagamos referencia a una parte del diagrama donde el bimetálico OL-1, al sobrecalentarse, desconecta al switch OL-1, desconectando al switch magnético MS-1 que, a su vez, corta el suministro de energía al motor de la bomba M-1. Así, OL-1 opera como un relevador térmico de sobrecarga.

Ya que está operando el motor de la bomba, se selecciona la manera de operación, ya sea manual, semi-automática o automática, mediante el switch CS-1 nuevamente. Con esto queda lista la máquina para operarse.

Para que se inicie la secuencia de operaciones, es necesario que se encuentren cerradas las puertas de seguridad.

### **II.3.1.2. CIRCUITO DEL SISTEMA DE GRAPADO.**

#### **A. Primera fase de grapado.**

Al cerrarse las puertas de seguridad se cierran los limit switches LS-2, LS-3 y LS-4, con lo cual da comienzo la operación de grapado, actuando el relevador R2 y el timer TM1.

El relevador R2 energiza, al ser actuado, a los solenoides V-21b, V-13b y V-4b, con lo cual se lleva a cabo la primera fase de grapado. También prepara al relevador R4 para actuar cuando se cierra el LS-6. Ya que todos los demás relevadores están

desenergizados, están en la posición mostrada en el diagrama. El switch K-2 está normalmente en la posición mostrada.

#### **B. Segunda fase de grapado.**

Esta segunda fase se inicia cuando es presionado el limit switch de baja presión de cierre del molde LS-6. Ya presionado, entra a funcionar el relevador R4, ya que el relevador R2 está en operación. El R4 opera a los solenoides V-28b y V-4a activándolos, y al V-4b desconectándolo. Recuérdese que R2 está actuando y los demás relevadores están en la posición mostrada.

La válvula V-28 regula la velocidad de grapado y la V-4 la presión de grapado.

#### **C. Tercera fase de grapado.**

La tercera fase de grapado se inicia cuando es presionado el limit switch LS-7 para restaurar la alta presión de cierre del molde.

Al cerrarse LS-7, se acciona el relevador R5, el cual activa los solenoides V-15b y V-4b. A su vez, desenergiza los solenoides V-21b y V-4a. Con estas válvulas en las posiciones mencionadas, se lleva a cabo la tercera fase de grapado.

Además, el R5 activa al relevador R6, con lo cual se iniciará la siguiente parte del proceso, cuya duración será controlada por el timer TM9, que también fue activado por R5.

### II.3.1.3. CIRCUITO DEL SISTEMA DE INYECCION.

#### A. Boquilla adelante.

El movimiento hacia adelante de la unidad de inyección es simultáneo con el grapado a alta presión (Tercera Fase). El tiempo de retraso es mínimo, ya que la respuesta del relevador R5 para energizar R6 es casi instantánea.

Al energizarse el relevador R6, es actuado el solenoide V-47b, con lo que se inicia el avance de la boquilla.

Para detener el avance es necesario que actúe R7. El limit switch LS-1 está cerrado en este instante, por lo que R7 puede ser energizado, bien porque termina el timer TM9 o porque se cierran los switches de presión PS1 y PS2.

El timer TM9 es controlable pero, para seguridad en el sistema, se tiene los otros switches. Tanto PS1 como PS2 son actuados cuando la presión requerida se alcanza, PS1 con la alta presión de grapado y PS2 con la presión en la boquilla.

Ya sea porque deje actuar el timer TM9, y/o porque se presionen PS1 y PS2, actuará el relevador R7, desenergizado al solenoide V-47b y, por ende, deteniendo el avance de la boquilla.

#### B. Inyección.

La inyección se inicia cuando el relevador R7 actúa al relevador R11 por medio del timer TM-3.

En semiautomático o en automático sucede lo descrito a continuación. El relevador R7, previamente energizado, actúa al

timer **TM-3** a la posición mostrada en el diagrama. Ya que en automático o en semi-automático, **CS-4** se encuentra en posición normal, entonces se energiza **R11**. Si se trabaja en manual (línea 91), para energizar el **R11** es necesario poner a **CS-4** en la posición conveniente, en este caso en "**Adelante**", para que la inyección se lleve a cabo.

Una vez en operación, el relevador **R11** conecta los solenoides **V-36b** y **V-45b**, reafirmando el grapado de alta presión con el **V-4b**. Otras acciones del relevador **R7** son desactivar los solenoides **V-15b** y **V-47b**, así como el timer **TM-1**, en tanto que **R11** prepara a **R18** para que se active cuando se cierre el limit switch **LS-11**.

#### **C. Sostenimiento de la Inyección.**

La inyección se lleva a cabo a una presión fija hasta que es actuado el limit switch **LS-11**, cambiando a una presión menor o presión de sostenimiento. El cambio de presión lo hace la válvula **V-42** al cambiar a la posición "**A**" en este caso, accionada por el relevador **R-18** que fue energizado al cerrarse el **LS-11**.

Todo el tiempo de inyección y su sostenimiento es controlado por el timer **TM-3**. Al momento que cesa de actuar **TM-3**, termina la inyección.

#### **D. Alivio de la presión de inyección.**

Al momento en que termina de actuar el timer **TM-3**, se origina una serie de desconexiones. **TM-3** desenergiza al relevador **R11** y conecta al relevador **R-12**, al timer **TM-4** y al **TM-5**. Al ser

desactivado R11, se desenergizan los solenoides V-36b y V-45b, así como el relevador R-18. Esto desconecta a su vez al solenoide V-42a.

Por su parte, el relevador R-12 desconecta a los relevadores R-2 y R-6, y al timer TM-9.

Las consecuencias de esto son que R-2 desenergiza al solenoide V-13b y al relevador R-4, y que R-6 desactiva al solenoide V-47b.

#### **E. Carga de Material.**

Tras de haberse llevado a cabo la inyección del material en el molde y haberse despresurizado la unidad de inyección, viene el regreso del gusano, durante el cual se lleva a efecto la carga de material.

Ya que el timer TM-4 controla el tiempo de alivio de la inyección, al dejar de operar sus contactos da comienzo al retroceso del gusano. Así, al dejar de operar el timer TM-4 y estando accionado el relevador R-12, es energizado el relevador R1. Este actúa a los solenoides indicados en el diagrama (V-38b, V-42b y V-45b).

En la posición "B", la válvula V-38 hace funcionar al motor del gusano, con lo cual se inicia la carga de material. Debido al retroceso del gusano, el aceite en su parte posterior debe ser evacuado gradualmente, lo cual se logra con la válvula V-42 en su posición "B". La finalidad de accionar la válvula V-45 es evitar

que el aceite hidráulico siga otra trayectoria distinta de la indicada.

#### **F. Descompresión del Material.**

Durante la carga de material se fue haciendo mayor la presión sobre el plástico, por lo que tiende a salir por la boquilla. Para eliminar este problema de que chorree, se efectúa una ligera descompresión del material, inyectando presión al émbolo del gusano para moverlo hacia atrás. Debe notarse que este movimiento debe ser muy pequeño para evitar que penetre aire dentro del barril. La descompresión se inicia cuando el gusano actúa al limit switch LS-1 durante su retroceso al cargar material. LS-1 desconecta al relevador R-1, con lo cual se suspende el trabajo del motor del gusano, deteniendo así la carga del material. Recuerde que, si R-1 deja de operar, los solenoides V-42b, B-38b y V-45b son desenergizados, habiendo sido operados para la fase anterior (de carga).

El mismo LS-1 activa al timer TM-2 y al relevador R-8. El relevador R-8 es el que energiza los solenoides V-45b y V-36a para llevar a cabo la descompresión. La válvula V-45 es una vía de retorno de aceite hidráulico, en tanto que la V-36 es la que realmente gobierna el movimiento hacia atrás del gusano.

El timer TM-2 controla el tiempo de retroceso del gusano. Este tiempo debe ser muy pequeño para que no penetre aire al barril. Al terminar de actuar TM-2, desconecta al relevador R-8, parando así la descompresión del material.



Otra función de R-8 es activar al relevador R-9, el cual desarrolla simultáneamente el movimiento hacia atrás de la boquilla.

#### **G. Boquilla atrás.**

El relevador R-9, activado por el R-8, desarrolla funciones intermedias entre las etapas de descompresión y de boquilla atrás. Asegura el contacto de TM-2 por si deja de operar el switch LS-1, asegura la desconexión del relevador R-1 y conecta el R-10, el cual gobierna la operación boquilla atrás. También el R-9 se autoconecta para operar independientemente de R-8.

El relevador R-10 conecta al solenoide V-47a, con lo cual se lleva a cabo el retorno hacia atrás de la boquilla. Además, asegura la conexión del V-4b con lo cual se sigue manteniendo la alta presión sobre el molde.

El regreso de la boquilla continúa hasta que es presionado el limit switch LS-8 el cual desenergiza al relevador R-10, deteniendo esta etapa.

### **II.3.1.4. CIRCUITO DEL SISTEMA DE EXPULSION.**

#### **A. Descompresión del grapado.**

El tiempo de enfriamiento del producto moldeado es controlado por el timer TM-5. Así, al terminar la inyección empieza a operar TM-5. Mientras está actuando, se lleva a cabo el alivio de la presión de inyección, la carga de material nuevo, la descompresión

del material cargado y el retorno atrás de la boquilla. Al terminar de operar **TM-5**, se inicia la fase de expulsión del producto moldeado.

Al terminar de actuar **TM-5**, se energizan el relevador **R-21** y el timer **TM-8**.

La descompresión del grapado es accionada por el relevador **R-21**. Este energiza a **R-4**, ya que el limit switch **LS-6** está presionado; igualmente, **R-21** energiza los solenoides **V-15B** y **V-29b**, con lo cual se descomprime la cámara del cilindro principal. El relevador **R-4** sólo se asegura de que **V-15b** esté energizado y de que **V-21b** no lo esté.

#### **B. Apertura lenta del molde.**

La apertura lenta del molde se inicia cuando termina de operar el timer **TM-8**, siendo energizados el relevador **R-13** y el timer **TM-6**. Esta etapa es accionada por **R-13**, el cual conecta a los solenoides de las válvulas **V-13a** y **V-4b**, desenergizando al de **V-4a**. Con estas válvulas y con **V-15** en posición "B", se realiza la apertura lenta del molde.

#### **C. Apertura rápida del molde.**

Esta etapa se inicia cuando termina de actuar el **TM-6**, o sea, desactivado el limit switch **LS-6**, ambos eventos deben de ocurrir simultáneamente. Cuando finaliza el **TM-6**, se activa el relevador **R-14**, el cual energiza al solenoide **V-21b**. También, cuando se

desactiva **LS-6** se desenergiza el relevador **R-4**, con lo cual se energiza el solenoide **V-21b**.

La función de la válvula **V-21** es posicionar el cilindro conmutador y, cuando está actuando el solenoide **V-21b**, la válvula dirige la presión para que el cilindro principal se abra rápidamente.

La apertura del molde termina cuando es presionado el limit switch **LS-9**, el cual desactiva al relevador **R-21**, y con esto se desenergiza **R-13**, por lo que se desenergiza **V-13a**, suspendiéndose con esto la apertura.

#### **D. Botador adelante.**

Esta etapa se inicia cuando es accionado el limit switch **LS-9**. Para que el producto sea expulsado, los switches selectores **K-6** y **K-4** deben estar cerrados. El **K-6** permitirá operar al solenoide de aire, y el **K-4** al expulsor hidráulico. Cuando estas condiciones se cumplen se realiza la expulsión del producto moldeado. El expulsor avanza hasta que presiona al limit switch **LS-10**, el cual activa al relevador **R-16**, desconectando a **V-18b**.

#### **E. Botador atrás.**

El relevador **R-16**, al ser activado, energiza al **R-15**; al actuar ambos, energizan a **V-18a** y por esto el expulsor hidráulico es dirigido hacia atrás.

Además, se conecta **V-4b** para asegurar la alta presión y se asegura que **V-2b** esté conectado y **V-13b** desconectado. Todas estas

son funciones del relevador R-16. Nótese que R-15 ya es independiente de R-16. El botador deja de moverse hacia atrás cuando LS-10 es desactivado, desenergizando a R-16 y éste al solenoide V-18a.

#### II.3.1.5. CIRCUITO DEL FINAL DE UN CICLO E INICIO DEL SIGUIENTE.

##### A. Final del ciclo.

Cuando se desenergiza el relevador R-16 continúa energizado el R-15 y entra a funcionar el timer TM-7. Durante el tiempo que opera TM-7, la máquina permanece en reposo, pero energizada. Al finalizar este intervalo de tiempo y TM-7 cerrar sus contactos pasa lo siguiente:

- a) Si el switch CS-1 está en operación semi-automática, se encenderá la luz de alarma L y sonará la campana B.
  
- b) Si está CS-1 en operación automática, se energizará el relevador R-17, el cual pone a funcionar al contador y desenergiza al relevador R-7. Este último desenergiza al circuito de expulsión e inyección.

##### B. Inicio del nuevo ciclo (operación automática).

Al desenergizarse R-7 se energiza TM-1, el cual desconecta al relevador R-3, entrando a funcionar R-2, y con esto se inicia la nueva fase de grapado.

Pudimos observar en el análisis anterior la manera en que se lleva a cabo el control eléctrico de la máquina inyectora FS-150. Ahora veamos en detalle la versión en diagrama de bloques basados en el circuito de control estudiado (ver figura II.3.2).

Las funciones que realiza cada una de estas etapas del ciclo completo de operación es la siguiente (ver figura II.3.3).

**INICIO DEL CICLO.** Es un tiempo de retardo entre cero y veinte segundos para espaciar el final de cada ciclo terminado del inicio del ciclo siguiente, tiempo en el cual se accionan los botadores y el producto terminado se expulsa del molde.

**CIERRE DE ALTA Y BAJA VELOCIDAD.** El cierre se inicia con una alta velocidad y una alta presión, desplazando el molde hacia adelante. A cierta longitud de la carrera se actúa un interruptor de límite (LS-6) el cual actúa en el sistema hidráulico para frenar y empezar el cierre a baja velocidad y baja presión; este cambio de velocidad y de presión es con el fin de proteger al molde. En caso de que algún objeto extraño impida el cierre total en el tiempo fijado, se accionará una alarma y se abrirá el molde. Esta etapa es muy rápida pero, para casos especiales, se le dará un tiempo de cero a nueve segundos.

**CIERRE DE ALTA PRESION.** Cuando el molde cierra, se actúa un interruptor de límite (LS-7) el cual hará actuar al circuito hidráulico de alta presión. Con esto se logra que actúen simultáneamente el pistón principal y el cilindro impulsor para obtener la fuerza de grapado o presión de sostenimiento.

**INYECCION DEL PLASTICO.** Es el proceso en el cual se realiza el llenado del molde con la resina plastificada, inyectandola a una presión alta para llenar perfectamente todos los conductos del molde.

**PRESION DE SOSTENIMIENTO DE LA INYECCION.** En esta etapa se deja de inyectar material al molde, pero la presión se mantiene para que no haya deformación en la pieza moldeada mientras ésta se enfría.

**DESCOMPRESION DE LA INYECCION.** En este paso se lleva a cabo la descompresión del sistema hidráulico de inyección para evitar que las presiones de avance y retroceso de la inyección se contrapongan en el cilindro inyector.

**RETORNO DE INYECCION.** Es la etapa donde se retorna el pistón de inyección y, al mismo tiempo, se acciona el motor del gusano que suministra al barril de calentamiento el material para su plastificación y para poder volver a inyectar.

**ENFRIAMIENTO.** Se inicia después de finalizar la inyección o llenado del molde y termina cuando se solidifica el producto dentro del molde. Requiere de un tiempo largo que va de cero a ciento veinte segundos dependiendo del tipo de material empleado.

**DESCOMPRESION DEL GRAPADO DE CIERRE.** En esta etapa se realiza la descompresión del sistema hidráulico de cierre o grapado del molde para evitar la contraposición de las presiones de cierre y apertura del molde. Esta etapa no requiere de tiempo variable; se fijará un tiempo de dos segundos.

**APERTURA LENTA.** En este paso el molde abre a velocidad baja; requiere un tiempo de cero a cinco segundos.

**APERTURA RAPIDA.** Es un tiempo que va de cero hasta cinco segundos, mientras el molde abre en su totalidad.

**ACCIONAMIENTO DE LOS BOTADORES ADELANTE.** Es la etapa en que los botadores extraen el producto del molde. El tiempo requerido es de cero a cinco segundos.

**ACCIONAMIENTO DE LOS BOTADORES ATRAS.** Los botadores retornan a su posición normal. Requiere de cero a cinco segundos.

CICLO AUTOMATICO DE MAQUINAS DE  
 INYECCION FAMA-NISSEI MODELO  
 FS-150.

DIAGRAMA DE BLOQUES

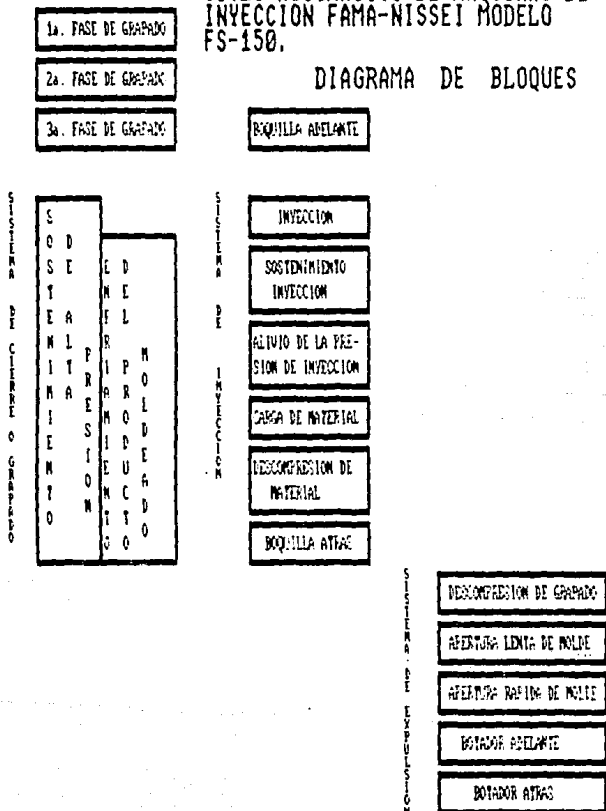


Fig. II.3.2



## DIAGRAMA DESCRIPTIVO DE TRANSDUCTORES

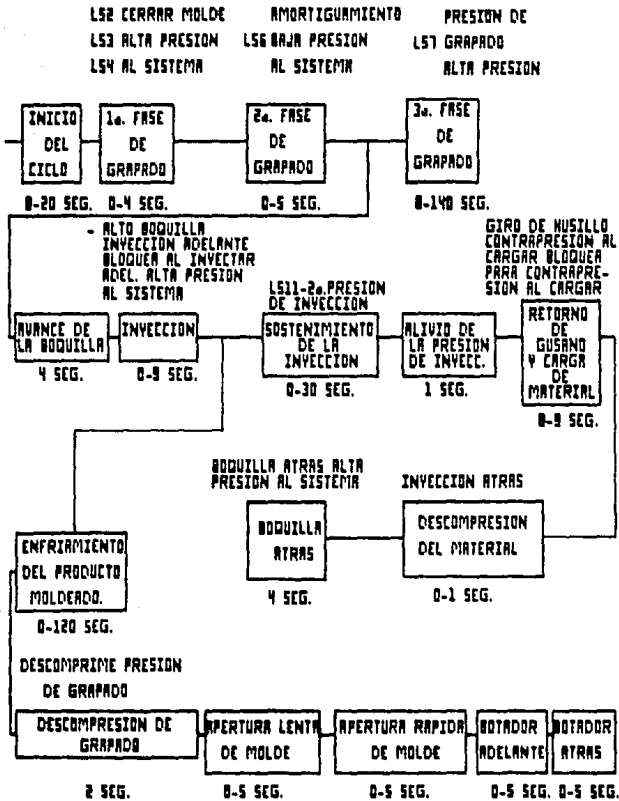


Fig. II.3.3

## II.4 DISEÑO DE LAS INTERFACES PARA LOS TRANSDUCTORES.

### II.4.1 INTRODUCCION

Para que el microcontrolador procese información de las variables a controlar, requiere de diferentes etapas que conjuntamente integren un sistema de realimentación, como se muestra en la fig. II.4.1:

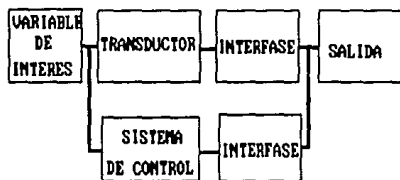


Fig. II.4.1

Nuestras variables de interés son tres que por su importancia requieren un control de gran precisión y un ajuste automático continuo de sus valores establecidos durante el desarrollo del proceso, dichas variables son:

- TEMPERATURA
- PRESION
- POSICION

Para censar estas magnitudes a través de un transductor es necesario que este posea la propiedad de cambiar su magnitud en una señal de carácter eléctrico, para ser acondicionada y obtener información mediante un **INTERFASE** o etapa de acondicionamiento.

El diseño de la interfase para cada variable es interesante ya que necesariamente es un diseño de tipo electrónico, la cual permite acondicionar la señal eléctrica para alimentar al microcontrolador y este, efectuar operaciones de procesamiento de información. Las características que debe tener cada interfase son:

- SER UN SISTEMA LINEAL E INDEPENDIENTE EN EL TIEMPO.
- VOLTAJES DE ALIMENTACION NORMALIZADOS.
- ALTA IMPEDANCIA DE ENTRADA.
- ALTA GANANCIA.
- ALTA RELACION DE RECHAZO A MODO COMUN.
- CIRCUITOS DE FILTRADO.
- CIRCUITOS DE AJUSTE.
- CIRCUITOS DE COMPENSACION.
- CIRCUITOS DE PROTECCION.

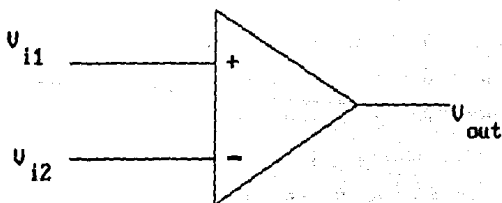
No todas las interfaces poseen los puntos anteriores ya que no son necesarios, esto depende de las condiciones en que se efectúe la medición, del tipo de transductor a utilizar, de la precisión requerida, etc.

## II.4.2 ETAPA DE INTERFASE PARA MEDICIONES DE TEMPERATURA.

Está debiera ser prácticamente inmune al ruido, tendrá un circuito compensador de temperatura ambiente, una impedancia de entrada alta, un circuito de ajuste de ganancia y una etapa de amplificación que nos entregue un nivel de salida de 0 a 5 volts de corriente directa para alimentar a un convertidor analógico/digital.

Debido a que en la máquina inyectora se tienen voltajes inducidos como campos parásitos en la tierra o en los cables de señal, o como variaciones de voltaje en el voltaje de suministro, así como voltajes inducidos por arranque de motores, todo este tipo de voltajes no deseados es ruido, que de una u otra forma altera el valor de la magnitud a censar.

Para eliminar el ruido se requiere de amplificadores que en configuración diferencial rechacen el ruido.



Su distintivo característico es que la señal de ruido aparece igualmente en ambas entradas del circuito. Cualquier señal indeseada (ruido) que aparezca en polaridad, o común a ambas terminales de entrada, sera grandemente rechazada en la salida del amplificador diferencial. La señal que debe ser amplificada aparece solamente en una entrada o opuesta en polaridad en ambas entradas. Una medida de este rechazo de señales comunes a ambas entradas es denominada el rechazo a modo común y se le asigna un valor numérico, al cual se le denomina la **RAZON DE RECHAZO DE MODO COMUN (CMRR)**, este valor se mide en decibeles y está dado por:

#### **GANANCIA DE MODO DIFERENCIAL**

$$\text{CMRR} = 20 \text{ LOG } \frac{\text{GANANCIA DE MODO DIFERENCIAL}}{\text{GANANCIA DE MODO COMUN}}$$

Ademas de tener una alta CMRR, el amplificador debera de poseer una impedancia de entrada alta, ya que si la impedancia de entrada no es más grande que la impedancia de la fuente, la carga causará que el voltaje de entrada sea menor que el de la señal sin carga, obteniéndose un menor voltaje de salida.

Los amplificadores operacionales bipolares típicamente proporcionan impedancias de entrada de alrededor de 1 MΩ, los amplificadores operacionales bifET están especificados a 10E12 Ω.

Otras características que son de importancia al seleccionar un

amplificador operacional son:

- CORRIENTE DE ENTRADA OFFSET ( $I_{os}$ ).

La pequeña diferencia en las corrientes de polarización en las entradas es amplificada por la ganancia del amplificador para proporcionar un voltaje de offset de salida. La corriente de offset para los circuitos de entrada TBJ es de unas decenas a unos cientos de nanoamperios, mientras que para etapas con entradas JFET el valor es típicamente del orden de los picoamperios.

- CORRIENTE DE POLARIZACION DE ENTRADA ( $I_{bias}$ ).

Para que el circuito dentro del circuito integrado opere adecuadamente, se debe proporcionar suficiente corriente de polarización "cc" como se especifica por la información del fabricante. Para entrada TBJ, la corriente requerida es del orden de microamperios; para etapas de entrada JFET, la corriente requerida es de unas pocas decenas de picoamperios.

- SLEW RATE (SR).

El slew rate es un parámetro que indica que tan rápido cambia el voltaje con el tiempo. Los valores típicos del slew rate están entre  $0.5 \text{ V}/\mu\text{s}$  a  $50 \text{ V}/\mu\text{s}$ , con los valores más altos se indica que la unidad opera mucho más rápido.

**- ANCHO DE BANDA.**

El ancho de banda para una ganancia unitaria del amplificador operacional especifica la frecuencia máxima a la cual la ganancia cae a la unidad, debido a las capacidades que se obtienen del circuito fabricado.

**- VOLTAJE OFFSET (Vos).**

Es aquel voltaje "cc" diferencial requerido entre las entradas de un amplificador operacional para forzar la salida a 0 volts. Cuando el amplificador operacional es utilizado principalmente para operación en grandes señales, un pequeño voltaje de offset es aceptable, pero cuando se utiliza en aplicaciones de señal pequeña, que es nuestro caso, el voltaje de offset debe ser muy pequeño o debiera tener terminales de entrada que permitan ajustar el voltaje de offset.

En base a los parámetros anteriores, se seleccionara un amplificador que tenga las siguientes características:

- ALTA CMRR.
- ALTA IMPEDANCIA DE ENTRADA
- BAJA CORRIENTE DE ENTRADA OFFSET.
- BAJA CORRIENTE DE POLARIZACION.
- ALTO SLEW RATE.

- FRECUENCIA DE OPERACION ALTA.

- BAJO VOLTAJE DE OFFSET.

A continuación se muestra un tabla con datos técnicos:

AMP. OP.	CMRR dB	Z in M $\Omega$	I os nA	I bias nA	SR V/ $\mu$ s	Frec. Mhz	V os mV
$\mu$ A741	95	2	15	1	.5	1.1	6
TL071	100	10E6	.005	.03	13	4	3
TL081	100	10E6	.005	.03	13	4	3
AD504J	120	5	40	200	.12	.3	.5
CA3140	90	2E6	.005	.01	9	4.5	5
HA2535	100	2	5	15	320	2	.8
BB3521	90	.1	.002	.02	.9	1.5	.5
OP10	120	33	1.8	1.8	.17	.6	.2
OP27	120	4	1.2	1.5	2.8	8	.03
OP34	120	4	1.2	1.5	17	20	.03
OP37	126	6E3	1.2	10	17	63	10

TABLA II.4.1

De la tabla II.4.1 se observa que el amplificador con características técnicas adecuadas a nuestros requerimientos, es el amplificador TL071, por lo que el diseño estará en base a este



amplificador, es un amplificador de bajo ruido.

Esto es con el fin de implementar un amplificador de instrumentación, ya que la característica esencial es la ganancia alta, una resistencia elevada de entrada, baja compensación y una razón elevada de rechazo en la modalidad común.

-La ganancia alta es necesaria porque el amplificador tiene que ser sensible a las señales de amplitud muy baja. La carga mínima en la fuente de señal requiere una resistencia de entrada elevada. La baja compensación es necesaria para la precisión en la medición que se realiza. Se requiere un valor alto de CMRR para asegurar que sólo se amplifique la entrada diferencial y que se atenúe considerablemente el ruido.

La temperatura a controlar de los tres termopares que se encuentran en la zona: frontal, media y en la boquilla, es de 200° C y se está censando a través de termopares tipo J, sus características están dadas por la tabla II.4.2.

La curva de comportamiento entrada/salida se muestra en la figura II.4.2, para este tipo de termopares.

TIPO	INTERVALO DE MEDIDA	F.E.M. mV/°C	LIMITE DE ERROR REGULAR	CABLE DE EXTENSION	
				LIMITES DE TEM.	ERROR
HIERRO CONSTATAN TIPO J	0°C -500°C	.055	± 1.1°C	0-200°C	±1°C

TABLA II.4.2

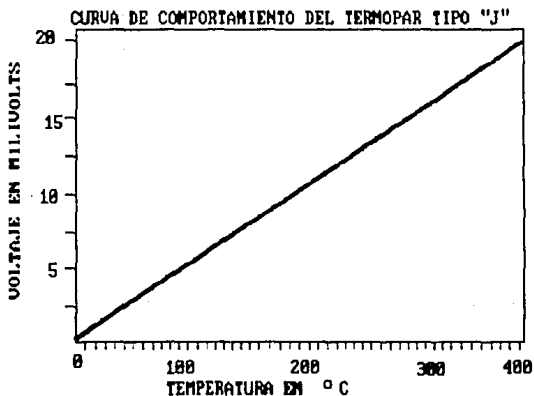


Figura II.4.2

Los termopares requieren una unión de referencia en su

circuito, esta unión de referencia debe asegurar que ambas terminales (el terminal para el hilo positivo y el terminal para el hilo negativo) estén a la misma temperatura, en nuestro caso se selecciono la temperatura ambiente. Cuando la temperatura de la unión de referencia no se puede mantener exactamente al mismo valor, se puede incorporar un sensor de temperatura en el bloque de la unión de referencia de manera que la temperatura pueda ser monitoreada y corregida apropiadamente. Esto se logra usando el circuito de la figura II.4.2.1.

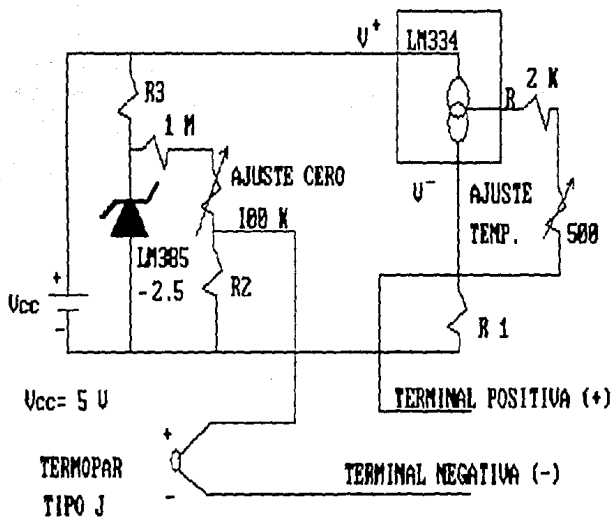


Fig. II.4.2.1

Se obtienen mejores resultados al insertar una fuente de corriente constante, en donde el valor de la corriente de ajuste esta dada por:

$$I_{SET} = \frac{75.66 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}}{R_{SET}} \times T$$

donde  $R_{SET} = 500+2K\Omega$   
T: en  $^{\circ}\text{C}$

el valor de R3 esta dado por:

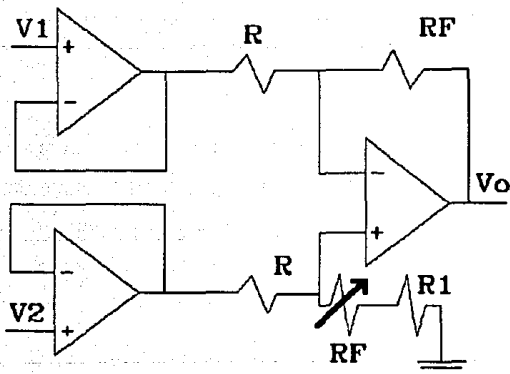
$$R3 = \frac{2.5 \text{ V}}{28.5\text{E} - 6\text{A}} = 87.7 \text{ K}\Omega$$

El potenciómetro de ajuste de temperatura, se ajusta para que el voltaje a través de R1 sea igual a la temperatura en grados centígrados multiplicada por la F.E.M generada por el termopar ( $52.3 \mu\text{V}/\text{C}$ ), el potenciómetro de ajuste de cero, se ajusta para que el voltaje a través de R2 sea igual a la F.E.M generada por el termopar multiplicada por 273.2 . Cuando la temperatura de unión de referencia cambia de su valor inicial, debido usualmente a un cambio en la temperatura ambiental, el cambio resultante de corriente, crea una señal de error a la salida, que ocasiona una tensión de compensación que se inserta en serie en el circuito del termopar. La polaridad y magnitud de esta tensión de compensación es tal que la tensión de salida, es igual a la tensión que se

obtendrá si la unión de referencia mantuviera la misma temperatura que en el momento del ajuste inicial.

La corriente de encendido del LM385 es de  $29.5 \mu\text{A}$ .

La configuración del circuito es la siguiente y se presenta el análisis para obtener el voltaje de salida y el cálculo de los valores:



Para obtener el voltaje de salida del amplificador de instrumentación, aplicaremos el teorema de superposición, por lo que haciendo  $V_1 = 0$ , se obtiene el voltaje de salida al contribuir  $V_2$  :

$$V_{o2} = \frac{R_f}{R} \frac{R_1 + 2R}{R_1} V_2$$

Haciendo  $V_2 = 0$ , obtenemos:

$$V_{o1} = \frac{R_f}{R} \frac{R_1 + 2R}{R_1} V_1$$

Sumando ambas salidas obtenemos el voltaje de salida, que está dado por:

$$V_o = \frac{R_f}{R} \frac{R_1 + 2R}{R_1} (V_2 - V_1)$$

Donde la ganancia esta dada por la siguiente expresi3n:

$$\text{Ganancia de Voltaje} = \frac{R_f}{R} \frac{R_1 + 2R}{R_1}$$

El rango de temperatura que se debe controlar en las tres zonas se encuentra entre 150° C y 215 ° C con una tolerancia de ± 1 ° C, el termopar tipo J entrega un voltaje de salida del orden de .055 microvolts por grado centigrado y la entrada al convertidor an3logico-digital es de 0 a 5 volts, por lo que la ganancia del amplificador sera:

$$AV = \frac{V_o}{V_2 - V_1} = \frac{5}{.00825} = 422.8$$

Tomando este valor y haciendo  $R_f = 3.6 \text{ k}\Omega$ , se obtiene el valor de  $R_1$  :

$$R_f = \text{Ganancia de voltaje} \times R$$

$$R_f = 422.8 \times 3.6 \text{ K}\Omega$$

$$R_f = 1.5 \text{ K}\Omega \text{ con una tolerancia de } \pm 1\%$$

Por lo que el circuito de interfase es el de la figura II.4.2.2.

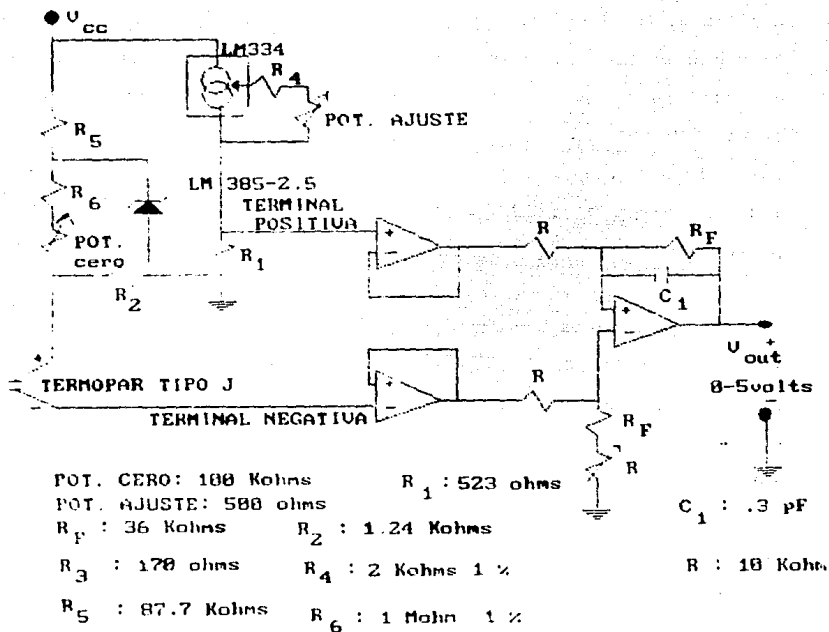


Figura II.4.2.2



### II.4.3 INTERFASE PARA MEDICIONES DE DESPLAZAMIENTO

Existen dos desplazamientos que son de interés en el monitoreo del ciclo de la máquina, uno de ellos determina el avance del husillo en milímetros, dependiendo de la posición determina el tiempo de contrapresión en el sistema, el otro desplazamiento es el que efectúa el molde que nos permite por un lado verificar la presión efectuada en el molde y por el otro, ajustar la posición de los moldes y corregirlos a través de un factor de desgaste e indicar cuando el molde sea ineficiente para la inyección del plástico.

En ambos casos las distancias a controlar están dentro de un rango de 20 cm. Esto es una distancia considerable si se utilizara un LVDT (TRANSFORMADOR DIFERENCIAL LINEAL VARIABLE), por lo que se utilizo otro tipo de transductor que cubriera la distancia de interés, esto se logro al construir una regleta de cristal con marcas formando una rejilla de líneas simétricamente distanciadas una con otra.

La resolución que se le da a la medición depende de cuantas marcas se hagan en un milímetro o en un centímetro, para nuestro fin una resolución de 1 mm es suficiente para controlar el proceso dentro de los límites de operación de máquinas inyectoras.

La distancia de desplazamiento se efectúa al utilizar un switch óptico ranurado MOC71T1. La hoja de datos técnicos se muestra en el apéndice. El diámetro del haz luminoso es de .88 mm,

la distancia entre marca y marca es de 1mm, el conteo se realiza a través del microcontrolador, el valor de conteo se incrementa o decrementa de acuerdo al accionamiento de la válvula de cierre o apertura del molde, la cual es una salida del microcontrolador, además tiene una entrada de reset o de puesta a cero que permite ajustar el valor de posición del molde o del husillo.

El circuito de interfase se muestra en la figura II.4.3.1.a y b

#### CONSTRUCCION FISICA DEL TRANSDUCTOR DE DESPLAZAMIENTO

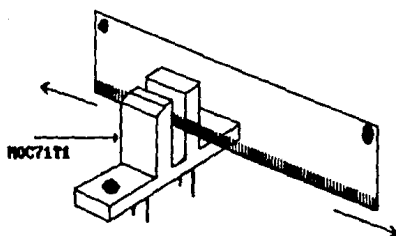


Figura II.4.3.1.a

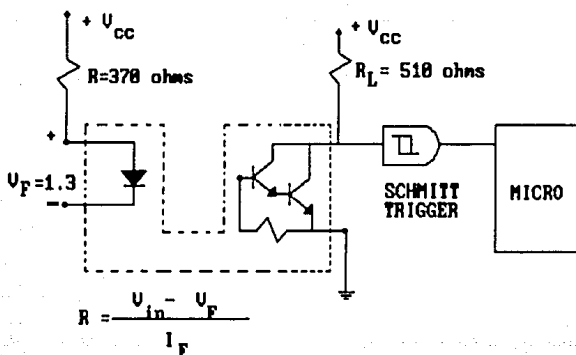


Figura II.4.3.1.b

Cada regleta de medición, esta contenida en un bloque rectangular de aluminio, para protección de polvo, agua o aceite.

#### II.4.4 INTERFASE PARA MEDICIONES DE PRESION

Un transductor de presión hidráulico es utilizado para generar una señal y obtener un perfil de la presión que nos ayude a diagnosticar problemas en el acabado del producto final. El perfil de la presión hidráulica determina:

- El **setpoint** de la válvula de alivio de la presión hidráulica.

- La precisión de los temporizadores para switchear los cambios en la presión.
- Ajuste de la contrapresión durante el regreso del husillo.
- Tiempo de regreso constante del husillo.
- Los cambios en la presión hidráulica durante la inyección, reflejan cambios en la viscosidad del material.

Un transductor de presión en el material, permite obtener el perfil continuo de la presión ejercida en el material, durante el proceso de llenado, dicho perfil determina:

- Tiempo de llenado del material.
- Un valor máximo de presión en el material.
- Contaminación en el husillo o un bloqueo momentáneo en la inyección del material.
- Baja presión en el sistema.

Un lugar óptimo de la posición del transductor de presión, es la parte media del molde, solo debe tenerse en cuenta el acceso a este sensor a la hora de darles mantenimiento, en el diseño del molde.

#### **II.4.4.1 INTERFASE DE PRESION EN EL MOLDE.**

Existe en el mercado un transductor de presión para una lectura directa dentro del molde y que soporte grandes presiones y

temperaturas de operación. Este tipo de transductor por su precio, linealidad y rangos de operación, son los factores que se tomaron en cuenta para su selección. Se muestra la curva de respuesta del transductor volts vs Presión, figura II.4.4.1.1

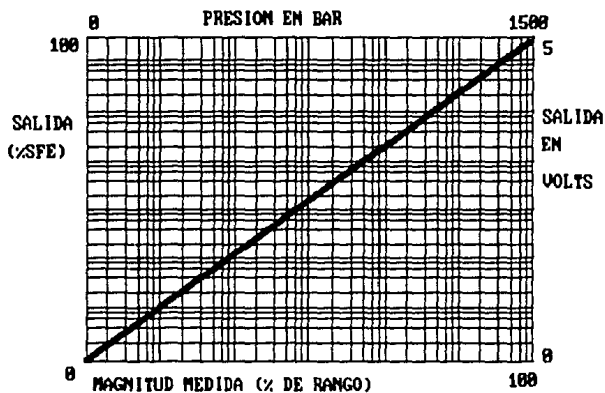


Figura II.4.4.1.1

En la figura II.4.4.1.2 se muestra físicamente, con los datos técnicos.

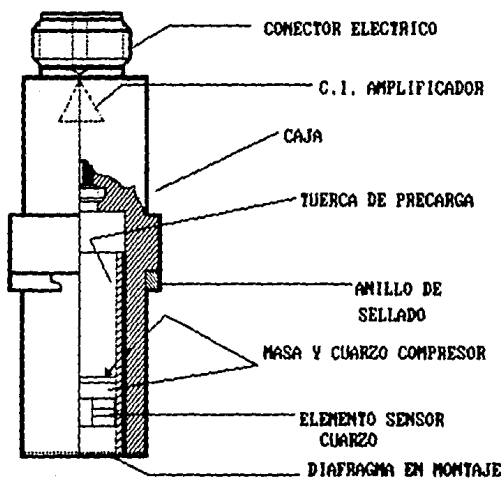


Figura II.4.4.2

#### DATOS TECNICOS DEL TRANSDUCTOR DE PRESION

- RANGO DE MEDICION ..... 0-1500 bar=21 758 psi=1530 kgf
- SOBRECARGA ..... 2000 bar=29010.7 psi=2041 kgf
- SENSIBILIDAD..... 5 picofarads/bar
- LINEALIDAD, ESCALA  
COMPLETA DE SALIDA..... menor o igual a  $\pm 1\%$
- FRECUENCIA NATURAL..... mayor a 40 Khs
- SENSIBILIDAD A LA
- ACELERACION..... menor a .005 bar/g
- RANGO DE TEMPERATURA  
DE OPERACION..... 0 A 200 °C \*
- CAPACITANCIA..... aprox. 40 picofarads
- RESISTENCIA DE  
AISLAMIENTO A 200 °C..... mayor o igual a  $10E12 \Omega$

\* La temperatura del plástico que se mantiene en contacto con la parte frontal del transductor, puede exceder la temperatura de 300 °C, sin dañar al transductor.

Es un transductor que soporta hasta 2000 bar y temperaturas de 300° C. Consta de tres elementos principales:

- Una parte posterior con el cable de conexiones.

- El elemento de medición de efecto piezoeléctrico y
- Una cubierta protectora de 6 mm de diámetro.

La parte frontal del elemento de medición es un pequeño pistón de 4mm de diámetro, el cual se encuentra enrasado con la parte frontal de la cubierta protectora. El espacio libre entre el pistón y la cubierta es menor que .001 mm. La presión a medir actúa completamente sobre la parte frontal del transductor y es transmitida al elemento piezoeléctrico a través del pistón. Debido al efecto piezoeléctrico directo, el transductor produce una carga eléctrica  $Q$  (pC), que es proporcional a la presión medida  $p$  (bar). Todas las partes del transductor están hechas de materiales resistentes a la corrosión y el conector contra salpicaduras. Este tipo de transductor esta especialmente diseñado para trabajar a altas presiones en plásticos con alta temperatura de trabajo.

#### II.4.4.2 INTERFASE DE PRESION HIDRAULICA

En la figura II.4.4.2.1.a y b se muestra el principio de operación y su gráfica de comportamiento de entrada/salida del LVDT.



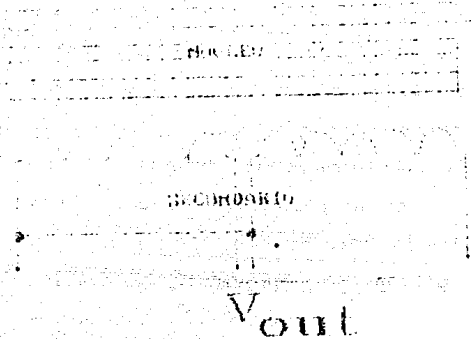
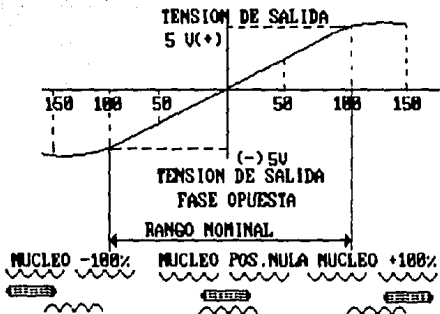


Figura II.4.4.2.1.a



TENSION DE SALIDA Y FASE DE UN TRANSFORMADOR DIFERENCIAL VARIABLE LINEAL EN FUNCION DE LA POSICION DEL NUCLEO.

Figura II.4.4.2.1.b

De los tres enrollamientos, el enrollamiento central es el primario y los enrollamientos de cada lado son los secundarios que en su más elemental conexión están conectados juntos a uno de los dos terminales. Cuando una excitación de corriente alterna se aplica al arrollamiento primario y el núcleo ferromagnético (armadura) se mueve dentro del conjunto de devanados el acoplo entre el primario y cada uno de los dos secundarios varía. Como resultado, la magnitud y fase de la tensión de salida en los terminales del secundario (salida) cambia desde cero, cosa que acontece cuando el núcleo esta centrado entre los dos secundarios.

La alimentación al devanado es un voltaje regulado cuyo valor, esta dado por el circuito oscilador de puente de Wien, de la figura.II.4.4.2.2

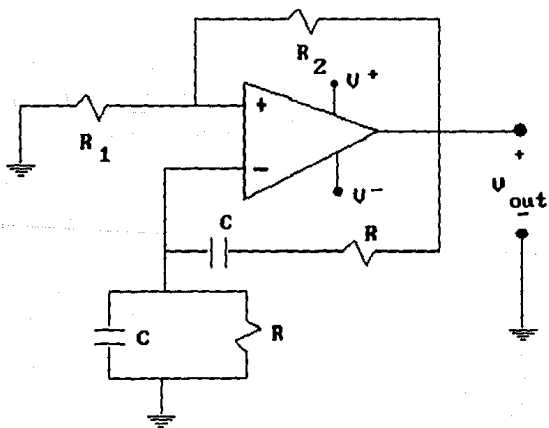


Figura II.4.4.2.2

Usa un amplificador operacional para producir un cambio de fase completo de  $360^\circ$ . El lado resistivo del puente de Wien actúa como referencia de voltaje en fase en una configuración de realimentación reactiva. El voltaje de referencia  $V_4$  se conecta, a continuación, a la entrada inversora, como se muestra en la figura II.4.4.2.1. La realimentación positiva pasa por la red de cambio de fase y, de este modo, el voltaje  $V_2$  se conecta a la entrada no inversora. La ganancia de lazo cerrado del amplificador  $A_f$  se debe fijar en un valor ligeramente mayor que 3, puesto que el factor de realimentación positiva  $\beta$  en  $f_o$  tiene que ser de  $1/3$ . O sea, el valor de  $R_3$ , el resistor de realimentación negativa, tiene que ser tres veces el valor de  $R_4$ . La atenuación de la señal de realimentación positiva es el resultado del diseño del circuito de puente, en donde  $R_1 = R_2$  y  $C_1 = C_2$ . La bifurcación reactiva del puente constituye un divisor de voltajes de corriente alterna, cuya resolución, sigue en gran parte, el mismo procedimiento que para los valores resistivos de corriente continua.

La frecuencia de oscilación está dada por:

$$f_o = \frac{1}{2\pi RC}$$

Cálculo de los valores para una frecuencia de oscilación de 600 Hz.

Asignando un valor comercial a C;

C = .047 microfaradios, capacitor cerámico 10 %: por lo que el valor de R esta dado por:

$$R = 1 / ( 2 \pi f_0 C )$$

$$R = 1 / ( 2 ( 3.141592 ) 60 ( .047E-6 ) ) = 56.4 \text{ K}\Omega$$

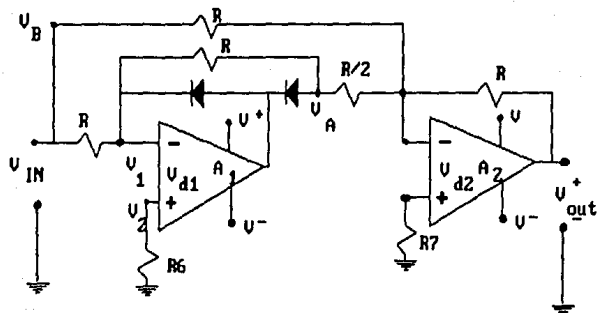
Normalmente se seleccionan los valores de R2 y R1 para una ganancia de 3 por lo que:

$$R2 = (K-1) R1 , \text{ seleccionando } K=4 \text{ y } R1 = 56 \text{ K}\Omega$$

$$R2 = (4-1) 56E3 \text{ por lo que:}$$

$$R2 = 168 \text{ K}\Omega$$

La salida del oscilador se conecta al primario, dependiendo del desplazamiento tendremos un voltaje de salida proporcional al desplazamiento, para rectificar el voltaje se tiene la siguiente configuración de un rectificador de onda completa de precisión, figura II.4.4.2.3



$R = 20\text{Kohms } 1\%$   
 $R6 = 10\text{Kohms}$   
 $R7 = 5.2\text{Kohms}$

Figura II.4.4.2.3

El sentido del movimiento es indicado a través de una salida del microcontrolador de avance y retroceso del cilindro.

El análisis del circuito y cálculo de los valores se muestra a continuación.

De la figura anterior si  $V_i < 0$  se tiene que D1 esta apagado y D2 se encuentra encendido y ya que en las entradas del amplificador operacional se encuentran a tierra virtual, se obtiene que  $V_A = 0$  y el voltaje en  $V_B$  es igual a  $V_i$ , por lo que a la salida del rectificador se tiene  $V_o = V_i$ .

Cuando el voltaje a la entrada es negativo, se polariza el diodo D1 y D2 se encuentra apagado, por lo que  $V_A = -V_i$  y además  $V_B = -V_i$ , en este caso el circuito de salida es un sumador cuyo voltaje de salida esta dado por la siguiente expresión:

$$V_o = R/R(-V_i + (-V_i(R/R/2) V_i))$$

Simplificando:

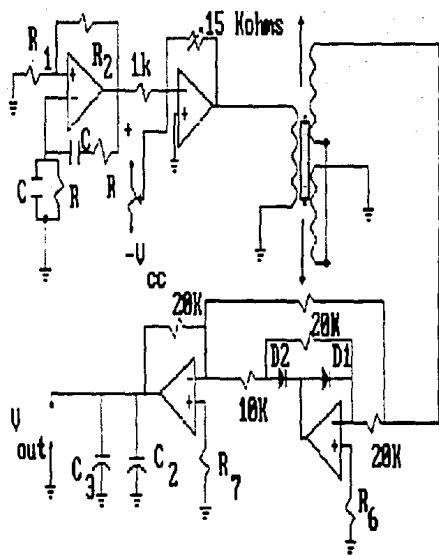
$$V_o = V_i - 2V_i$$

Por lo que:

$$V_o = -V_i$$

Los valores de  $R_6$  y  $R_7$  son seleccionados de tal forma que minimizen el error de salida debido a la corriente de entrada de offset. Los capacitores  $C_2$  y  $C_3$  nos sirven para filtrar las señales de alta y baja frecuencia a la salida del circuito.

El circuito de interfase completo se muestra en la figura II.4.4.2.4.



$$R_2 = 168 \text{ Kohms}$$

$$R_1 = 56 \text{ Kohms}$$

$$C_1 = .047 \text{ microF.}$$

$$C_2 = .1 \text{ microF.}$$

$$C_3 = 10 \text{ microF.}$$

Figura II.4.4.2.4

## II.5. BLINDAJE DE LAS SEÑALES HACIA SUS RESPECTIVAS INTERFASES.

### II.5.1. INTERFERENCIA ELECTROMAGNETICA.

El extenso uso de los circuitos electrónicos y eléctricos empleados en las comunicaciones, distribución de potencia, automatización, computación y otros propósitos hace necesario que diversos circuitos operen a distancias cercanas. Cada circuito afecta a otro en forma adversa. La interferencia electromagnética ha venido a ser el mayor problema para los diseñadores de circuitos y es probablemente el más severo en el futuro.

El gran número de dispositivos electrónicos de uso común es la parte responsable de este problema. Además, el uso extensivo de los circuitos integrados está reduciendo el tamaño de casi todos los equipos electrónicos. Como la circuitería es más pequeña y más sofisticada, más circuitos son colocados en un espacio más pequeño y así se incrementa la probabilidad de interferencia.

Los diseñadores de hoy en día necesitan hacer más que sólo lograr que sus circuitos funcionen bajo condiciones ideales en el laboratorio: deben asegurar que el equipo trabajará en el mundo real y con otro equipo cercano. Esto significa que no deberá ser afectado por fuentes externas de ruido ni ser él mismo una fuente



de ruido. La eliminación o reducción real de la interferencia electromagnética debe ser el mayor objetivo del diseño.

En la figura II.5.1 mostramos un receptor de radio, el cual es usado como ejemplo para describir los diferentes tipos de interferencia que se pueden presentar en un equipo.

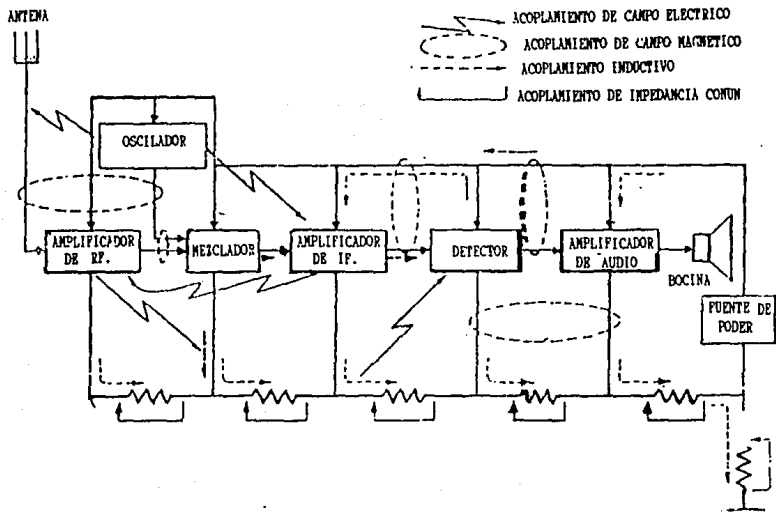


Fig. II.5.1.

Dentro de un equipo, tal como un receptor de radio, elementos individuales del circuito pueden interferir con otros de diversas maneras. El alambrado entre etapas conduce ruido, y algunas etapas irradian ruido. Además, las corrientes de tierra de varias etapas

fluyen a través de una impedancia de tierra común y producen un voltaje de ruido en el bus de tierra.

En la figura se muestran también los campos eléctricos y magnéticos acoplados entre las señales en varios conductores. Estos problemas de ruido son ejemplos de interferencia interna en un equipo que deben ser resueltos antes de que el radio sea operado en el laboratorio.

Cuando el radio es instalado en el mundo real está expuesto a señales adicionales de ruido externo, tal como se observa en la figura II.5.2.

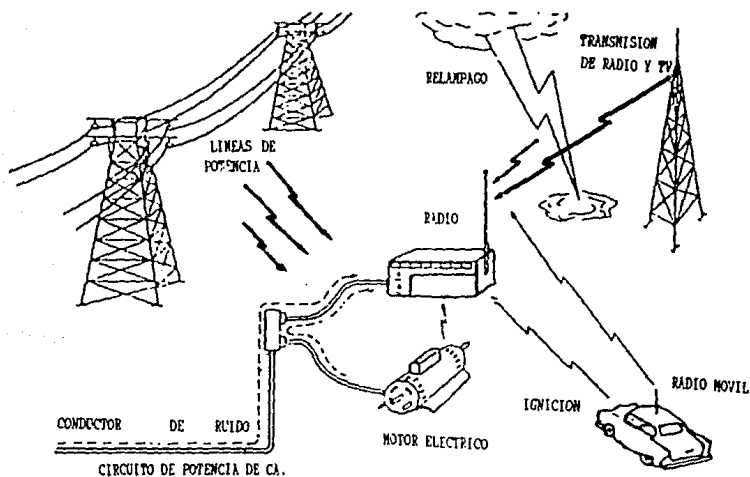


Fig. II.5.2.

Las corrientes de ruido son conducidas hacia el receptor en la línea de A.C. de potencia, y el receptor de radio está expuesto a radiación electromagnética proveniente de varias fuentes.

En este caso, las fuentes de ruido no están bajo el control del diseñador. Sin embargo, la unidad debe ser diseñada para operar en este medio. La figura II.5.3 representa la otra parte del problema de ruido. El radio puede ser una fuente de ruido que puede interferir con otro equipo. Partes del circuito irradian ruido directamente, y el cable de potencia conduce ruido a otros circuitos. El equipo diseñado para minimizar la generación de ruido es tan importante como el equipo diseñado que no es susceptible a interferencias.

## **II.5.2. COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA.**

La compatibilidad electromagnética (CEM), es la habilidad de un equipo para funcionar adecuadamente en el medio ambiente electromagnético para el cual fue pensado. La CEM debe ser considerada primeramente en las etapas de diseño de una nueva pieza de un equipo. Si la CEM es ignorada hasta que se revela durante las pruebas o aparece algún problema, las posibles soluciones son insatisfactorias y caras.

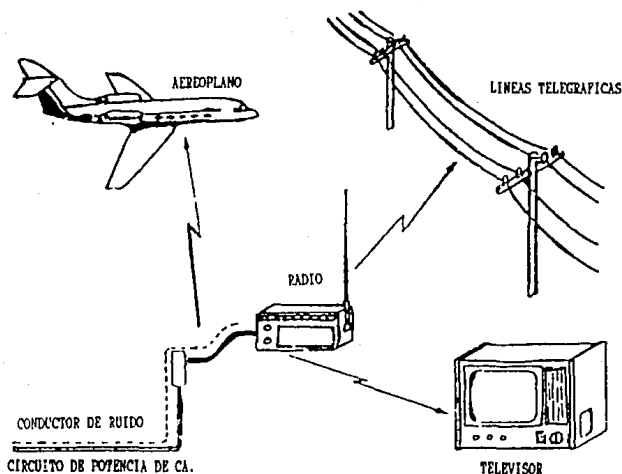


Fig. II.5.3.

Para proveer de CEM a un equipo, éste debe ser diseñado para que no afecte ni sea afectado adversamente por cualquier otro equipo encontrado en su medio ambiente.

### II.5.3. DEFINICIONES.

El ruido puede ser definido como cualquier señal eléctrica presente en un circuito que no sea la señal deseada. Una excepción importante son los productos de distorsión producidos en un

circuito debido a no linealidades. Estos son problemas de diseño de circuitos y no verdaderos problemas de ruido. Aunque estos productos de distorsión pueden ser indeseables, no son considerados como ruido, a no ser que se acoplen a otra parte del circuito. Siguiendo con la definición de ruido como una señal eléctrica indeseable presente en una parte de un circuito, los productos de distorsión pueden ser considerados como ruido si inadvertidamente se acoplan dentro de alguna otra parte del circuito.

Las **fuentes de ruido** pueden ser agrupadas dentro de tres grandes categorías. Las primeras son las llamadas **fuentes intrínsecas** de ruido, que provienen de fluctuaciones aleatorias dentro de sistemas físicos. Ejemplos de ruido intrínseco son el ruido de disparo y el térmico. Las segundas son las **fuentes generadas por el hombre**, tales como motores, interruptores y transmisores. La tercera categoría es el ruido debido a **disturbios naturales**, tales como relámpagos y manchas solares.

La **interferencia** puede ser definida como un efecto indeseable del ruido. Si el ruido de voltaje produce un funcionamiento inadecuado en un circuito, es interferencia. Usualmente el ruido no puede ser eliminado pero sí reducido en magnitud hasta un valor con el cual no causa interferencia.

La **susceptibilidad** es la capacidad de un circuito o dispositivo para responder a la energía eléctrica indeseada

(ruido). El nivel de susceptibilidad de un circuito o dispositivo está dado por la cantidad de ruido en el medio ambiente que el circuito o dispositivo puede tolerar sin que su operación normal sea alterada.

#### II.5.4 TRAYECTORIA TIPICA DEL RUIDO.

La figura II.5.4 muestra el diagrama de bloques de una trayectoria típica de ruido. Como puede observarse, son necesarios tres elementos para producir un problema de ruido. Primero, debe existir una fuente de ruido. Segundo, debe existir también, un circuito receptor que sea susceptible a esta fuente de ruido. Tercero, debe existir un canal de acoplamiento para transmitir el ruido desde la fuente hasta el receptor.

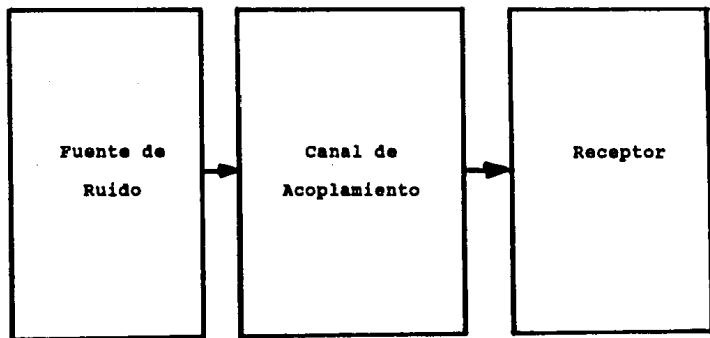


Fig. II.5.4.

La primera etapa en el análisis de un problema de ruido es definir el problema. Esto se hace para determinar cuál es la fuente de ruido, cuál es el receptor y cómo están acoplados ambos. Podemos determinar que hay tres formas de romper la trayectoria de ruido:

- 1) El ruido puede ser suprimido en la fuente.
- 2) El receptor puede hacerse insensible al ruido.
- 3) La transmisión a través del canal puede ser minimizada.

En algunos casos, las técnicas de supresión de ruido pueden ser aplicadas en dos o en las tres partes de la trayectoria de ruido.

Como un ejemplo, consideremos el circuito mostrado en la figura II.5.5, la cual muestra un motor de D.C. blindado, conectado a un circuito de control. El ruido del motor causa interferencia sobre un circuito de bajo nivel instalado en el mismo sistema.

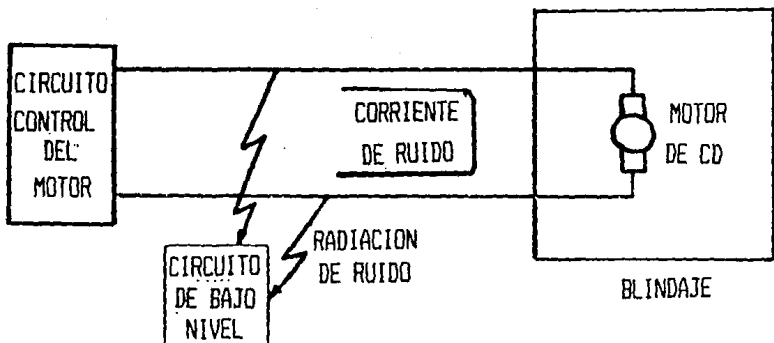


Fig. II.5.5.

En este ejemplo, la fuente de ruido es el motor y el receptor es el circuito de bajo nivel. El canal de acoplamiento lo constituyen la conducción de las terminales de la fuente del motor y la radiación desde éstas.

El ruido conmutado desde el motor es conducido fuera del blindaje por las interlíneas (conductores) que van al circuito de control. Desde las interlíneas, el ruido es radiado hacia la circuitería del circuito de bajo nivel. En este ejemplo, la fuente de ruido la constituyen los arcos eléctricos que se forman entre las escobillas y el conmutador. El canal de acoplamiento tiene dos



partes: la conducción entre las interlíneas en el motor y la radiación desde las interlíneas. El receptor es el circuito de bajo nivel. En este caso no se puede hacer mucho con respecto a la fuente o el receptor. Por lo tanto, la interferencia debe ser eliminada rompiendo el canal de acoplamiento. La conducción del ruido fuera del blindaje o la radiación desde las interlíneas debe ser detenida o ambos pasos pueden ser necesarios.

#### II.5.5. USO DE LA TEORIA DE REDES

Para obtener una respuesta exacta para la pregunta de como se comporta cualquier circuito eléctrico, deben resolverse las ecuaciones de Maxwell. Estas ecuaciones están en función de tres variables espaciales  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  y del tiempo  $t$ . La solución para un problema, por simple que éste sea, empleando las ecuaciones de Maxwell, suele ser compleja. Para facilitar los cálculos, se emplea una técnica de análisis aproximado llamada **Análisis de Circuitos Eléctricos**.

El análisis de circuitos elimina las variables espaciales y da soluciones aproximadas como una función únicamente del tiempo y de los parametros eléctricos.

El análisis de circuitos asume que:

1. Todos los campos eléctricos están confinados en el interior de los capacitores.

2. Todos los campos magnéticos están confinados en el interior de los inductores.
3. Las dimensiones de los circuitos son pequeñas comparadas con la longitud de onda bajo consideración.

Los campos externos en realidad están implicados, aunque pueden ser omitidos en la solución de una red. Aunque los campos externos sean omitidos, sus efectos se harán presentes en otros circuitos.

Por ejemplo, un amplificador que maneje una potencia de 100 W, puede radiar 100 mW de potencia. Estos 100 mW son completamente insignificantes en cuanto a lo que concierne al análisis de potencia del amplificador. Sin embargo, si sólo un porcentaje pequeño de esta potencia radiada es captada en la entrada de un amplificador sensitivo, puede producirse una gran señal de ruido.

Siempre que sea posible, los canales de acoplamiento de ruido se representarán con su equivalente junto con los componentes de la red. Por ejemplo, el campo eléctrico variable en el tiempo que existe entre dos conductores, puede ser representado por un capacitor conectado entre ambos, como se observa en la figura II.5.6.

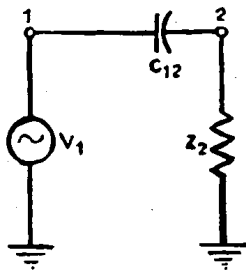
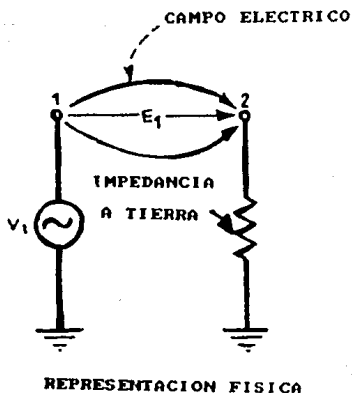


Fig. II.5.6.

Cuando dos circuitos están acoplados por un campo eléctrico, el acoplamiento puede ser representado por un capacitor.

Un campo magnético variable en el tiempo que acopla dos conductores puede ser representado por una inductancia mutua entre los dos circuitos; observe la figura II.5.7.

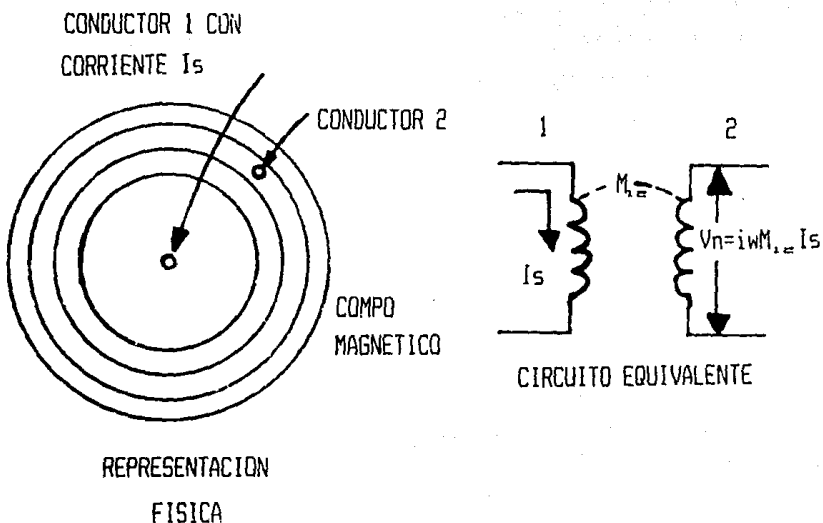


Fig. II.5.7.

Cuando dos circuitos están acoplados por un campo magnético, el acoplamiento puede ser representado por una inductancia mutua. Para que este enfoque sea válido, las dimensiones físicas de los circuitos deberán ser pequeñas comparadas con la longitud de onda de las señales involucradas. Por ejemplo, la longitud de onda de una señal de 1 MHz es de 300 m. Para una de 300 MHz es de 1m. Para la mayor parte de los circuitos electrónicos, las dimensiones son más pequeñas que esas longitudes de onda.

## **II.5.6. METODOS DE ELIMINACION DE INTERFERENCIA.**

Las técnicas empleadas para eliminar o reducir al mínimo la interferencia entre circuitos electrónicos son las siguientes:

1. Blindaje.
2. Aterrizaje.
3. Balanceo.
4. Filtraje.
5. Aislamiento.
6. Separación y orientación.
7. Control del nivel de impedancia del circuito.
8. Diseño de cable.
9. Cancelación (en el dominio de la frecuencia o del tiempo).

Debemos recordar que el ruido no puede ser eliminado, pero si puede ser minimizado hasta un nivel tal que no cause interferencia. No existe una solución única para el problema de la reducción del ruido. Las decisiones con base en las cuales se determine la técnica a usar para un caso específico deben ser tomadas por el diseñador del sistema.

## **II.5.7. BLINDAJE DE CONDUCTORES.**

Una de las primeras formas para minimizar el ruido captado o introducido en un circuito es el blindaje. El blindaje es usado

para suprimir los campos eléctricos. Cuando se usa de modo apropiado, puede reducir considerablemente la cantidad de ruido acoplado.

El blindaje puede colocarse alrededor de los componentes, circuitos, ensambles completos o en cables y líneas de transmisión. En nuestro análisis asumiremos las siguientes condiciones:

1. Los blindajes son hechos con materiales no magnéticos y son más delgados que la piel, a la frecuencia de interés.
2. El receptor no está acoplado, así aligera a la fuente a la que carga.
3. Las corrientes inducidas en el circuito receptor de señal son demasiado pequeñas como para poder distorsionar el campo original. Esto no se aplica a un blindaje alrededor de un circuito receptor.

Para estudiar el problema del blindaje, representaremos el acoplo entre dos circuitos por una capacitancia y una inductancia entre conductores. El circuito puede ser entonces analizado por la teoría normal de circuitos. Vamos a considerar tres tipos de acoplamiento. El primero es el acoplamiento capacitivo o eléctrico, el cual se presenta debido a la interacción de campos eléctricos entre circuitos. Este tipo de acoplamiento es comúnmente identificado en la literatura como acoplamiento electrostático. El segundo es el acoplamiento inductivo o magnético, el cual es

producto de la interacción entre campos magnéticos entre circuitos. El tercero es una combinación de los campos eléctricos y magnéticos y es llamado acoplamiento electromagnético o radiación.

Para el análisis del campo cercano, podemos considerar al campo eléctrico y magnético en forma separada; cuando consideremos el campo lejano, debemos considerar los efectos del campo electromagnético.

#### II.5.8. CABLE COAXIAL CONTRA PAR ENTRELAZADO BLINDADO.

Cuando se utiliza cable con blindaje, un voltaje de ruido  $V_n$  se induce en el centro del conductor debido a una corriente  $I_s$  en el blindaje. Así, se asume que la corriente del blindaje es producida por un voltaje inducido  $V_s$  a partir de otro circuito.

La figura II.5.8 muestra el circuito considerado;  $L_s$  y  $R_s$  son la inductancia y la resistencia de blindaje. El voltaje  $V_n$  es igual a

$$V_n = j\omega M I_s$$

La corriente  $I_s$  es igual a

$$I_B = \frac{V_B}{L_B j\omega + R_B/L_B}$$

Por tanto

$$V_N = \frac{j\omega M V_B}{L_B j\omega + R_B/L_B}$$

Ya que  $L_B = M$  (la inductancia mutua entre blindaje y el centro del conductor es igual al de la inductancia del blindaje)

$$V_N = \frac{j\omega V_B}{j\omega + R_B/L_B}$$



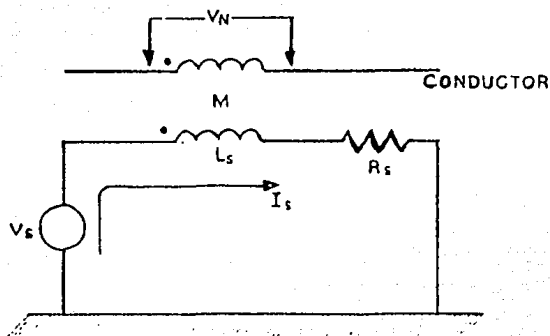


Fig.II.5.8.

Cuando comparamos el cable coaxial contra un par entrelazado blindado, es importante reconocer la utilidad de ambos tipos de cables desde el punto de vista de la propagación, sin hacer caso de sus características de blindaje. La figura II.5.8.1 muestra esta comparación. El par entrelazado blindado es muy útil a frecuencias por debajo de los 100 kHz. En algunas aplicaciones, la frecuencia puede ser tan alta como 10 MHz.

Arriba de 1 Mhz, las perdidas en el par entrelazado blindado se incrementan considerablemente.

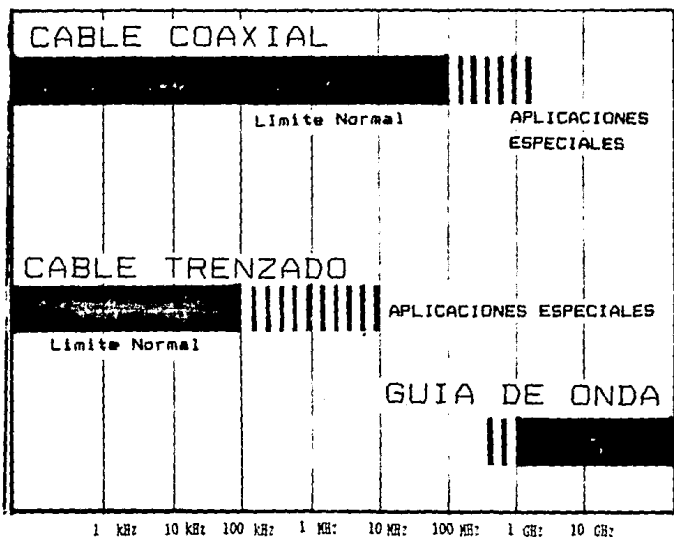


Fig. II.5.8.1. Rango de frecuencia útil para varias líneas de transmisión.

Por otra parte, el cable coaxial tiene una característica de impedancia más uniforme con menos pérdidas. Es útil, por lo tanto, en el rango de frecuencias desde un poco arriba de cero, es decir, D.C., hasta las frecuencias de la banda de VHF, con algunas aplicaciones que se extienden a UHF.

En la figura anterior podemos ver que a pocos cientos de MHz, las pérdidas en el cable coaxial se hacen grandes y la guía de onda

se vuelve más práctica. Un par entrelazado blindado tiene más capacitancia que un cable coaxial y, por lo tanto, no es útil a altas frecuencias o en circuitos con alta impedancia.

Un cable coaxial aterrizado en un punto provee en buen grado cierta protección de la capacitancia de pick-up. Pero si fluye una corriente de ruido en el blindaje, se producirá un voltaje de ruido. Su magnitud es igual al producto de la corriente de blindaje por la resistencia del cable. Puesto que el blindaje es parte de la trayectoria de la señal, este voltaje de ruido aparece como un ruido en serie con la señal de entrada. Un cable con doble blindaje o triaxial, con aislamiento entre los dos blindajes, puede eliminar el ruido producido por la capa exterior del blindaje mientras la corriente de señal fluye a través del conductor interior del cable. Por lo tanto, las dos corrientes, señal y ruido, no fluyen a través de la impedancia común.

Desafortunadamente, los cables triaxiales son caros y delicados en su uso. Un cable coaxial en altas frecuencias, sin embargo, actúa como un cable triaxial debido al efecto piel. En un cable blindado típico, el efecto piel se vuelve importante para frecuencias cercanas a 1 MHz. La corriente de ruido fluye fuera de la superficie del blindaje mientras que la señal fluye dentro de la superficie. Por esta razón, es mejor emplear un cable coaxial cuando se manejan altas frecuencias.

Un par entrelazado blindado tiene características similares a un cable triaxial y no es tan caro ni tan delicado. La corriente de esta señal fluye en los dos conductores internos y cualquier corriente de ruido fluye en el blindaje. La resistencia de acoplamiento común es eliminada. En resumen, cualquier corriente de blindaje se acopla igualmente en ambos conductores internos por la inductancia mutua y los voltajes, por lo tanto, se cancelan.

Un par entrelazado sin blindaje, a menos que se balancee, da muy poca protección contra la capacitancia de pick-up, pero es muy buena protección contra el magnetismo pick-up. El par entrelazado blindado nos brinda el mejor blindaje para señales de baja frecuencia, en las cuales el magnetismo pick-up es el mayor problema.

#### 11.5.9. BLINDAJE TRENZADO.

Actualmente, la mayor parte de los cables son fabricados con blindaje entrelazado más bien que con un conductor sólido. Las ventajas de la trenza son su flexibilidad, durabilidad y fuerza.

La trenza, sin embargo, proporciona típicamente solo de 60% a 90% de cobertura y son menos efectivas que los blindajes con conductores sólidos. Los blindajes trenzados usualmente proporcionan reducciones leves del blindaje de campo eléctrico (excepto en UHF), pero dan grandes reducciones al blindaje de campo magnético. La razón es que la trenza distorsiona la uniformidad de la corriente de blindaje. Una trenza es típicamente de 5 a 30 dB

menos efectiva que un blindaje sólido para protección contra campos magnéticos.

En las frecuencias más altas la efectividad de la trenza comienza a disminuir. Esto es por que los hoyos de la trenza son más grandes comparados con la longitud de onda de la señal en alta frecuencia. Múltiples blindajes pueden ofrecernos mejor protección, pero tienen alto costo y son menos flexibles. Cables con doble o triple blindaje se usan en aplicaciones críticas.

Recientemente, cables con una hoja de aluminio sólido como blindaje están ya disponibles. Estos blindajes brindan casi 100% de cobertura y un blindaje más efectivo. No son tan fuertes como una trenza, sin embargo, tienen una frecuencia de corte de blindaje (alto blindaje en la frecuencia de corte) más alta debido a su mayor resistencia de blindaje.

#### II.5.10. UNIFORMIDAD DE LA CORRIENTE DE BLINDAJE.

El blindaje magnético depende de una distribución uniforme de la corriente de blindaje longitudinal alrededor de la circunferencia de blindaje. Blindajes sólidos tales como hojas de aluminio, producen una distribución de corriente de blindaje más uniforme y, por lo tanto, proveen del mejor blindaje magnético si la frecuencia a la que se trabaja esta cercana a la frecuencia de blindaje de corte. Los blindajes entrelazados son considerablemente menos efectivos para el blindaje magnético puesto que su distribución de corriente es menos uniforme que un blindaje sólido.

La trenza puede ser plateada con soldadura o plata y el flujo de corriente se hace más uniforme debido al mejor contacto de conductor a conductor.

Un blindaje magnético más eficaz cerca de los extremos del cable depende de la manera como la trenza es terminada. Una conexión de trenza **pigtail** o coleta como la que se muestra en la figura II.5.9, provoca que la corriente de blindaje sea concentrada en un lado del blindaje. Para máxima protección, el blindaje debe ser terminado uniformemente alrededor de su sección transversal. Esto se puede realizar usando un conector coaxial tal como un BNC, un UHF o un tipo N. Una terminación coaxial también provee una cobertura completa de conductor interno, preservando la integridad del blindaje del campo eléctrico.

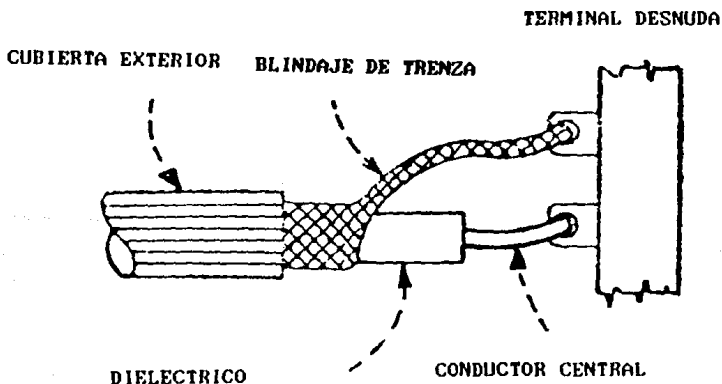


Fig. II.5.9. Conexión de blindaje de trenza, concentra la corriente en un lado del blindaje.

Para el presente diseño, seleccionaremos un cable coaxial CATV 75  $\Omega$ , 59/U, el cual está constituido por dos conductores concéntricos separados entre sí por un dieléctrico.

El conductor central está formado por un conductor sólido de cobre duro. El aislamiento es de polietileno celular de bajas pérdidas. El conductor externo (pantalla) está formado por la combinación de una cinta aluminizada por ambos lados y una trenza formada por hilos de aluminio.

Dentro de sus propiedades más importantes, cabe mencionar que presenta una extremadamente baja atenuación, mínima interferencia de la señal, flexibilidad y bajo peso.

El fabricante recomienda que durante la instalación y almacenamiento del cable se eviten las deformaciones, y que se use el conector adecuado; nosotros usaremos conectores BNC.

Además, el cable coaxial irá instalado sobre un soporte y dentro de una canaleta cuadrada conectada a tierra que lo protegerá contra campos electromagnéticos, así como contra los roedores (ver figura II.5.10).

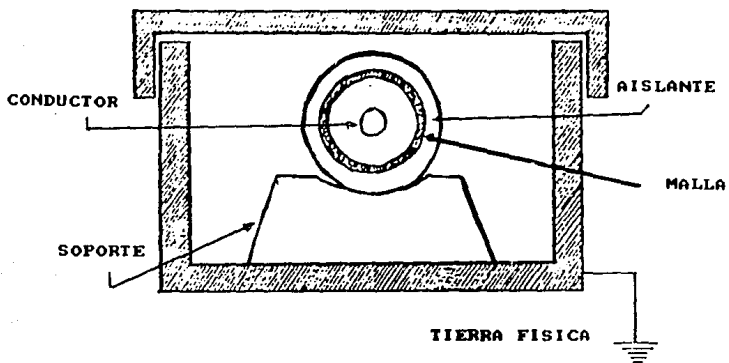


Fig. II.5.10.



# CAPITULO

## III

### III.1 SELECCION Y CARACTERISTICAS DEL MC-68705R3.

#### III.1.1 SELECCION

Haciendo una revisión exhaustiva de los productos que ofrecen las diferentes compañías líderes en la fabricación de circuitos integrados se seleccionó a "Motorola Semiconductor Products Inc." como aquella cuyos productos reúnen las características necesarias para el diseño del circuito a utilizar el instrumento de medición.

Motorola ofrece varias familias de microprocesadores y microcomputadores de las cuales se seleccionó a la familia M6805 HMOS de microcomputadores, cuyas características generales se describen a continuación :

- La arquitectura de la familia M6805 HMOS ha sido optimizada para aplicaciones de control más que para operaciones de propósito de procesamiento de información.
- El juego de instrucciones se ha diseñado específicamente para que la programación sea eficiente.

Tomando en cuenta que una de las características más importantes para determinar la eficiencia de la arquitectura de una computadora es la facilidad para acceder información, se seleccionó

esta familia por contar con un mayor número de modos de direccionamiento de memoria, entre los cuales destacan los siguientes:

- Inmediato
  - Directo
  - Extendido
  - Tres variedades de modo indexado
- 
- Los modos de direccionamiento indexado permiten el fácil manejo de tablas de conversión o datos localizados en cualquier espacio de la memoria, que es una herramienta importante en aplicaciones de control.
  - Los miembros de esta familia cuentan con dispositivos de entrada/salida de fácil manejo, alta eficiencia y gran versatilidad.
  - Una de las consideraciones primordiales para la selección de esta familia es el bajo costo, resultado de la alta eficiencia en los procesos de fabricación de Motorola.
  - El bajo consumo de potencia, característica de esta familia, la hace ideal para el desarrollo de equipos portátiles que utilizan baterías (pilas) como fuente de energía.
  - Estos dispositivos son totalmente estáticos, ofreciendo como ventaja que se pueden operar a frecuencias menores que la máxima especificada. Esta característica se utiliza para aumentar la eficiencia en el consumo de potencia, ya que

dicho consumo aumenta a altas frecuencias. La consecuencia directa de ésto es el aumento de la vida útil del instrumento.

- Esta familia presenta un hardware común a todas las versiones.

	MC6805R2	MC6805R3	MC6805R4	MC6805R5	MC68705R3	MC68705R4	MC68705R5	MC68705R6
24 Bidirectional I/O Lines	X	X	X	X	X	X	X	X
Eighth Input-Output Lines	X	X	X	X	X	X	X	X
A/D Converter	X	X	-	-	X	-	X	-
User Rom (Bytes)	2048	3776	2048	3776	-	-	-	-
User EPROM (Bytes)	-	-	-	-	3776	3776	3776	3776
RAM (Bytes)	64	112	64	112	112	112	112	112
Self-Check Mode	X	X	X	X	-	-	-	-
Zero Crossing Detect/Interrupt	X	X	X	X	X	X	X	X
Timer With 7-Bit Prescaler	X	X	X	X	X	X	X	X
Programmable Prescaler	-	-	X	X	X	X	X	X
5 Volt Signal Supply	X	X	X	X	X	X	X	X
Memory Mapped I/O	X	X	X	X	X	X	X	X
On Chip EPROM Programmer	-	-	-	-	X	X	X	X
EPROM Security Feature	-	-	-	-	-	-	X	X

Fig. III.1.1. Características de Hardware.

	MC6805R2	MC6805R3	MC6805U2	MC6805U3	MC6870SR3	MC6870SR2	MC6870SR3	MC6870U3
Addressing Modes	10	10	10	10	10	10	10	10
Byte Efficient Instruction Set	X	X	X	X	X	X	X	X
True Bit Manipulation	X	X	X	X	X	X	X	X
Bit Test And Branch Instructions	X	X	X	X	X	X	X	X
Versatile Interrupt Handling	X	X	X	X	X	X	X	X
Versatile Index Register	X	X	X	X	X	X	X	X
Powerfull Indexed Addressing for Tables	X	X	X	X	X	X	X	X
Full Set of Conditional Branches	X	X	X	X	X	X	X	X
Memory Usable as Registers Flag	X	X	X	X	X	X	X	X
Single Instruction Memory examiner Change	X	X	X	X	X	X	X	X
User Callable Self-Check Subroutines	X	X	X	X	-	-	-	-
Complete Development System Support on EXORciser	X	X	X	X	X	X	X	X
Supported by EPROM Version	X	X	X	X	-	-	-	-

Fig. III.1.2. Características de Software.

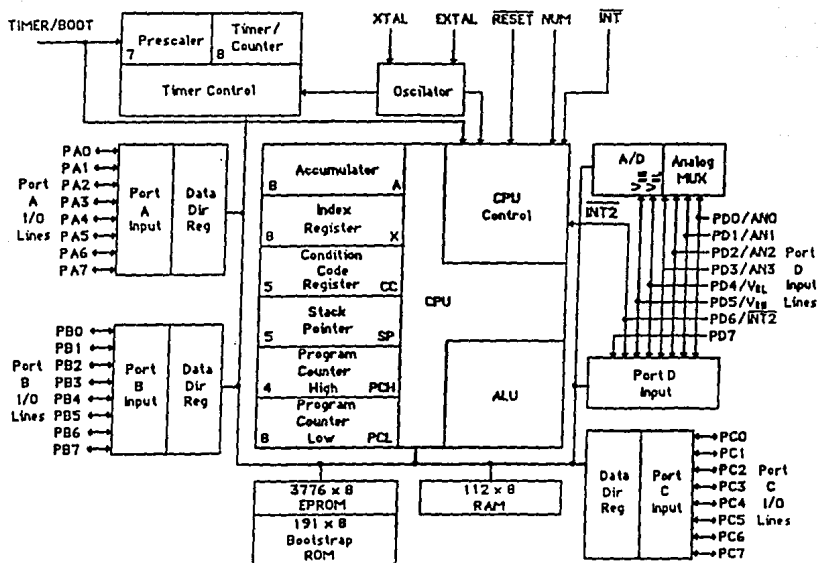


Fig. III.1.3. Diagrama de bloques del MC68705R3.

Las tablas y diagramas de bloques anteriores resumen las características de hardware y software de los dispositivos de este modelo. Tomando en cuenta los aspectos funcionales y la filosofía estructural de cada uno de estos microcomputadores, se seleccionó

al MC68705R3 como el más adecuado para satisfacer las necesidades del diseño propuesto.

### III.1.2 CARACTERISTICAS DEL MC68705R3.

#### MICROCOMPUTADOR DE 8 BITS CON EPROM Y CONVERTIDOR ANALOGICO/DIGITAL

El microcomputador MC68705R3 es un miembro EPROM de la familia M6805 de microcomputadores de una sola pastilla de bajo precio. La memoria EPROM programable por el usuario permite cambios en el programa y aplicaciones de menos volumen en comparación con las versiones programables enmascaradas de fábrica.

Las versiones EPROM también reducen el costo de producción y permiten que se le dedique tiempo a la evaluación de prototipos de versiones ROM mascarables.

Estos microcomputadores de 8 bits contienen un CPU, un reloj dentro del encapsulado, EPROM, ROM de inicialización (**bootstrap**), RAM, puertos de E/S, convertidor A/D y un temporizador (**timer**). Por estas características, el MC68705R3 ofrece al usuario medios económicos de diseño.

### III.1.3 CARACTERISTICAS DE HARDWARE.

- \* Arquitectura de 8 bits.
- \* Capacidad de memoria de acceso aleatorio (RAM) de 112 bytes.
- \* Mapeo de memoria de entrada/salida (E/S). Asignación de localidades de memoria a cada periférico de E/S como si fueran memorias. Así, los datos son pasados a partir de estas localidades y de ahí a los periféricos, al igual que cualquier otra localidad de memoria.
- \* 3776 bytes de EPROM para el usuario.
- \* Temporizador de 8 bits interno con un divisor de tiempo (prescaler) de 7 bits.
  - Divisor de tiempo programable.
  - Modos de entrada programables para el temporizador, uno por software.
- \* Detección de cruce por cero mediante la entrada de interrupción INT2.
- \* 24 Líneas bidireccionales de E/S compatibles con TTL/CMOS (8 Líneas compatibles con LED).
- \* De 2 a 8 líneas de entrada digital.
- \* Convertidor analógico/digital.
  - Conversión de 8 bits.
  - De 1 a 4 entradas analógicas multiplicadas.
  - Cuantificación de error de  $+ 1/2$  LSD.
  - El resto de errores se cuantifican con  $+ 1/2$  LSD.



- Cuantificación del error total mediante + 1 LSB.
- Razón de conversión ajustable.
- \* Generador de reloj en la misma pastilla.
- \* Reinicializador (**reset**) maestro.
- \* Completo sistema de desarrollo basado en lógica EXOR (exclusiva de Motorola).
- \* Polarización de +5 (V).
- \* Emula al MC6805R2.
- \* El programa bootstrap en la ROM simplifica la programación de la EPROM.

#### III.1.4 CARACTERISTICAS DE SOFTWARE.

- \* Similar al de la familia M6800.
- \* Juego de instrucciones para el uso eficiente de la memoria.
- \* Fácil de programar.
- \* Manipulación real de bits.
- \* Prueba de bits e instrucciones de ramificación.
- \* Manejo versátil de interruptores.
- \* Versatilidad en el manejo de los registros de índice.
- \* Poderoso direccionamiento indexado en el manejo de tablas.
- \* Juego completo de ramificaciones condicionadas.
- \* Memoria utilizable como registros y/o banderas.
- \* 10 poderosos modos de direccionamiento.
- \* Todos los modos de direccionamiento son aplicables para la EPROM, RAM y puertos de E/S.

A continuación se presenta el diagrama de bloques de este microcomputador:

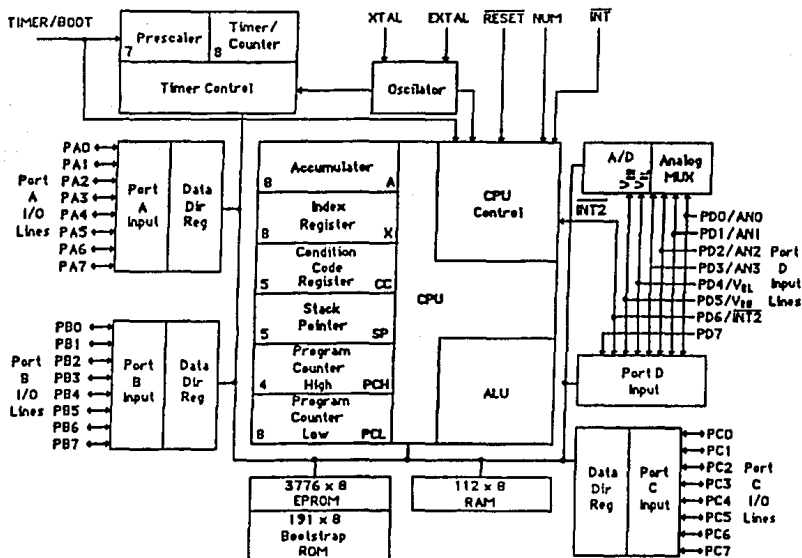


Fig. III.1.4. Diagrama de bloques del microcomputador MC68705R3.

### III.1.5 ASIGNACION Y DESCRIPCION DE TERMINALES

El microcomputador MC68705R3 es un circuito integrado de 40 terminales cuya asignación se muestra en la figura III.1.5.

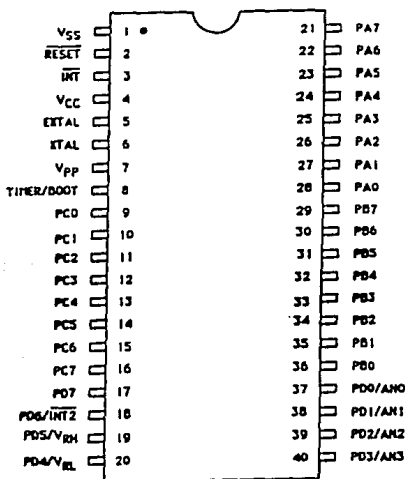


Fig. III.1.5. Terminales del MC68705R3.

#### - Vcc y Vss

Son las terminales de polarización del MCU, donde Vcc = +5 volts y Vss = 0 volts.

#### - INT

Permite un evento externo para interrumpir asincrónicamente al procesador. El MCU puede ser interrumpido de 4 diferentes modos:

- 1) A través de la terminal de entrada INT.
- 2) Programando el bit 6 del circuito temporizador interno.
- 3) Programando el bit 6 del puerto C a través de la terminal de entrada INT2.
- 4) Por software, utilizando la instrucción SW1.

Cuando una interrupción ocurre, la instrucción presente se termina de ejecutar (incluyendo SW1), el proceso se suspende y el estado presente del CPU se guarda en el stack. Se lee el bit 1 en el registro de código de condición y la dirección de la rutina de interrupción se obtiene del vector de interrupción apropiado, ejecutándose dicha rutina.

La interrupción INT2 siempre se lee como una entrada digital sobre el puerto D. Posee dos bits de control: el bit 7 y el bit 6 del registro misceláneo. Cuando el bit 6 se enciende, la interrupción se inhibe.

Una entrada senoidal puede generar una interrupción externa utilizándose como detector de cruce por cero.

Existen prioridades en las interrupciones, mismas que a continuación se muestran:

INTERRUPCION	PRIORIDAD	DIRECCION DEL VECTOR
$\overline{\text{RESET}}$	1	\$FFE y \$FFF
SW1	2	\$FFC y \$FFD
$\overline{\text{INT}}$	3	\$FFA y \$FFB
TIMER/ $\overline{\text{INT2}}$	4	\$FF8 y \$FF9

Fig.III.1.6. Prioridades de las interrupciones.

#### - XTAL y EXTAL

Un cristal, una resistencia o una señal externa, dependiendo de la programación del bit CLK (b7) del temporizador, se conecta a estas terminales para generar la señal de reloj que regirá la secuencia de operación del MCU.

El circuito generador de reloj interno está diseñado para utilizar un mínimo de componentes externos, existiendo cuatro opciones para generar esta señal.

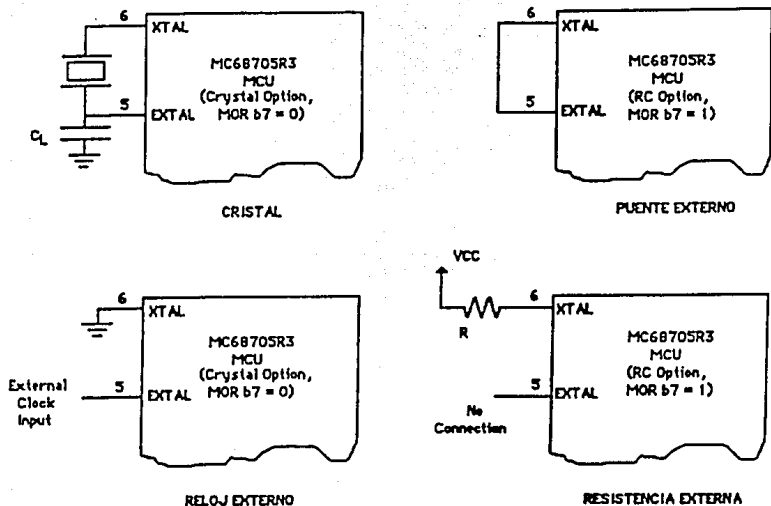


Fig.III.1.7. Opciones para generar el reloj.

El registro de opción mascarable (MOR) se programa para la operación del MCU por medio de un cristal o una resistencia.

Este registro, a su vez, utiliza seis de sus ocho bits para seleccionar la opción del uso del temporizador, la fuente del reloj del temporizador y la opción del uso del prescalador.

## - TIMER / BOOT

Esta terminal tiene dos usos:

1. Como entrada externa de una señal para controlar el circuito temporizador interno.
2. Detecta un nivel alto de voltaje utilizado para la programación de la EPROM del MPU.

**-TIMER.** Es un contador de ocho bits que puede ser controlado por programa y decrementado a cero mediante el uso de la entrada  $f_{CIN}$  del mismo. Cuando el contador llega a cero, el bit 7 del registro de control del temporizador (TCR), se enciende y permite una interrupción.

El contador puede ser leído por el procesador en cualquier momento sin que la cuenta sea afectada.

El prescalador que contiene el TIMER es un divisor de 7 bits utilizado para aprovechar la máxima respuesta en frecuencia del mismo.

**BOOTSTRAP ROOM.** Contiene de fábrica un programa que permite al MCU, a través de un ciclo de **FETCH**, recibir información de cualquier dispositivo externo.

A través de dicho programa se tiene:

- La temporización de los pulsos para programación.
- La temporización para la entrada  $V_{rr}$ .
- La verificación de la programación realizada.

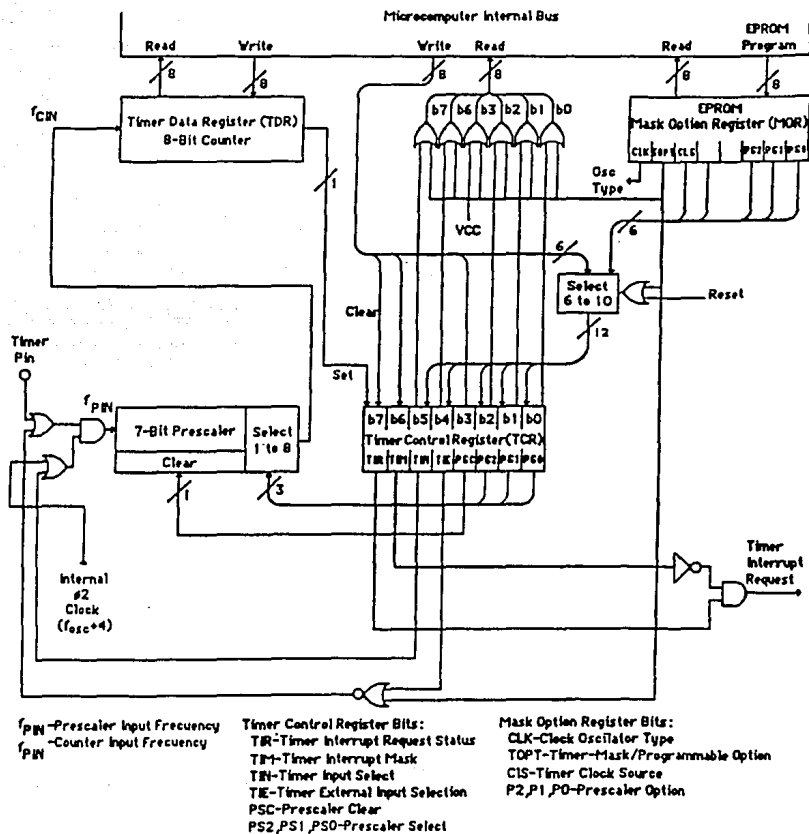


Fig. III.1.8. Diagrama de bloques funcional del temporizador del MC68705R3.



## **- RESET**

El MCU puede inicializarse de dos maneras:

1. Al encender el sistema.
2. Aplicando un nivel bajo de voltaje a esta terminal.

Al encender el sistema, un retraso en el tiempo es necesario para permitir que la entrada del RESET regrese a un nivel de voltaje alto. Este tiempo permite al generador de la señal de reloj interno que se estabilice. Basta conectar un capacitor de 1 mF a esta terminal para que se genere este retraso.

## **- Vpp**

Esta terminal se alimenta con el voltaje de programación para la EPROM interna del MPU. En otras condiciones debe conectarse a Vcc.

## **- LINEAS DE ENTRADA/SALIDA (PA0-PA7, PB0-PB7, PC0-PC7, PDO-PD7)**

Estas 32 líneas forman cuatro puertos de 8 bits cada uno: A, B, C y D. Dichos puertos pueden ser programados como entradas o salidas a través de la programación de sus respectivos registros de dirección de datos (DDR).

La programación se realiza en el DDR correspondiente al puerto en cuestión con un 1 lógico para su configuración como

salida y con un 0 lógico para configurarlos como entradas en el bit adecuado.

Durante una reinicialización, si los puertos están programados como entradas, todos los registros DDR se cargan con ceros lógicos; los registros de salida no se ven afectados, estos deben ser reinicializados por programación.

Por su parte, el puerto D tiene 4 entradas analógicas, dos terminales para fijar el voltaje de referencia que se ha de utilizar con el convertidor A/D ( $V_{rh}$ ,  $V_{rl}$ ), una terminal INT2 para interrupción y desde 1 hasta 8 entradas digitales.

Todas las líneas del puerto D se pueden leer directamente y ser usadas como entradas binarias. Si se utiliza una entrada analógica, entonces las terminales de voltaje de referencia  $V_{rh}$  y  $V_{rl}$  deberán ser utilizadas en modo analógico, con ésto se puede determinar la resolución del A/D.

### III.1.6 MEMORIA.

Este microcomputador puede direccionar 4096 bytes de memoria y registros de E/S con su respectivo contador de programa. El mapa de memoria tiene implementados 4092 bytes como sigue:

- 3776 bytes de EPROM para el usuario.
- 191 bytes de Bootstrap ROM.
- 112 bytes de RAM para el usuario.
- Un registro de control de programa (PCR).
- 7 bytes de E/S.

- 2 registros para el temporizador.
- 1 registro misceláneo.
- 2 registros para el convertidor A/D.

La siguiente figura muestra la implementación antes descrita:

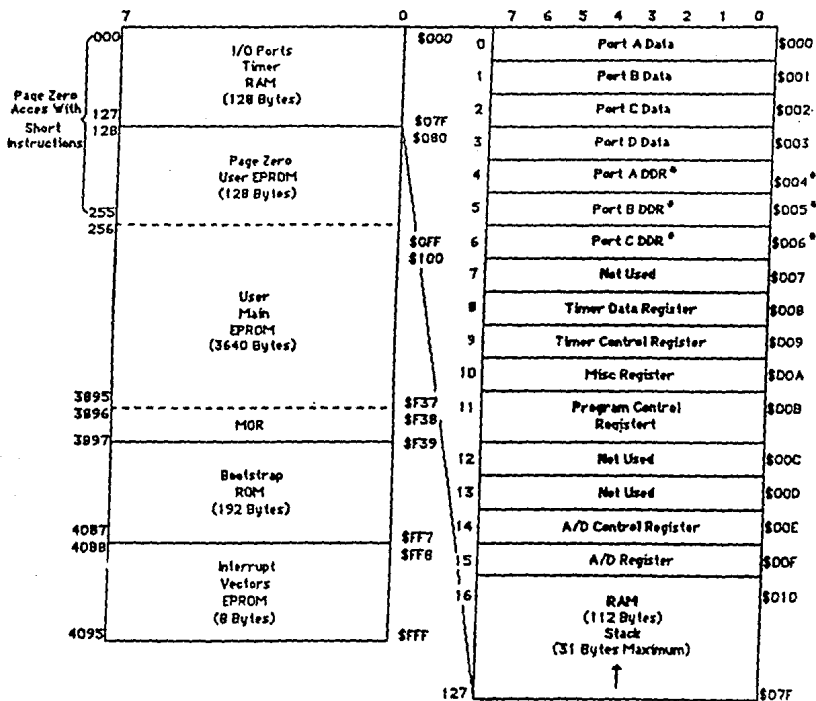


Fig.III.1.9. Mapa de memoria del microcomputador.

### III.1.7 UNIDAD CENTRAL DE PROCESAMIENTO (CPU).

Está implementada de manera independiente a las líneas de E/S o a la configuración de la memoria. Así pues, se puede manejar como un procesador central independiente, comunicado con unidades de E/S y memoria a través de canales (buses) internos de control, direcciones y datos.

#### -REGISTROS

El CPU tiene 5 registros utilizables por el programador:

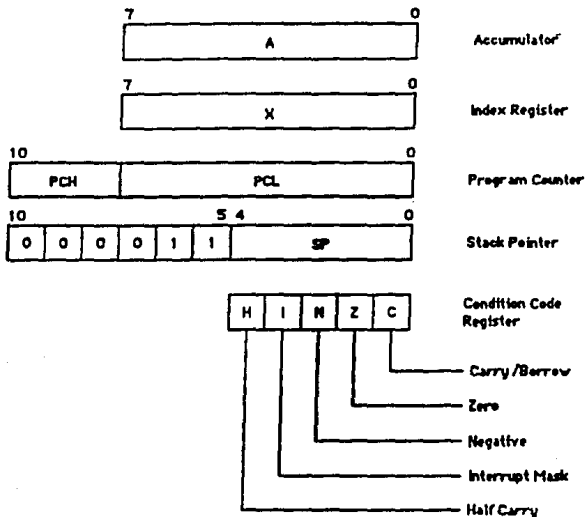


Fig. III.1.10. Registros para programación.

**- ACUMULADOR (A)**

Es un registro de 8 bits de propósito general utilizado para guardar los resultados de cálculos aritméticos o bien para el manejo de datos.

**- REGISTRO INDICE (X)**

Es un registro de 8 bits utilizado con el modo de direccionamiento INDEXADO. A su vez, se puede utilizar como memoria temporal.

**- CONTADOR DE PROGRAMA (PC)**

Es un registro de 12 bits que contiene la dirección de la siguiente instrucción a ejecutar.

**- APUNTADOR DE LA PILA (SP)**

Es un registro de 12 bits que contiene la dirección de la siguiente localidad libre en el "stack".

**- REGISTRO DE CODIGO DE CONDICION (CC)**

Es un registro de 5 bits de los cuales cuatro se utilizan para indicar el resultado de una instrucción recién ejecutada.

Estos bits pueden ser evaluados por programación y así tomar acciones determinadas según el resultado de dicha evaluación.

Los bits del registro de código de condición se explican a continuación :

**- ACARREO INTERMEDIO (H)**

Enciende cuando en el resultado de una operación existe un acarreo entre los bits 3 y 4.

**- INTERRUPCION (I)**

Cuando esta señal se activa, el temporizador y la interrupción externa (INT) se deshabilitarán; si una interrupción ocurre será procesada tan pronto este bit se apague.

**- BANDERA DE BIT NEGATIVO (N)**

Cuando se enciende indica que el resultado de la última operación aritmética, lógica o de manejo de datos realizada, fue negativo.

**- BANDERA DE BIT CERO (Z)**

Cuando se enciende indica que el resultado de la última operación aritmética, lógica o de manejo de datos fue cero.

### - BANDERA DE ACARREO/BORROW (C)

Cuando se enciende indica que ocurrió un acarreo o corrimiento fuera de la unidad aritmética lógica (ALU) durante la última operación aritmética. Este bit también se ve afectado cuando existen operaciones de corrimientos.

### III.1.8 CONVERTIDOR ANALOGICO / DIGITAL

El MCU tiene implementado en la misma pastilla un convertidor A/D de 8 bits que utiliza la técnica de aproximaciones sucesivas.

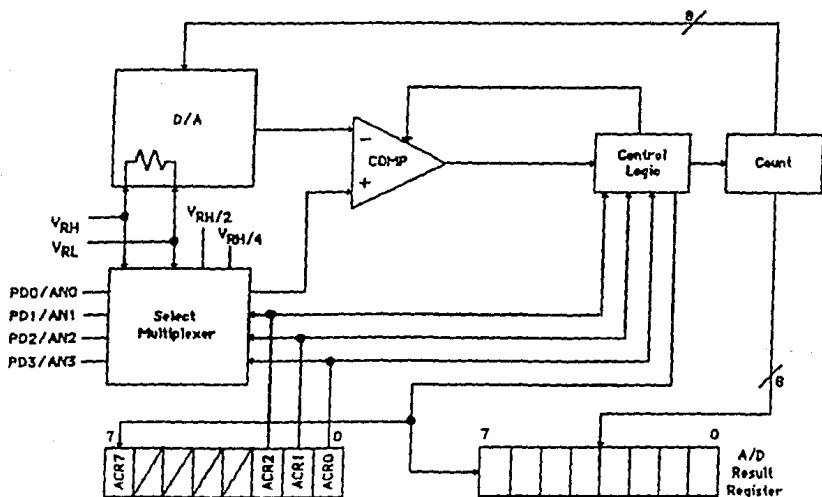


Fig.III.1.11. Diagrama de bloques del convertidor A/D.

Cuatro líneas de entrada del puerto D son utilizados también como entradas de señales analógicas al convertidor A/D a través de un multiplexor. A su vez, internamente se pueden seleccionar cuatro señales analógicas para fines de calibración (Vrh, Vrh/2, Vrh/4 y Vrl).

La selección del multiplexor se controla a través de los bits 0, 1 y 2 del registro de control A/D (ACR) como se muestra a continuación :

REGISTRO DE CONTROL A/D			ENTRADA SELECCIONADA
ACR2	ACR1	ACR0	
0	0	0	AN0
0	0	1	AN1
0	1	0	AN2
0	1	1	AN3
1	0	0	VRH*
1	0	1	VRL*
1	1	0	VRH/4*
1	1	1	VRH/2*

Fig. III.1.12. Selección de entradas del multiplexor.

El convertidor opera continuamente utilizando 30 ciclos de máquina para hacer una conversión completa de la entrada analógica muestreada. Cuando la conversión se termina, la muestra digitalizada o el valor digital se coloca en el registro de



resultados A/D (ARR). La bandera de conversión completa se enciende, la entrada seleccionada se muestrea nuevamente y se inicia una nueva conversión.

Dos voltajes de referencia ( $V_{rh}$  y  $V_{rl}$ ) se aplican al convertidor a través de las terminales del puerto D. Una entrada de voltaje igual a  $V_{rh}$ , se convierte a \$FF (escala total) y una entrada de voltaje igual a  $V_{rl}$ , se convierte a \$00.

Con  $V_{rh} = + 5$  V se tiene la máxima resolución del MPU, es decir 256 bits. Si se selecciona  $V_{rh}/4$ , se tendrán 64 bits de resolución y si se selecciona  $V_{rh}/2$  se tendrán 128 bits de resolución.

### III.1.9 MODOS DE DIRECCIONAMIENTO

Como ya se mencionó, el MCU cuenta con 10 modos de direccionamiento que se explican brevemente a continuación.

#### INMEDIATO

En este modo el operando está contenido en el byte que sigue al que contiene al código de operación (**OpCode**). Se utiliza para accesos constantes que no generen cambios durante la ejecución del programa.

## **DIRECTO**

La dirección efectiva, definida como aquella en la que se almacena el argumento de una instrucción, está contenida en un solo byte, mismo que sigue al OpCode. Este modo permite al usuario acceder directamente los 256 bytes de la parte baja de la memoria con una sola instrucción de 2 bytes.

## **EXTENDIDO**

La dirección efectiva está contenida en los 2 bytes siguientes al OpCode. Las instrucciones usadas con este modo son aptas para localizar argumentos en cualquier parte de la memoria utilizando una sola instrucción de 3 bytes.

## **RELATIVO**

Solamente es utilizado con instrucciones de ramificación. El contenido del byte siguiente al OpCode, se suma al PC (contador del programa), sí y sólo sí, la condición de ramificación es verdadera; si no, el control procede a ejecutar la siguiente instrucción.

### **INDEXADO SIN OFFSET**

La dirección efectiva del argumento está contenida en el registro índice. Así, este modo de direccionamiento puede acceder las primeras 256 localidades de la memoria. Se utiliza para mover el apuntador de una tabla o retener una dirección de frecuente referencia en localidades de RAM o dispositivos E/S.

### **INDEXADO CON OFFSET DE 8 BITS**

La dirección efectiva es la suma del contenido de los 8 bits no signados del registro índice y del byte no signado siguiente al OpCode.

Es útil para localizar el k-ésimo elemento de la tabla "n" en las primeras 256 localidades direccionables de la memoria.

### **INDEXADO CON OFFSET DE 16 BITS**

La dirección efectiva es la suma del contenido de los 8 bits no signados del registro índice y los 2 bytes no signados siguientes al OpCode. A diferencia del anterior, permite el mismo acceso a tablas pero en cualquier localidad de la memoria.

## **BIT SET/CLEAR**

El bit a encender o limpiar es parte del OpCode y el byte que le sigue especifica la dirección directa del byte en el que se encuentra dicho bit. Así, se puede seleccionar, para leer o escribir cualquier bit localizado en las primeras 256 localidades de la memoria, utilizando una sola instrucción de 2 bytes.

## **PRUEBA DE BIT Y RAMIFICACION**

Es una combinación de los modos Relativo y Directo. El bit a probar y la condición de encender o limpiar están contenidos en el OpCode; la dirección del byte a probar se encuentra en el byte siguiente a éste. El resultado de la prueba del bit en cuestión se transfiere al bit de acarreo del registro de código de condición.

## **INHERENTE**

Toda la información necesaria para ejecutar una instrucción está contenida en el OpCode. Todas las instrucciones que maneja este modo son de 1 byte.

### **III.2. CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL TECLADO.**

Existe una gran cantidad de aplicaciones para los teclados no sólo en computadoras, sino también en máquinas de escribir, teléfonos, controles remotos, lavadoras, hornos de microondas, equipo médico, etc. En muchas de estas aplicaciones un microcontrolador, o un controlador de teclado, lee las señales provenientes del teclado y actúa según los datos que se introduzcan; por lo tanto, el diseñador de sistemas con teclados debe tener un buen entendimiento del uso de las técnicas de interfase con base en la programación y en el circuito electrónico empleado.

#### **3.2.1.- TIPOS DE TECLADOS**

Existen comercialmente varios tipos de configuraciones de teclados, sin embargo, el más sencillo de ellos, con base en controladores, es aquél en el que cada tecla está asignada a una línea de entrada del puerto de un cierto microcontrolador. Este tipo de configuración presenta la ventaja de poder leer con gran velocidad el teclado; además, la programación de soporte (software) es casi nula. Sin embargo, presenta la desventaja de tener limitado el número de teclas a la cantidad de líneas de entrada del puerto,

situación por la que su uso se limita exclusivamente a pequeñas aplicaciones.

Un tipo más común y eficiente de teclado es el de arreglo matricial, en el cual las teclas están configuradas por columnas y renglones. Este método permite el uso más eficiente de las líneas de entrada y salida del puerto del microcontrolador, pero requiere de una programación más sofisticada para realizar la búsqueda en la matriz del teclado. Dicha búsqueda se realiza normalmente produciendo un pulso de salida en cada columna y leyendo todos los renglones para determinar cuál tecla fue presionada de la columna que produjo el pulso. Para un número dado de líneas de entrada/salida, el número máximo de teclas se da cuando se tiene un arreglo matricial cuadrado; por ejemplo, para ocho líneas de entrada/salida el máximo número de teclas que se pueden utilizar teniendo un arreglo cuadrado de  $8 \times 8$  es de 64 teclas, mientras que si se hace rectangular, de  $4 \times 12$ , sólo se pueden leer un máximo de 48 teclas.

Por otro lado, en un teclado se define el **ROLL-OVER** como el número de teclas que pueden ser presionadas al mismo tiempo y que pueden ser reconocidas individualmente. Si, por ejemplo, se considera un teclado con  $N$  teclas en el que todas puedan ser presionadas, y además sea posible reconocer individualmente cada una de ellas, se dice que el teclado tiene un roll-over de  $N$

teclas. Esta es la situación más deseable, pero representa un costo más alto que el de las soluciones matriciales.

En la figura III.2.1. se muestra un teclado resistivo matricial básico de 4 x 4. En este caso, cada tecla produce una resistencia de contacto de 500  $\Omega$ , lo que produce un efecto de divisor de voltaje.

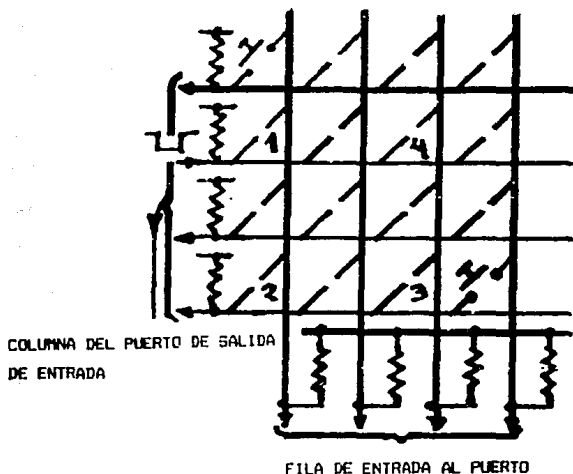


Fig. III.2.1. Teclado matricial básico de 4 x 4 con resistencias de pull-up.

Se dice que este teclado tiene un roll-over de dos debido a que, al presionar tres teclas de las esquinas de un cuadrado o un

rectángulo imaginario sobre el teclado al mismo tiempo, aparece reconocida la tecla que está en la cuarta esquina. Por lo tanto, el máximo número de teclas que pueden ser presionadas, sin ocasionar una tecla fantasma (dato de una tecla que no haya sido oprimida), es de dos.

Una forma de poder presionar más teclas al mismo tiempo es el de hacer una matriz rectangular, debido a que se pueden presionar todas las teclas de un mismo renglón a la vez sin producir teclas fantasmas. Una desventaja de esto es que se requieren más líneas de entrada/salida para el mismo número de teclas, pero para muchas aplicaciones la ventaja justifica el costo de líneas extra.

Otro método para mejorar un teclado matricial básico es tener teclas importantes con líneas de entrada exclusiva, como es el caso de Shift en los teclados convencionales de computadora. Esto ofrece la ventaja de tener, además de las dos teclas del roll-over, dos teclas más de función especial.

Cabe comentar que el software necesario para asegurar el buen funcionamiento del teclado matricial anterior es complejo. En lo que respecta a las teclas fantasma, deben de ser detectadas en todo instante, razón por la que se requiere estar cambiando en el puerto de entrada a salida, a fin de poder rastrear la matriz, con el objetivo de evitar una confusión. Dicha confusión es causada por cambiar el pulso de búsqueda con un nivel de 1 lógico que esté siendo conectado por la presión de alguna tecla. Debido a este



último punto, se requieren resistencias de pull-up en ambos lados de la matriz con el fin de evitar entradas flotantes (las resistencias de pull-up actúan como limitadoras de corriente).

Cuando es detectada por el sistema la presencia de una tecla fantasma, el teclado debe ser bloqueado para evitar que la tecla fantasma sea procesada. Habitualmente, en este punto el diseñador tiene dos opciones para dar tiempo de procesar nuevamente la información. La primera consiste en esperar a que la tecla fantasma desaparezca, lo que puede ocasionar que se pierda información durante el tiempo de espera. La segunda opción consiste en rastrear la información en un banco de memoria hasta que todas las teclas dejen de ser presionadas y generar, opcionalmente, un tono de advertencia de que la información está siendo retrasada.

### 3.2.2 - ROLL-OVER DE ORDEN " N " .

En lo que respecta a los teclados de roll-over de orden N, éstos son empleados en aplicaciones de mayor calidad y también en casos donde son requeridas gran cantidad de entradas de teclas multifunción. Existen dos formas comunes de lograr el roll-over de orden n, pero las dos son más caras de realizar que la matriz básica.

El primer método consiste en colocar diodos a una matriz básica como se muestra en la figura III.2.2. Este método evita que

las teclas interfieran entre sí, provocando un roll-over de orden  $N$ . Conviene comentar que la caída de voltaje en los diodos es un factor restrictivo importante de diseño, puesto que al diseñar una matriz de este tipo se puede violar el umbral de voltaje de entrada del controlador del puerto.

Una caída excesiva de voltaje se puede evitar eligiendo correctamente las resistencias de pull-up, pero cuando se trabaja con bajos voltajes la solución puede no ser tan sencilla.

El segundo método para lograr una matriz de roll-over de orden  $N$  es implantando un teclado capacitivo como se muestra en la figura III.2.3. Esta configuración logra el roll-over de orden  $N$  evitando el costo de los diodos del método anterior, pero implica un costo extra de comparadores. Cada tecla forma las placas de un capacitor, por lo que la capacitancia aumenta al acercar las placas de la tecla (al oprimir la tecla) y permitiendo que un pulso de bajo voltaje llegue a la entrada del comparador. La impedancia de las otras líneas de búsqueda y el número de teclas que estén presionadas al mismo tiempo afectan el nivel del pulso. Cuando se presenta una tecla fantasma, se tienen tres capacitores en serie, lo que reduce la capacitancia efectiva degradando el pulso de lo que debe ser la cuarta tecla presionada, ocasionando que ésta sea ignorada.

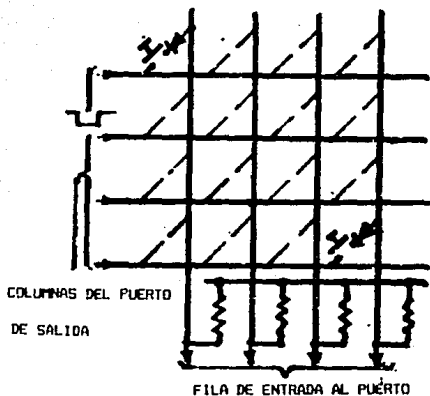


Fig. III.2.2. Teclado matricial de 4 x 4 con diodos.

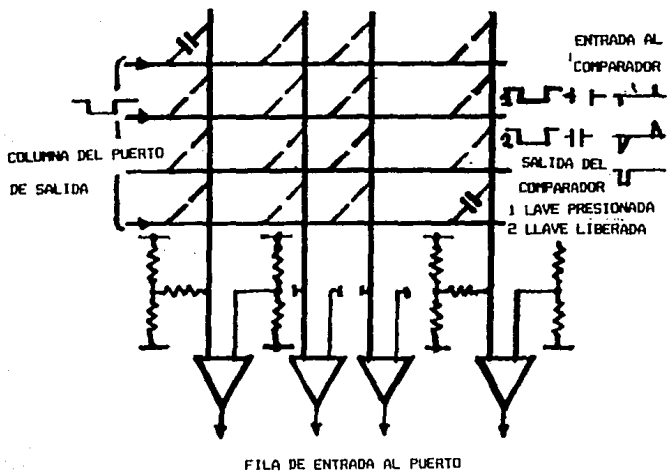


Fig. III.2.3. Teclado matricial de 4 x 4 con comparadores.

Quando una tecla es presionada, el comparador restablece la señal diferencial de entrada a un nivel lógico verdadero, produciendo un pulso de salida que es detectado por el controlador. Como este pulso es más pequeño que el pulso de búsqueda, se debe prestar especial atención en el programa para no perder ninguna de las teclas por leer demasiado tarde. También se debe de poner especial cuidado en el ajuste de la referencia del comparador, de tal forma que la señal de baja amplitud pueda ser detectada confiablemente y las impedancias de polarizado del circuito sean lo suficientemente grandes para que la constante de tiempo produzca pulsos de duración aceptable para ser detectados.

Para estos tipos de matrices de teclas de roll-over de orden  $N$ , el programa es más sencillo que en el caso anterior de un roll-over de dos, debido a que las líneas de búsqueda permanecen como salidas todo el tiempo y la detección de teclas fantasma no es necesaria. Además, se tiene un pequeño ahorro económico al no tener que colocar resistencias de pull-up en la salida de las líneas del puerto de búsqueda.

### **III.2.3. REBOTE DE TECLAS.**

Normalmente, un teclado debe ser inmune tanto al ruido eléctrico del medio ambiente como al ruido que pueda producirse por el monitoreo de las señales en un circuito impreso con pistas largas. Cabe comentar que este tipo de impresos pueden producir

ruido, así como problemas de **cross-talk**. Por estas razones, se debe prestar atención a la disposición del circuito impreso y al programa necesario para evitar el rebote de teclas.

Entre los métodos para evitar los rebotes, el más utilizado es el de leer una columna del teclado, almacenarla en memoria, volver a leer la misma columna después del tiempo que se haya determinado de duración del rebote y compararla con la primera; si presentan diferencias, entonces se considera que no se ha presionado ninguna tecla. Así, toda vez que haya sido presionada verdaderamente una tecla, ésta será detectada en monitoreos consecuentes.

Cuando se aplica este método a teclados de gran escala, se presenta el problema de que los tiempos de rebote acumulados pueden llegar a ser tan largos que el tiempo entre monitoreos sea inaceptable. Una forma de evitar este problema es realizar una lectura de toda la matriz en un sólo tiempo y almacenarla en memoria RAM, volver a realizar la lectura completa después del tiempo anticipado de rebote y compararla con la almacenada anteriormente. En este método hay que tener en cuenta que, entre más grande sea el teclado, será necesaria más capacidad en memoria RAM y, por lo tanto, se obtiene una relación directa entre el tiempo de monitoreo y la capacidad de memoria RAM; si se desea hacerla más lenta, se puede particionar el teclado y realizar el monitoreo de la matriz en tiempos sucesivos.

Hasta ahora se ha supuesto que el teclado procesará cualquier tecla que se encuentre presionada, pero en algunos teclados la

tecla no es procesada sino hasta que haya cambiado de estado para evitar que se repita. Alternativamente, algunos protocolos de teclado para computadoras envían un código de interrupción cuando la tecla ha sido soltada.

Un buen método de evitar rebotes en teclados grandes es el de llevar un registro de la lectura del teclado actual en memoria (llamada arbitrariamente `newbuff`) y de la lectura anterior (`oldbuff`). En la rutina de monitoreo, la lectura del teclado es almacenada en `newbuff`; después de un cierto tiempo se realizará una nueva lectura. En el segundo monitoreo, cada columna será leída y comparada con la que haya resultado del primero. Si alguna de las teclas ha cambiado de estado, entonces se considera que han rebotado y el valor anterior de la tecla es extraído de `oldbuff` y es insertado en `newbuff`. De esta forma, sólo los estados de las teclas que sean válidos por dos monitoreos consecutivos son aceptados. Una vez efectuado lo anterior, el programa lee los dos registros, comparándolos para así procesar los cambios de las teclas y actualizar `oldbuff`, quedando listo para realizar un nuevo monitoreo.

#### **III.2.4. SELECCION Y CARACTERISTICAS DEL TECLADO.**

Para poder realizar la selección del teclado más adecuado para este proyecto, ha sido necesario explorar las diferentes alternativas que ofrecen los fabricantes de estos productos.

La proliferación de computadoras y aparatos electrónicos de tipo personal, incluyendo los aparatos telefónicos, ha creado una necesidad creciente en el uso de teclados, dando lugar a diferentes tecnologías para su fabricación.

Aunque, a simple vista, un teclado podría parecer como una mera colección de contactos individuales, hay consideraciones que se deben tener muy en cuenta y que van más allá de la mera apreciación de las teclas.

Por ejemplo, la ergonomía juega un papel muy importante en las consideraciones de diseño, a tal grado que existen normas específicas, como las del Instituto de Estándares de Alemania (DIN).

Pero estos requerimientos de diseño externo afectan necesariamente el comportamiento de los contactos internos, por ejemplo, reduciendo el espacio de desplazamiento.

Hay otros parámetros para los contactos individuales que deben de tomarse en consideración como son: el tiempo útil de vida, la resistencia eléctrica de los contactos, las características dieléctricas y la degradación en medios hostiles, entre otros.

Además, al especificar algún tipo de teclado, el diseñador debe de tomar en cuenta factores como el montaje e inclusive el uso de protecciones, esto último debido a que muchos componentes

electrónicos son sensibles a las descargas estáticas, particularmente aquellos fabricados con tecnología MOS y sus derivados; por lo tanto, un buen diseño debe considerar la eventual protección al teclado en contra de cargas parásitas. Esto representa una necesidad cuando el equipo debe satisfacer los requerimientos de estándares internacionales.

Usualmente este tipo de protección es muy simple y se realiza fácilmente con un material como el mylar metalizado aplicado entre la capa exterior del teclado y la capa de los contactos.

Para la protección en contra de la interferencia electromagnética y la interferencia por radio frecuencia (Emi/rfi) se emplea la misma tecnología.

Por lo que se refiere al montaje, considerando que el teclado internamente es esencialmente una tarjeta de circuito impreso que está colocada en un contenedor, el problema se reduce básicamente a la manera en que esta tarjeta se sujeta a dicho contenedor. Son tres las técnicas más populares en la industria y su empleo depende del estilo del teclado:

- El teclado puede sujetarse empleando adhesivo a presión.
- Un segundo método es mediante agujeros taladrados y sujetado con tornillos.
- Finalmente, algunos teclados emplean biseles para sujetar.



La tecnología actual confronta principalmente dos tipos de teclados a seleccionar. El teclado de membrana (membrane switch keyboard) y el teclado de botones de presión (push button keyboard).

### III.2.5. TECLADOS DE MEMBRANA.

Un teclado de membrana, como se muestra en la figura III.2.5, puede diseñarse de varias formas. Las teclas eléctricamente activas de los teclados de membrana o paneles de control son diseñados como dos capas de circuitos distintos (cada una con su propia conexión); como una sola capa doblada, de manera que aparezca como dos capas; o como capas múltiples en donde se alternan capas de aisladores y de conductores.

Estos teclados, sin embargo, presentan ciertos inconvenientes, especialmente por fallas. Entre las razones por las que se ha encontrado que una membrana llega a fallar estan:

- Fallas debido a incompatibilidad de materiales.
- Fallas por encogimiento del material.
- Fallas en el material dieléctrico.

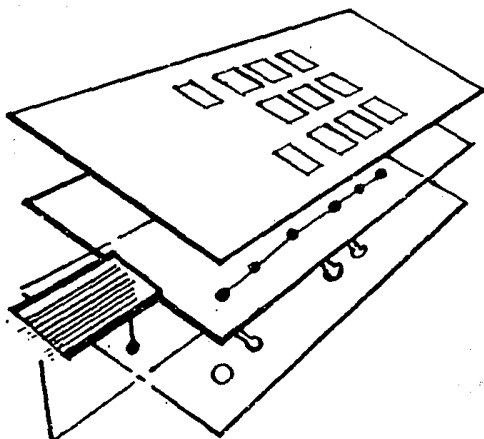


Fig.III.2.5

### III.2.6. TECLADO DE BOTONES DE PRESION.

Estos teclados tienen un amplio rango de aplicación en aparatos telefónicos, computadoras, etc.

Los contactos de botón de presión pueden ser agrupados en dos categorías: de propósito general y de bajo nivel.

De interés para su uso en los teclados son los contactos de bajo nivel, aquellos en los que una entrada manual proporciona comandos a un circuito lógico. Tienen rangos de 5 V y corrientes de sólo algunos miliamperes.

Hoy en día, los principales puntos de interés para esta tecnología son: 1) cómo manejar adecuadamente los llamados

circuitos secos, y 2) la miniaturización, debido a que, con la aparición cada vez más frecuente de equipo basado en microprocesadores, se requiere de teclados que funcionen adecuadamente con niveles de voltaje y corriente más bajos y de dimensiones más pequeñas.

En los circuitos secos, los contactos convencionales de plata no siempre funcionan de manera confiable para señales de bajo nivel. Las soluciones manejadas más comunmente para resolver este problema se describen a continuación.

Una es el uso del **efecto Hall**. Mediante este procedimiento, el botón no realiza un contacto real físico: en este caso, el actuador hace variar un magneto permanente cercano a un dispositivo de efecto Hall.

La ventaja de este tipo de contactos es que están libres de rebotes, son rápidos y con una vida útil muy grande.

Un segundo método es la utilización de contactos de presión de plata estándar, pero agregando un baño de oro sobre la plata. En este caso, la delgada capa de oro resuelve el problema; sin embargo, incrementa el costo.

La tercera posibilidad es utilizar contactos en los que se ha sustituido totalmente la plata por oro. En este caso también se incrementa el costo por cambio en los sistemas de fabricación.

Si se utiliza un teclado fabricado según las últimas dos posibilidades, es necesario asegurarse de que los contactos no serán expuestos durante su operación a voltajes y corrientes destructivos.

La figura III.2.6. es un ejemplo de un teclado de botones de presión.

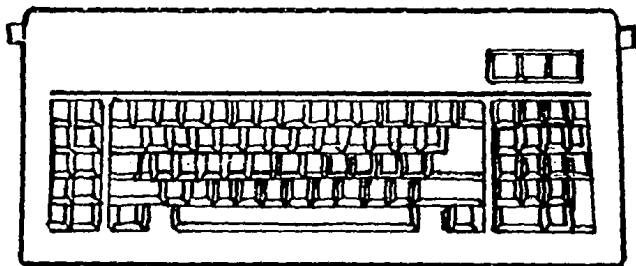


Fig. III.2.6.

### III.2.7 CONFIGURACION DEL TECLADO QUE CUMPLE CON LAS NECESIDADES EXIGIDAS POR ESTE SISTEMA.

Para tener control sobre la máquina inyectora de plástico, es necesario que nos podamos comunicar con el MCU que controla toda la operación del proceso. Ya que a través de este teclado solicitamos información al MCU para saber cuál es el estado actual de cada una de las variables de control, aparte de poder modificar los valores de referencia que tienen las variables para que el proceso no se desboque.

Con el teclado podemos leer el programa que se está corriendo permanentemente para vigilar las etapas del proceso, además de poder realizar modificaciones cuando se usan diferentes materiales termoplásticos o termoestables que tengan parámetros de temperatura y presión diferentes para cada caso.

Otra de las habilidades es monitorear completamente todo el estado del sistema como ayuda para hacer el diagnóstico de posibles fallas.

El teclado se ajusta al controlador es de matriz de 4x4, que se ajusta al número de líneas de control disponible en los puertos del MCU y que se controla por software.

La configuración de teclas queda como se muestra en la figura III.2.7.

Las teclas tienen las siguientes funciones:

TEMP : Exhibe temperatura  
 POSICION : Permite desplazar el émbolo  
 PRESION : Exhibe presiones  
 CARGA : Provoca que se cargue material  
 MANUAL : Permite operaciones manuales  
 AUTOM : Inicia la operación automática  
 TIEMPO : Exhibe los tiempos fijados  
 INY : Provoca la inyección de material  
 SET : Permite el cambio de variables  
 <-, -> : Teclas de desplazamiento  
 CLR : Limpia la pantalla  
 RUN : Comienza la operación de la máquina  
 ENTER : Introduce información al sistema  
 0-9 : Teclas para introducir valores numéricos

TEMP 0	POS 1	PRES 2	CAHA DE FUNC
MAN 3	AUTO 4	TIEM 5	INIC
SET 6	UP 7	DOWN 8	CLEAR
9	.	RUN	ENTER

Fig. III.2.7.

### III.3 SISTEMAS DE VISUALIZACION Y PREVENCION.

Un **VISUALIZADOR** es un dispositivo que le indica al usuario del estado interno de un proceso por medio de un display de **LED** o **LCD**.

#### III.3.1. DISPLAY LED.

Las siglas **LED** significan Diodo Emisor de Luz. Existen los siguientes tipos:

- Siete segmentos |  
> Sólo caracteres numéricos
- Dieciséis segmentos |
  
- Matricial de 5 x 7 |  
> Numéricos y alfanuméricos
- Matricial de 7 x 9 |

##### III.3.1.1. Principio de operación.

Este tiene inicio desde la recombinación de portadores de carga que toma lugar en la unión PN: del lado N como concentración de electrones y del lado P de huecos. Los electrones se encuentran situados en la banda de energía, mientras que los huecos están en

la banda de valencia. Por lo tanto, decimos que los electrones se encuentran en un nivel mayor de energía que los huecos, obteniendo la transformación de energía a luz y calor cuando se realiza la recombinación de éstos.

Ahora, si consideramos el material del semiconductor transparente, tendremos la emisión de luz por la recombinación mencionada. Un ejemplo de esto es el Diodo Emisor de Luz; una muestra del elemento se observa en la figura III.3.1.

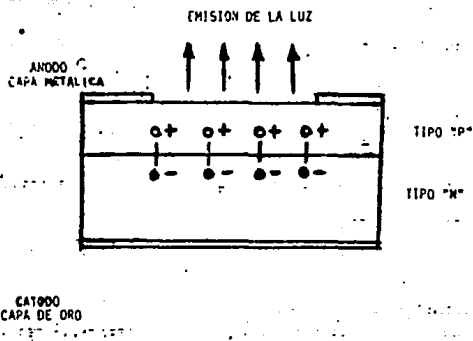


Fig. III.3.1.



### III.3.1.2. Características típicas para un display de siete segmentos.

- a) Diferencia de Voltaje : 8.4 Volts.
- b) Flujo de Corriente : 400 miliamperes.
- c) Consumo de Potencia : 400 miliwatts.
- d) Ventaja : Es visible en la oscuridad y es muy rápido.
- e) Desventaja : Consumo de potencia alto.

### III.3.2 DISPLAY LCD.

Las siglas LCD significan Display de Cristal Líquido, y se encuentra en los siguientes tipos:

- Siete segmentos.
- Dieciséis segmentos.

El primero se emplea para visualizar números y el segundo para caracteres alfanuméricos.

#### III.3.2.1. Principio de operación.

Cuando un campo eléctrico se aplica a un cristal líquido, se crea una turbulencia molecular que causa la dispersión de luz en

todas direcciones, de tal forma que las áreas activadas aparecerán brillantes. Este fenómeno es conocido como **Dispersión Dinámica**. Al cesar la acción del campo eléctrico, el cristal líquido ofrece un aspecto transparente (ver la figura III.3.2).

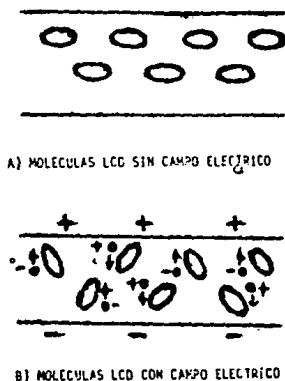


Fig. III.3.2.

Las distintas etapas que intervienen en la producción del fenómeno de dispersión dinámica están representadas esquemáticamente en la figura III.3.3. Por debajo del voltaje  $VW$  no se manifiesta ningún cambio de orientación. Cuando  $V=VW$ , el cristal se hace inestable y las moléculas se ordenan formando la estructura periódica representada en (b). Dos mecanismos son la causa de esta inestabilidad, uno de ellos corresponde al caso en que el voltaje

aplicado es continuo y el otro al caso en que dicho voltaje es alterno. Ambos mecanismos presuponen la presencia de una carga espacial en el cristal, pero se diferencian en la forma en que aparece dicha carga. Cuando el campo aplicado es alternativo, que es el caso más importante por sus aplicaciones prácticas, la separación de cargas surge normalmente al campo aplicado, como una consecuencia del carácter anisótropo de la conductividad, dando lugar, al mismo tiempo, a la aparición de fuerzas de origen eléctrico sobre las moléculas del líquido. El carácter no uniforme espacialmente de dichas fuerzas da lugar a desplazamientos del cristal líquido hacia las paredes del recinto, que son compensados por las fuerzas elásticas entre moléculas. Cuando se llega al voltaje de umbral  $VW$ , el líquido se hace inestable y aparece la distorsión periódica de la distribución de moléculas representada en (b).

Al superar el voltaje aplicado el valor del voltaje de umbral  $VW$ , el fluido se hace más turbulento progresivamente hasta llegar el voltaje al doble de  $VW$ . La intensa dispersión luminosa que acompaña a la fuerte turbulencia en el líquido, caracteriza la región de dispersión dinámica, la cual tiene lugar siempre para voltajes superiores al umbral y frecuencias inferiores a un cierto valor determinado por el cristal, llamado frecuencia de corte  $f_c$ . Esta situación corresponde a (c). La descripción dada aquí del fenómeno de dispersión dinámica está sumamente simplificada.

En definitiva, como consecuencia de la dispersión de luz causada por el fenómeno de dispersión dinámica, el cristal nemático, transparente antes de la aplicación del campo eléctrico, se enturbia tomando un aspecto lechoso.

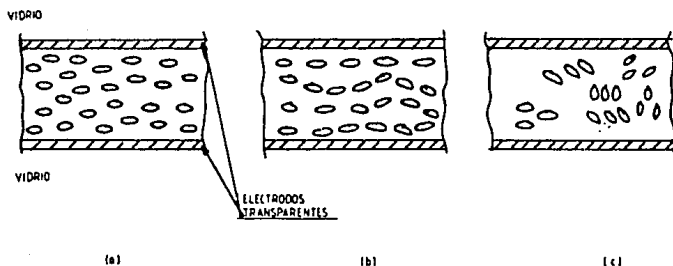
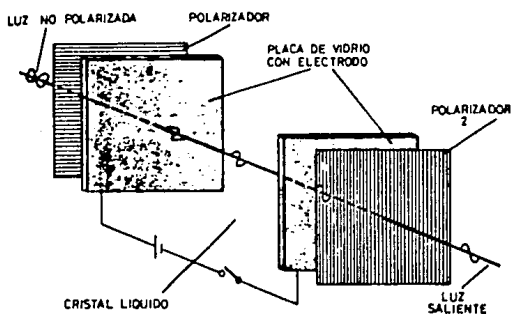


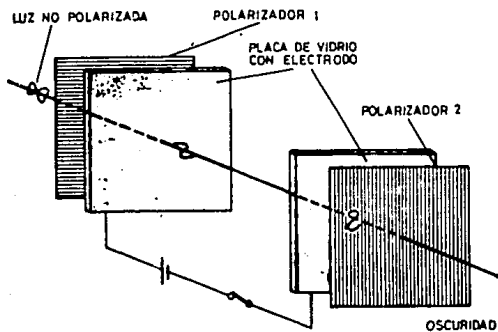
Fig. III.3.3.

Los siguientes esquemas (figura III.3.4), ilustran el funcionamiento de un cristal líquido. En (a) el material aparece sin tensión aplicada, entonces, la polarización de la luz gira  $90^\circ$ , saliendo por la zona de la derecha. En (b), con tensión no se produce ningún giro y la luz no puede atravesar el dispositivo.

El material del cristal líquido puede ser de uno o varios compuestos orgánicos los cuales exhiben las propiedades de un sólido (como retención de fluidos de un líquido).



a)



b)

Fig. III.3.4.

El cristal líquido en forma de celda se clasifica de las siguientes formas:

- Transmisivos
- Reflectivos

Los primeros responden a la estructura descrita anteriormente, en la que existen dos caras y la luz las atraviesa de un lado a otro.

Los LCD reflectivos poseen una superficie reflectante situada sobre la cara posterior, reflejando hacia adelante la luz que llega a ella. Este modelo es el más conocido dada su amplia utilización en relojes, calculadoras, etc. Una de las grandes ventajas de estos displays es su bajísimo consumo de energía, ya que, además de la baja tensión de excitación, apenas consumen corriente (algunos microamperios) por ser dispositivos electrostáticos, por lo que pueden funcionar permanentemente con pequeñas fuentes de energía como es el caso de los relojes.

La excitación suele realizarse con tensión alterna a una frecuencia de 32 Hz, ya que las tensiones continuas provocan que los electrodos se ensucien por el efecto de atracción de moléculas cargadas de impurezas que se acumularían, haciendo que se perdieran progresivamente las propiedades de transmisión de luz. Los dos tipos de LCDs se ilustran en la figura III.3.5.

Las características que es necesario considerar en la elección de estos cristales son las siguientes:

- Tensión de funcionamiento (entre 3 y 9 V eficaces).
- Frecuencia de excitación (generalmente 32 Hz).
- Corriente por  $\text{cm}^2$  (de 2 a 5 nA).
- Angulo de visión o directividad (generalmente de  $+45^\circ$  desde la vertical).

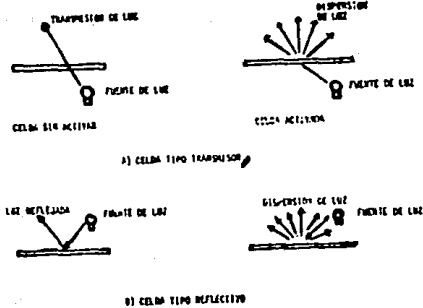


Fig. III.3.5.

### III.3.3 SELECCION Y APLICACION DEL VISUALIZADOR.

Utilizaremos displays de cristal líquido por tener:

- Excelente visibilidad.
- Bajo consumo de potencia.
- Caracteres en formato 5 x 7, alfanumérico.
- Bajo consumo de corriente.
- Rango de temperatura de 0 - 50°C.

Las ventajas de este tipo de display son: su bajo consumo de potencia, que es del orden de  $10^{-4}$  W x cm<sup>2</sup>; poseer toda la lógica incluida para poder manejarlo adecuadamente, así como exhibir un mayor número de caracteres en un menor espacio. Por otro lado, presentan una favorable curva de brillo-iluminación en comparación con otros dispositivos, según se ve en la figura III.3.6, lo que permite su empleo en lugares con fuerte iluminación (al aire libre con fuerte sol, por ejemplo) sin que disminuya el contraste brillo-opaco de su superficie. Esto se debe al hecho de que no operan con luz propia lo que constituye, por otra parte, uno de sus inconvenientes, pues no son visibles en la oscuridad.



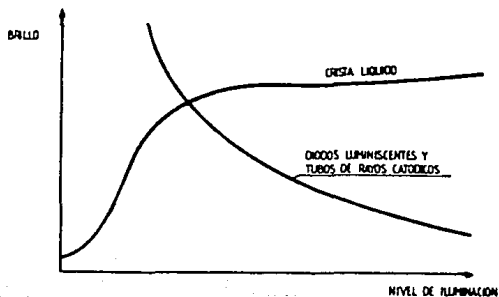
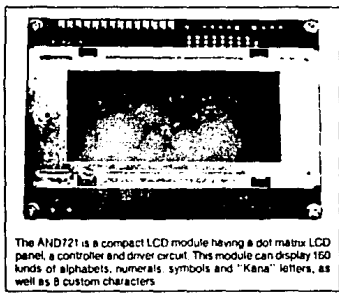


Fig. III.3.6.

Otros inconvenientes, aparte del mencionado, son que el intervalo de temperatura de utilización es reducido ( $0 - 50^{\circ}\text{C}$ ), además de que su tiempo de respuesta es muy lento (aprox. 1.4 mseg). También consideramos que nuestro visualizador estará compuesto por un display de cristal líquido de 20 caracteres por 4 líneas del tipo AND 721 (ver figuras III.3.7 y III.3.8) para visualizar los siguientes parámetros:

- Salida y retroceso del botador.
- Velocidad de inyección.
- Baja presión de cierre.
- Código de alarmas.
- Temperatura de inyección.
- Presión de inyección.
- Presión de molde.
- Temperatura de molde.

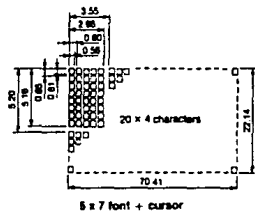


The AND721 is a compact LCD module having a dot matrix LCD panel, a controller and driver circuit. This module can display 160 kinds of alphabets, numerals, symbols and "Kana" letters, as well as 8 custom characters.

**FEATURES**

- Compact, integrated display module
- High contrast, clear display with large characters
- Low voltage, +5V single power supply
- Wide operating temperature range (0°C to +50°C)
- 5 x 7 dot character format and cursor line
- Built-in control LSI with display RAM and character generator ROM
- Direct interface to 4 or 8 bit CPU.
- 11 commands for control.
- EL backlightable module is available as an option.

**Dot Matrix Dimensions (in millimeters)**



**Mechanical Characteristics**

Item	Specification	Unit
Outline Dimension	86 W x 60 H x 12 D	mm
Character Size	2.98 W x 4.51 H	mm
Number of Characters	20 x 4 (80) Characters (5 x 7 font + cursor)	-
Viewing Area	76 W x 27 H	mm
Bezel Opening	76 W x 27 H	mm
Dot Size	0.56 W x 0.81 H	mm
Dot Pitch	0.6 W x 0.85 H	mm
Weight	approx. 65	gram

**Absolute Maximum Ratings**

Item	Symbol	Rating	Unit
Supply Voltage	V <sub>DD</sub>	7	V
Input Voltage	V <sub>IN</sub>	0 ≤ V <sub>IN</sub> ≤ V <sub>DD</sub>	V
Operating Temperature	T <sub>OP</sub>	0 to +50	°C
Storage Temperature	T <sub>STG</sub>	-20 to +70	°C

**Electrical Characteristics (T<sub>A</sub> = 25°C)**

Item	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Supply Voltage	V <sub>DD</sub>	4.75	5.0	5.25	V
	GND	-	0	-	
"H" Level Input Voltage (V <sub>IN</sub> = 5.0V)	V <sub>Ih</sub>	2.2	-	-	V
"L" Level Input Voltage (V <sub>IN</sub> = 5.0V)	V <sub>Il</sub>	-	-	0.6	V
"H" Level Output Voltage (I <sub>OL</sub> = 0.2 mA)	V <sub>Oh</sub>	2.4	-	-	V
"L" Level Output Voltage (I <sub>OL</sub> = 1.2 mA)	V <sub>Ol</sub>	-	-	0.4	V
Power Consumption	P <sub>D</sub>	-	15	-	mW

**Optical Characteristics (T<sub>A</sub> = 25°C, θ = 25°, θ = 0°)**

Item	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Viewing Angle	θ	10	25	40	degree
Contrast	K	-	3.0	-	-
Turn On Time	t <sub>ON</sub>	-	200	400	ms
Turn Off Time	t <sub>OFF</sub>	-	250	400	ms

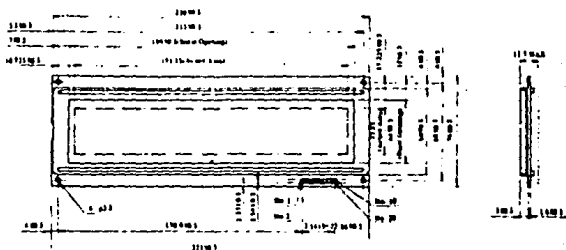
Note: Refer to Application Section for the following definitions: (a) θ and θ, (b) Viewing Angle, (c) Contrast, (d) Turn On and Turn Off Time

**Connector Pin Assignment**

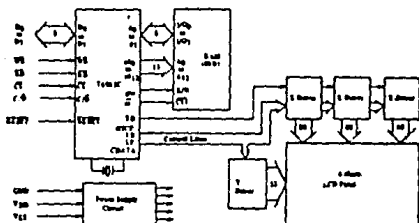
Pin No.	Signal	OV	Function
1	GND	OV	Power Supply
2	V <sub>DD</sub>	5V	
3	V <sub>D</sub>		LCD Drive Voltage (OV to V <sub>DD</sub> )
4	RS		"H" Data Input "L" Command Input
5	R/W		"H" Data Read (Module → CPU) "L" Data Write (CPU → Module)
6	E		Enable Signal
7	DB0	Data Bus	8-bit Use
8	DB1		
9	DB2		
10	DB3		
11	DB4		
12	DB5		
13	DB6		
14	DB7	4-bit Use	

Fig. III.3.7.

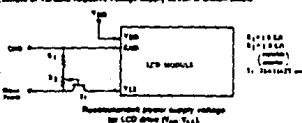
## Dimensional Outline



## Block Diagram

 AND72.1 needs two power supplies  $V_{DD}$  for logic circuit and  $V_{LCD}$  for LCD drive.

 Note: It is necessary to guard all signals from external noise on signal lines by electrically connecting to GND and not pulling up or down externally including RESET which is pulled up to  $V_{DD}$ .

(Example of various negative voltage supply circuit is shown below)


 As LCD panel is driven by the voltage of  $V_{DD}$ - $V_{EE}$ , adjustable  $V_{EE}$  is required for contrast control and temperature compensation.

Temperature (°C)	$V_{DD}$ - $V_{EE}$ (V)
0	11.5
25	10.0
50	8.5

Note: Please refer to the manual see graphic LCD interface application note. Only operations meeting with test should be considered.

Fig. III.3.8.

### III.3.4 PREVENCIÓN

El Sistema de Prevención tendrá la función de avisar al usuario de un posible mal funcionamiento de un proceso. En caso de emergencia, el proceso será interrumpido para prevenir la detección del daño causado.

Para llamar la atención del operador en caso de alarma, el sistema hará sonar un zumbador y encenderá una lámpara que exhibe un mensaje de alerta en el display e indica el funcionamiento de la máquina (ver figura III.3.9).

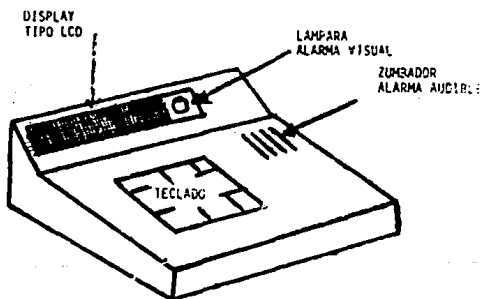


Fig. III.3.9.

### III.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y ADQUISICION DE DATOS

Existen tres razones para establecer un control del proceso que son:

- Mejorar los parámetros de repetibilidad.
- Mejorar la precisión del las variables.
- Seleccionar un grupo de parámetros que influyan en la ganancia del proceso para controlar las variables del proceso.

En base a estos puntos se propone el siguiente sistema de control y adquisición de datos, cuya parte central es el microcontrolador MC68705R3. Esto se muestra en la figura III.4 en donde se observa un diagrama a bloques, que consiste en:

- Sistema de Visualización Digital a través de una pantalla de cristal liquido AND721 de 4 líneas, cada una de 20 caracteres.
- Sistema de teclado de membrana de 16 teclas cuya finalidad es accesar datos de; temporizadores, presiones, temperatura y posición. Ajuste de setpoints, puesta en marcha del proceso en modo automático o manual.
- Sistema de Multiplexaje, que básicamente accesa las variables de tipo analógico para su posterior procesamiento digital a través de un convertidor analógico-digital.

- Sistema de Codificación, es un codificador de 8 entradas y tres salidas, dependiendo del numero de entrada que se active produce una salida digital de tres bits para ser procesada a través del puerto B del microcontrolador.
- Sistema de Demultiplexaje, realiza el multiplexeo de las señales de salida que habilitan las válvulas y señales de alarma, dependiendo de las entradas al sistema se transmite un código binario a través del puerto C.

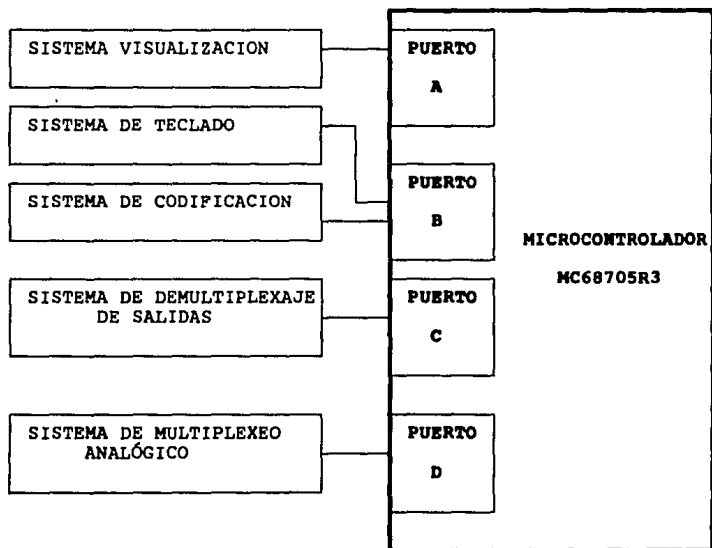


Figura III.4

### III.4.1 DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL Y ACCESO DE DATOS

#### - SISTEMA DE VISUALIZACION DIGITAL

Es una pantalla digital de cristal liquido en la que se despliega información de:

- PRESION
- TEMPERATURA
- POSICION
- TIEMPO
- ALARMAS
- ENTRADAS Y SALIDAS ENCENDIDAS
- MODO DE OPERACION DE LA MAQUINA: AUTOMÁTICO O MANUAL
- DESPLIEGUE DE LA SECUENCIA DEL PROCESO

Esto se logra con la pantalla AND721, las características técnicas son:

- Modulo de Despliegue integrado y compacto
- Alto contraste
- Baja alimentación utilizando un voltaje de + 5 volts
- Rango de temperatura de operación de 0 °C a + 50 °C
- Carácter de 5x7 dots y cursor tipo línea
- Tecnología LSI
- Generador de caracteres ROM
- Interfase directo a través de 4 u 8 bits



El diagrama interno del modulo se muestra en la figura III.4.1

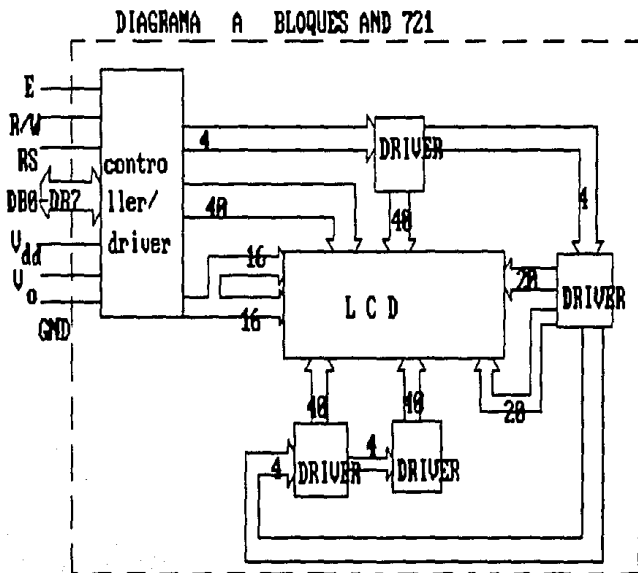


Figura III.4.1

Se utilizan 4 líneas del puerto A para la transmisión de datos, una línea para leer y escribir del CPU al Módulo o viceversa, una línea de entrada de dato/comando y alimentación.

El despliegue de la información y transmisión de datos se efectúa a través del puerto A del microcontrolador y es efectuada con una subrutina que se da en el capítulo III.5.

**- SISTEMA DE TECLADO DE MEMBRANA**

Consiste de 16 teclas como se observa en la figura III.4.2

	<b>TEMPERATURA</b>	<b>POSICION</b>	<b>PRESION</b>	<b>CARGA</b>
Y1	0	1	2	ESC
	<b>MANUAL</b>	<b>AUTOMATICO</b>	<b>TIEMPOS</b>	<b>INYECCION</b>
Y2	3	4	5	INICIO
	<b>SET</b>	<b>IZQUIERDA</b>	<b>DERECHA</b>	<b>CLEAR</b>
Y3	6	7	8	
Y4	9		<b>RUN</b>	<b>ENTER</b>
	X1	X2	X3	X4

Figura III.4.2

Al oprimir la tecla de segunda función se tiene acceso a las funciones superiores: temperatura, presión, posición, tiempos, modo de operación, ajuste de setpoints y avance hacia la izquierda o hacia lo derecha.

Se tienen 4 renglones y 4 columnas que van conectadas a un circuito integrado MM74C922, que es un decodificador de 16 teclas de tecnología CMOS. El scan del teclado es generado a través de un capacitor externo o una señal de reloj externa. Contiene circuitería interna para eliminar los rebotes. La salida de dato disponible es alta cuando una tecla es oprimida y regresa a un nivel bajo cuando es liberada la tecla, aun si en ese momento se oprime otra tecla. Contiene un registro interno que recuerda la última tecla oprimida, aun después de liberarla.

Son salidas de tres estados, esto se muestra en el Diagrama General de Control figura III.V.6.

#### **- SISTEMA DE MULTIPLEXAJE**

Contiene un multiplexor analógico digital CD4053 es de 4 canales con las siguientes características:

- Switches analógicos controlados digitalmente, teniendo una baja impedancia en modo "ON", y baja corriente en "OFF".
- Rango de entrada 15 Vp-p
- Resistencia típica de 80  $\Omega$  en modo "ON"
- Resistencia alta en modo "OFF"
- Corriente de fuga aprox.  $\pm$  10 pA en modo "OFF"

- Rango de temperatura de operación: -40 °C a +85 °C
- Retardo de propagación de la señal de entrada a la salida 15 ns.
- Voltaje de entrada de nivel bajo con Vdd=5 V; 1.5 V
- Voltaje de entrada de nivel alto con Vdd=5 V; 3.5 V

Las señales analógicas son multiplexadas por las líneas A y B a través del puerto D, este puerto contiene un convertidor analógico-digital que es el encargado de efectuar la conversión, utilizando la técnica de aproximaciones sucesivas, para efectuar una conversión se requiere de 30 ciclos de máquina aprox. 33 ns.

Cuando la conversión se finaliza, la muestra digitalizada es colocada en el registro de resultados (ARR) del microcontrolador y el bit de bandera se activa. Se requieren dos voltajes de referencia para definir el rango del valor digitalizado: VRH=5 V para convertir a \$FF (a plena escala) y VRL=0 V para convertir a \$00.

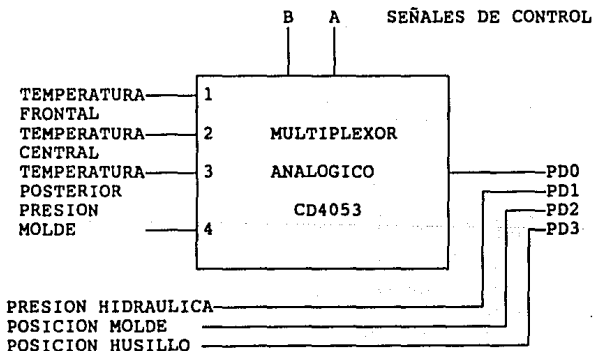


Figura III.4.3

## - SISTEMA DE CODIFICACION DE ENTRADAS

Consiste en un arreglo de circuitos lógicos que dependiendo de la entrada que se active, a su salida se obtiene un arreglo de tres bits y de acuerdo a su estado, son procesadas en el microcontrolador para habilitar y deshabilitar las señales de salida a las válvulas de control de la máquina inyectora. Se tienen las siguientes entradas:

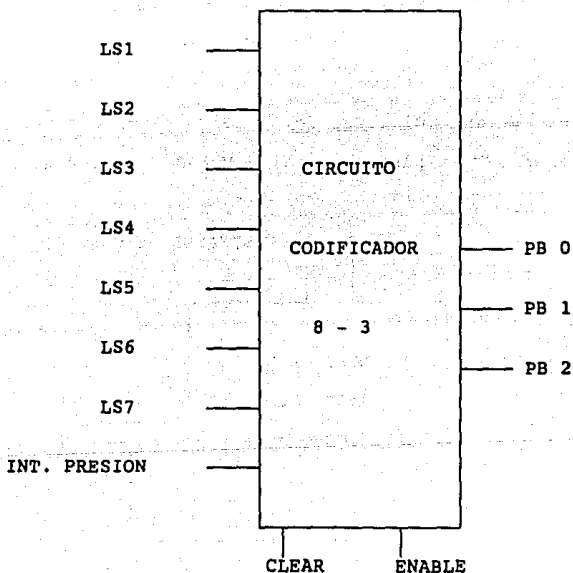


Figura III.4.4

Donde:

LS1: es un sensor de proximidad que es activado cuando regresa la boquilla a su posición inicial.

LS2: es un sensor de proximidad que es activado cuando se finaliza la apertura del molde.

LS3: es un sensor de proximidad que indica el momento en que entra la presión baja al sistema.

LS4: es un sensor de proximidad que se activa cuando el molde esta completamente cerrado.

LS5: es un sensor de proximidad que se activa al realizarse el sostenimiento de la inyección.

LS6: es un sensor de proximidad que se activa para efectuar la descompresión del material.

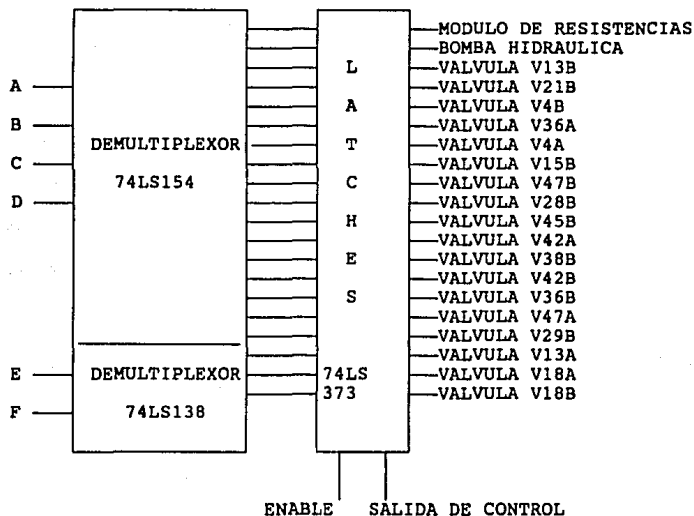
LS7: es un sensor de proximidad que indica cuando el material es expulsado del molde.

INT. PRESION: es un presóstato cuyos contactos se abren cuando el valor de la presión no es igual a la presión de calibración del presóstato, el valor de la presión de calibración es de 10 bar.

#### **- SISTEMA DE DEMULTIPLEXAJE DE SALIDAS**

Se controlan 20 salidas a través de este sistema por lo que se recurrió a este circuito de control, se tienen dos demultiplexores uno que es el 74LS154 y un 74LS138. El primero es de 4x16 y el

segundo es de 3x8, en la siguiente figura III.4.5 se muestra:

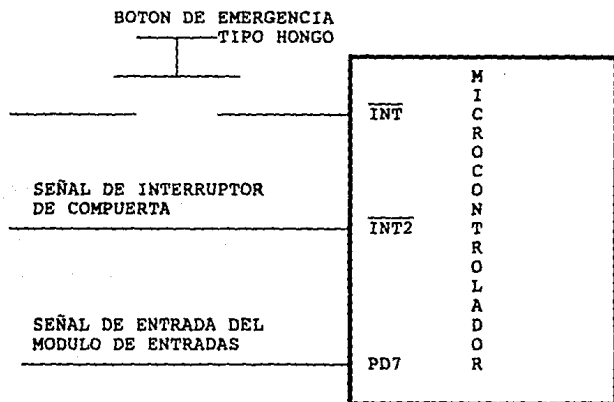


Cada vez que se activa una señal de entrada se genera un código de salida el cual se manda a través del puerto C, pero primero se manda a un nivel alto a la salida de control del los latches esto con el fin de tener alta impedancia en las válvulas, después se manda un nivel alto a los latches para habilitarlos y se manda el código generado por el microcontrolador, para mandar después un nivel bajo y tener salida de los latches (que es el código de salida), inmediatamente se deshabilitan los latches para

que presenten el estado anterior. Esto se repite cada vez que se activa una señal de entrada.

### - SEÑALES ADICIONALES

Estas consisten en las interrupciones y paro de emergencia: gráficamente tenemos lo siguiente:



La señal de emergencia esta conectada a Vcc, cuando el boton de paro de emergencia es presionado indica que se necesita interrumpir o parar el ciclo de la máquina, cuando esta acción es llevada a cabo la entrada INT es llevada al estado "0", deshabilitando todas las salidas por lo que el ciclo automáticamente se parará y se activará una señal visual; una lampara para indicar que existe un paro de emergencia.



Una vez que se vuelva a iniciarse el ciclo de la máquina, se iniciara ya sea manual o en automático .

La señal de INT2 se activará cuando el interruptor de seguridad de la compuerta no se cierre, esto es una norma de seguridad tanto para el operador como para la máquina.

La señal PC 7 es una entrada al microcontrolador de interrupción y es activada con cualquiera de los sensores de proximidad, o cuando el valor de la presión de grapado es alcanzada al valor establecido.

#### III.4.2 SECUENCIA DE OPERACION AUTOMATICO/MANUAL

A continuación se describe los pasos que se deben seguir al iniciarse un ciclo de operación de la máquina inyectora en operación automática y manual, así como el despliegue de información y señales de entradas y salidas.

El primer paso es cerrar el interruptor general, que es el de alimentación principal a la máquina, una vez cerrado se energiza al microcontrolador. Después se oprimira el boton de inicio en el teclado, teniendo el siguiente estado de entradas y salidas

##### ENTRADAS

Boton de Inicio

##### SALIDAS

Se activa salida de alimentación a las resistencias.

Cuando se activa esta señal se monitorea la temperatura en el barril y se esta comparando con el valor almacenado en memoria, una

vez alcanzado la temperatura de operación se desplegará un mensaje en pantalla, indicando que la máquina se encuentra lista, y se activará la señal de salida para energizar a la bomba hidráulica. Durante el proceso anterior se deshabilitará el teclado ya que una tecla que se oprima equivocadamente repercutira en un mal funcionamiento de la máquina.

Cuando se energize la bomba se desplegará "MOTOR ENCENDIDO" y la presión del fluido. Finalizado este paso la siguiente tecla a oprimir es la de selección del modo de operación de la máquina, con el boton de manual o automático. Si se selecciona en modo automático se debiera verificar que las siguientes entradas estén activas: LS9, LS1 e INT2 este alta.

Verificado este punto se oprimirá el boton de RUN el cual iniciará el ciclo de operación de la máquina.

Básicamente se tendrá una secuencia de encendido y apagado de válvulas en cada fase del ciclo dependiendo de la entrada que se active y esto se muestra simplificado a continuación:

#### -PRIMERA FASE DE GRAPADO

- SE ACTIVA VALVULA DE CIERRE DE MOLDE V13B
- SE ACTIVA VALVULA DE PISTON ATRAS V21B
- SE ACTIVA VALVULA DE ALTA PRESION V4B

#### -AL LLEGAR A LS3 SE EFECTUA LA SEGUNDA FASE DE GRAPADO

- SE ACTIVA EL PISTON DE AMORTIGUAMIENTO V28B
- SE ACTIVA LA VALVULA DE BAJA PRESION V4A

- SE DESACTIVA LA VALVULA DE ALTA PRESION V4B
- AL LLEGAR A LS4 SE EFECTUA LA TERCERA FASE DE GRAPADO Y SE LLEVA A CABO SIMULTANEAMENTE EL AVANCE DE LA BOQUILLA
  - SE DESACTIVA VALVULA DE PISTON ATRAS V21B
  - SE DESACTIVA VALVULA DE BAJA PRESION V4A
  - SE ACTIVA VALVULA DE PRESION DE GRAPADO V15B
  - SE ACTIVA VALVULA DE ALTA PRESION V4B
  - SE ACTIVA VALVULA DE AVANCE DE BOQUILLA V47B
- AL ALCANZAR LA PRESION DE GRAPADO SE CIERRA EL PRESOSTATO Y DESACTIVA VALVULA DE AVANCE DE BOQUILLA V47B
- UNA VEZ ALCANZADO LA PRESION DE GRAPADO SE LLEVA A CABO LA INYECCION DEL MATERIAL
  - SE ACTIVA UN TIEMPO TM1
  - SE ACTIVA VALVULA DE INYECCION ADELANTE V36B
  - SE ACTIVA VALVULA V45B
  - SE DESACTIVA VALVULA DE PRESION DE GRAPADO V15B
- AL LLEGAR A TOCAR LS5 SE CAMBIA A UNA PRESION MENOR
  - SE ACTIVA VALVULA DE SEGUNDA PRESION V42A
- AL TERMINAR TM1 TIEMPO DE INYECCION
  - SE ACTIVA UN TIEMPO TM2
  - SE DESACTIVA VALVULA DE INYECCION ADELANTE V36B
  - SE DESACTIVA VALVULA V45B

- SE DESACTIVA V42A
- AL TERMINAR TM2 SE EFECTUA LA CARGA DEL MATERIAL
  - SE ACTIVA VALVULA DE AVANCE DE HUSILLO V38B
  - SE ACTIVA V42B
  - SE ACTIVA V45B
- CUANDO EL HUSILLO TOCA A LS8
  - ACTIVA UN TIEMPO TM3
  - SE DESACTIVA VALVULA DE AVANCE DE HUSILLO V38B
  - SE DESACTIVA V42B
  - SE ACTIVA V36A
  - SE ACTIVA VALVULA 47A
- UNA VEZ TERMINADO TM3
  - SE DESACTIVA V45B
  - SE DESACTIVA V36A
- CUANDO LA BOQUILLA TOCA LS1 SE EFECTUA LA DESCOMPRESION DEL GRAPADO
  - SE DESACTIVA V47A
  - SE ACTIVA UN TIEMPO TM4
  - SE ACTIVA V15B
  - SE ACTIVA VALVULA V29B
- AL TERMINAR TM4 SE INICIA LA APERTURA LENTA
  - SE ACTIVA UN TIEMPO TM5

- SE DESACTIVA V13B

- SE ACTIVA V13A

-AL TERMINAR EL TIEMPO TMS

- SE ACTIVA VALVULA DE PISTON CAMBIO ATRAS V21B

-AL TOCAR LS2

- SE DESACTIVA V13A

- SE DESACTIVA V15B

- SE DESACTIVA V29B

- SE ACTIVA V18B DE AVANCE DE BOTADOR

-CUANDO EL BOTADOR TOCA A LS7

- SE DESACTIVA V18B

- SE ACTIVA V18A

- SE ACTIVA V4B

- SE ACTIVA V2B

Una vez alcanzado LS7 el sistema completará un ciclo en forma automática y se reiniciará nuevamente al estar en la posición de automático.

## OPERACION MANUAL

Estando el selector en operación manual, solamente se tiene acceso a los movimientos en forma manual, esto implica que podemos mover el husillo hacia adelante o hacia atrás, abrir los moldes o cerrarlos, posicionar la boquilla adelante o atrás e inyectar manualmente. Este modo de operación es principalmente utilizado por los operadores para calibrar las posiciones del pistón y del husillo, así como ajustar la cantidad de material que se inyecta y ajustar los tiempos de enfriamiento, inyección, sostenimiento, etc.

Una vez realizado los ajustes, los nuevos valores serán introducidos hacia el control del microcontrolador para efectuar el ciclo automático de la máquina de inyección de plástico.

Independientemente de la operación de la máquina se tienen 18 válvulas hidráulicas que son controlados por el microcontrolador, a través del puerto C, estas son:

- VALVULA 4A    válvula de baja presión al sistema.
- VALVULA 4B    válvula de alta presión al sistema.
- VALVULA 13A    válvula de abertura de molde.
- VALVULA 13B    válvula de cierre de molde.
- VALVULA 15B    válvula de presión de grapado.
- VALVULA 18A    válvula de expulsión atrás.
- VALVULA 18B    válvula de expulsión adelante.
- VALVULA 21B    válvula de pistón cambio atrás.

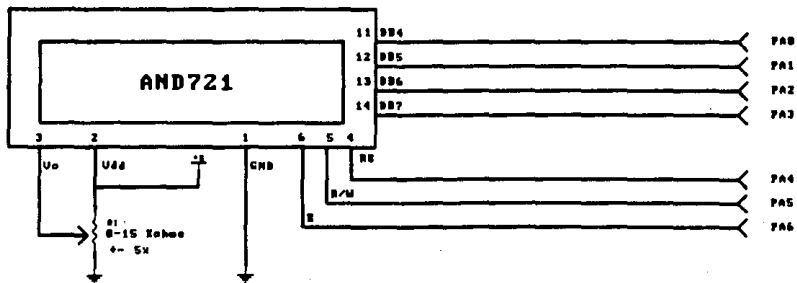
- VALVULA 28B válvula de amortiguamiento.
- VALVULA 29B válvula de descompresión de grapado.
- VALVULA 36A válvula de inyección atras.
- VALVULA 36B válvula de inyección adelante.
- VALVULA 38B válvula de avance de husillo.
- VALVULA 42A válvula de segunda presión de inyección.
- VALVULA 42B válvula de contrapresión al cargar.
- VALVULA 45B válvula de descompresión de inyección.
- VALVULA 47A válvula de boquilla adelante.
- VALVULA 47B válvula de boquilla atras.

Algunas de estas válvulas comandan pistones de simple efecto que son controladas por una bobina de la válvula, y regresan a su posición inicial a través de un resorte, los otros pistones son de doble efecto, esto quiere decir que para cambiar el movimiento de un pistón se requiere energizar una bobina y la otra no debiera estar energizada y viceversa si se quiere cambiar de dirección el movimiento del vástago del pistón.

El digrama hidráulico de la máquina se muestra en el tema II.3, en donde se encontrará la simbología empleada en máquinas de inyección.

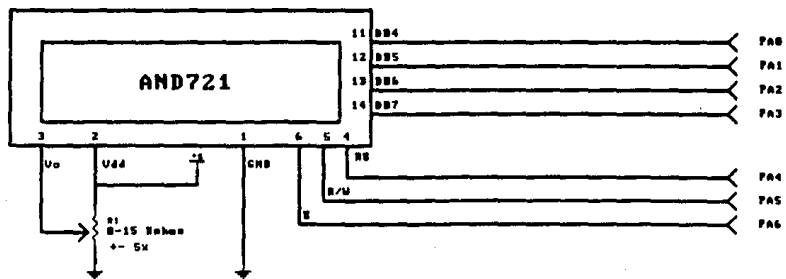
En las siguientes páginas se anexan los diagramas del hardware de interfase y control utilizando el microcontrolador MCU68705R3.

## SISTEMA DE VISUALIZACION DIGITAL

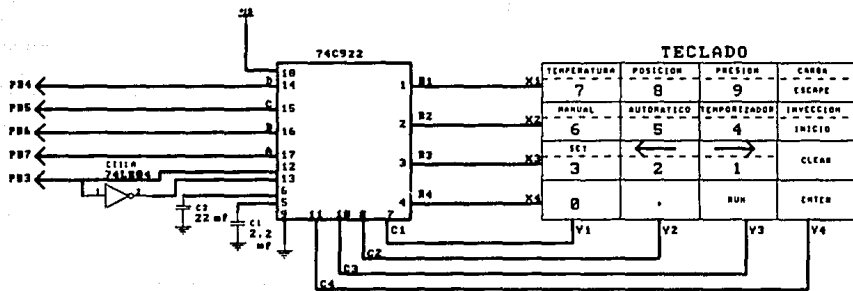




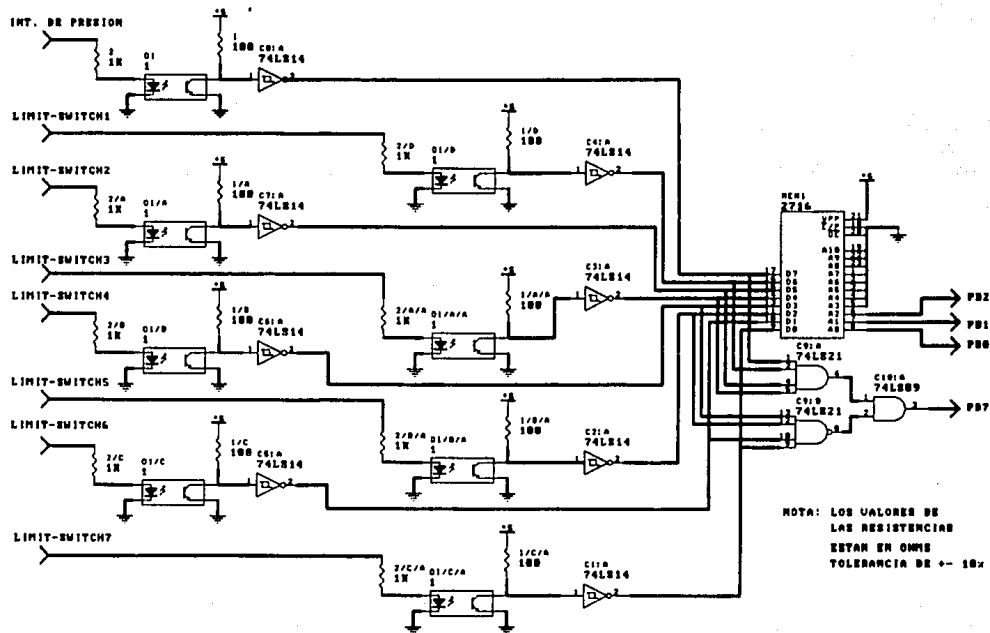
## SISTEMA DE VISUALIZACION DIGITAL



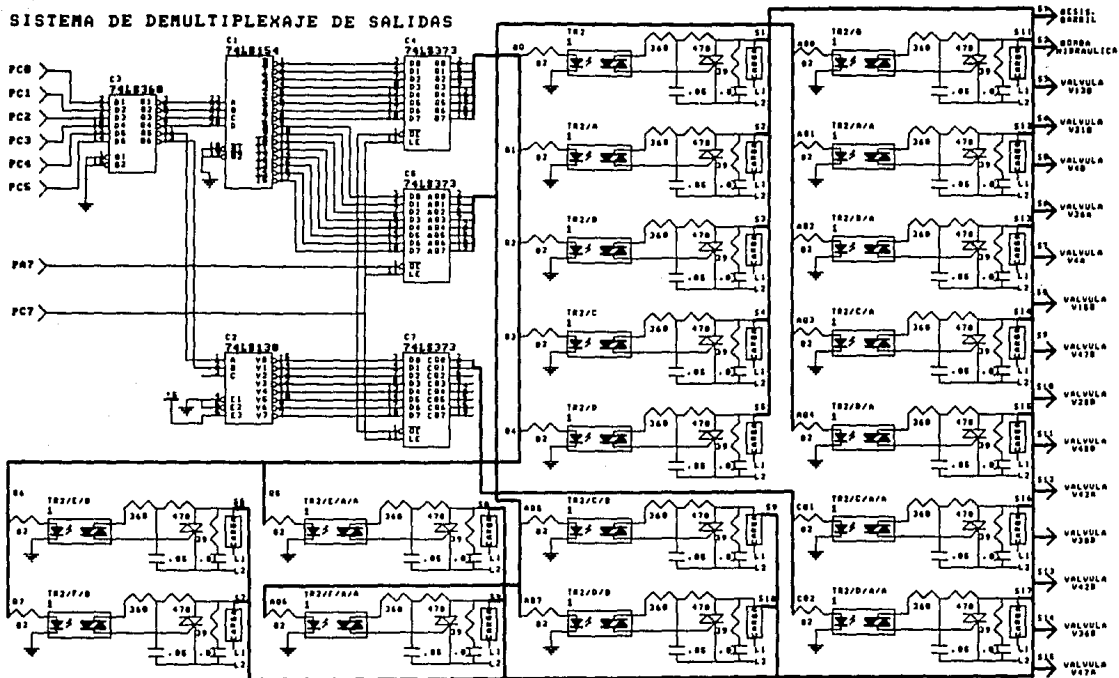
### DIAGRAMA DE CONEXION E IDENTIFICACION DEL TECLADO



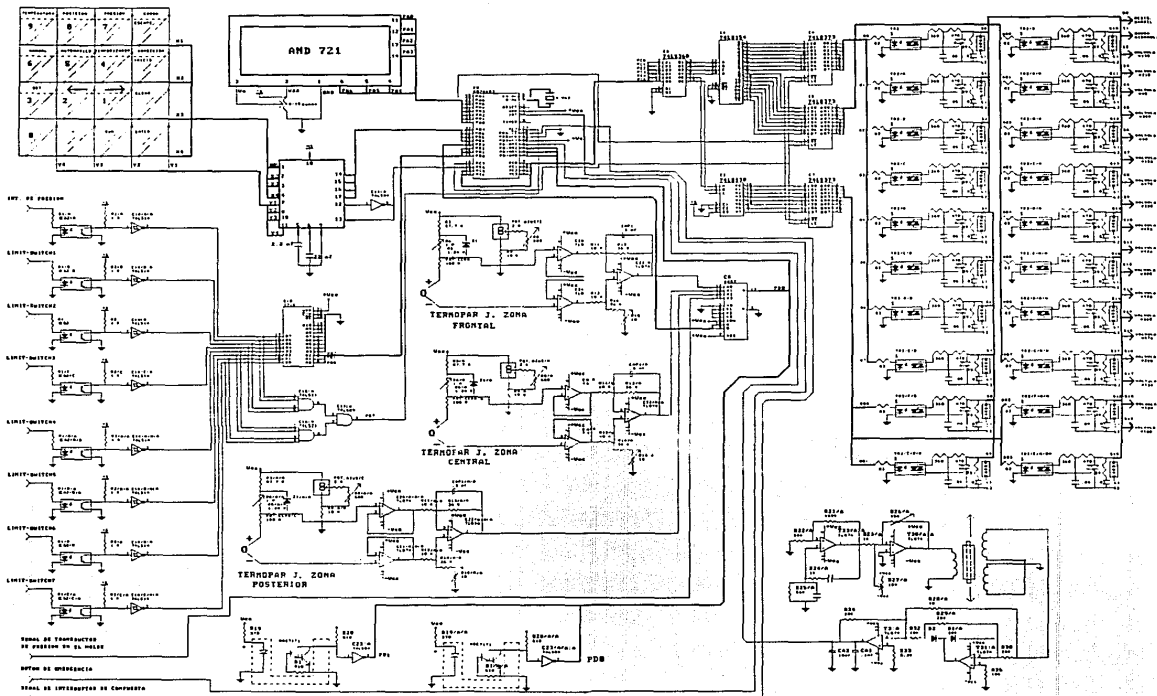
### DIAGRAMA DE DECODIFICACION DE ENTRADAS



# SISTEMA DE DEMULTIPLEXAJE DE SALIDAS



NOTA: LOS VALORES DE LAS RESISTENCIAS ESTAN EN OHME Y CAPACITORES EN MICROFARADE



NOTA: LOS VALORES DE LAS RESISTENCIAS ESTAN EN KILO OHMS. EL DE LOS CAPACITORES EN MICROFARADS



### III.5 DESARROLLO DEL SOFTWARE NECESARIO PARA EL CONTROL, VISUALIZACION Y ADQUISICION DE DATOS PARA CADA UNO DE LOS SISTEMAS.

Como se mencionó al principio de este capítulo, el sistema de control está basado en el circuito MCU-68705-R3, cuyas características permitieron configurar fácilmente la estructura del sistema, de manera que pudieran separarse las distintas funciones requeridas por el proceso en los diferentes puertos del microcontrolador.

El puerto A se usa para el manejo del display de cristal líquido, el puerto B controla el teclado y detecta las señales de cambios en el proceso, el puerto C maneja los multiplexores de salidas y el de entradas analógicas y el puerto D está dedicado al monitoreo de las variables analógicas involucradas.

El programa de control contempla cuatro etapas principales:

#### 1) Etapa inicial.

En esta etapa se establecen las condiciones del proceso, se preparan los puertos para desempeñar su función, se preparan las válvulas para iniciar el proceso y se espera la indicación del operador, quien selecciona cuál será la etapa siguiente: Operación manual, Proceso automático, o modificación de las variables del proceso.

2) Etapa de proceso automático.

En esta etapa el programa de control se encarga de ejecutar el proceso en forma totalmente automática. Durante la ejecución, es posible visualizar las condiciones establecidas para el proceso y los parámetros del mismo, además, se tiene la opción de interrumpir la ejecución y continuar posteriormente en forma manual automática.

3) Etapa de proceso interrumpido.

Estando en etapa de proceso interrumpido, se pueden visualizar las condiciones establecidas, y de esta manera decidir si se continua en modo automático, en modo manual o si se aborta la ejecución.

4) Etapa de modificación de condiciones.

En esta etapa se puede modificar las condiciones iniciales de temperatura, presión y tiempos, estableciendo nuevas condiciones de proceso. Esto permite ejecutar en forma automática procesos de inyección con condiciones especiales.



```

;*****
;*
;*   PROGRAMA PARA LA AUTOMATIZACION DEL
;*   PROCESO DE UNA MAQUINA DE INYECCION
;*   DE PLASTICOS USANDO EL MICROCONTRO-
;*   TROLADOR MCU-68705-R3
;*
;*
;*   UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
;*   FACULTAD DE INGENIERIA
;*
;*   AGOSTO DE 1991
;*
;*****
;
;*****
;*
;*   DEFINICION DE VARIABLES Y ETIQUETAS
;*
;*****
;
= 0000    PORTA    EQU    0           ;Registro de datos del Puerto A
= 0001    PORTB    EQU    1           ;Registro de datos del Puerto B
= 0002    PORTC    EQU    2           ;Registro de datos del Puerto C
= 0003    PORTD    EQU    3           ;Registro de datos del Puerto D
= 0004    DDRA     EQU    4           ;Registro de control del Puerto A
= 0005    DDRB     EQU    5           ;Registro de control del Puerto B
= 0006    DDRC     EQU    6           ;Registro de control del Puerto C
= 0008    TDR      EQU    8           ;Registro de datos del Timer
= 0009    TCR      EQU    9           ;Registro de control del Timer
= 000A    MR       EQU    $A          ;Registro miscelaneo.
= 000E    ADCR     EQU    $E          ;Registro de control del Puerto D
= 000F    ADRR     EQU    $F          ;Registro de datos del Puerto D
;
;
0010      ORG      $10
;
0010 00    CENTENAS DB    0           ;Registro para desplegar
;centenas.
0011 00    DECENAS  DB    0           ;Registro para desplegar decenas.
0012 00    UNIDADES DB    0           ;Registro para desplegar
;unidades.
0013 00    ALMACENA DB    0           ;Registro para almacenar
;temporalmente.
0014 00    MODIFIC1 DB    0           ;Registro 1 de banderas de
;modificacion.
0015 00    MODIFIC2 DB    0           ;Registro 2 de banderas de
;modificacion.

```

0016 00	ETAPA	DB	0	;Registro de banderas para ;indicar la etapa del proceso.
0017 00	BITDESAL	DB	0	;Almacena la direccion del bit de ;salida.
0018 00	SALIDA1	DB	0	;Primer byte de salidas.
0019 00	SALIDA2	DB	0	;Segundo byte de salidas.
001A 00	SALIDA3	DB	0	;Tercer byte de salidas.
001B 00	DATO	DB	0	;Registro para almacenar dato ;de conversion A/D.
001C 00	CONTADO1	DB	0	;Contador de uso general.
001D 00	CONTADO2	DB	0	;Contador de uso general.
001E 00	CONTADO3	DB	0	;Contador de uso general.
001F 00	TIEMPO	DB	0	;Registro para modificar tiempos.
0020 00	PASOSIG	DB	0	;Registro para almacenar ;direccion del siguiente paso ;de la rutina de modo automatico.
0021 00	REGTEMP1	DB	0	;Registro digital de TEMP1.
0022 00	REGTEMP2	DB	0	;Registro digital de TEMP2.
0023 00	REGTEMP3	DB	0	;Registro digital de TEMP3.
0024 00	REGTEMP4	DB	0	;Registro digital de TEMP4.
0025 00	REGTEMP5	DB	0	;Registro digital de TEMP5.
0026 00	REGPMOL	DB	0	;Registro digital de P.MOL.
0027 00	REGPHIDR	DB	0	;Registro digital de P.HIDR.
	/			
	/			
	/			
0030	ORG		\$30	;Tabla de registros de ;condiciones de estado.
	/			
= 0030	REGCON	EQU	\$30	;Apuntador al inicio de la tabla ;de registros de estado.
	/			
0030 00	TEMP1	DB	0	;Registro de temperatura de la ;zona posterior del barril de ;plastificacion.
0031 00	TEMP2	DB	0	;Registro de temperatura de la ;zona media del barril de ;plastificacion.
0032 00	TEMP3	DB	0	;Registro de temperatura de la ;zona anterior del barril de ;plastificacion.
0033 00	P.HIDR	DB	0	;Registro de presion hidraulica.
0034 00	P.MOL	DB	0	;Registro de presion en el molde.
0035 00	POSHUS	DB	0	;Registro de posicion del ;husillo.
0036 00	POSMOL	DB	0	;Registro de posicion del molde.
0037 00	TIME1	DB	0	;Registro de tiempo 1.
0038 00	TIME2	DB	0	;Registro de tiempo 2.
0039 00	TIME3	DB	0	;Registro de tiempo 3.
003A 00	TIME4	DB	0	;Registro de tiempo 4.
003B 00	TIME5	DB	0	;Registro de tiempo 5.
003C 00	CARACTER	DB	0	;Registro que guarda el codigo ;ASCII del caracter a escribir ;en el display.

```

003D 00      CARACMSB DB      0      ;Registro que guarda los 4 bits
;mas significativos de CARACTER.
003E 00      CARACLSB DB      0      ;Registro que guarda los 4 bits
;menos significativos de
;CARACTER.
003F 00      DSREGSEL DB      0      ;Registro donde se indica al dis-
;play que accion debe ejecutar.
0040 00      POINTER  DB      0      ;Registro que apunta al caracter
;siguiente de un mensaje a des-
;plegar en la pantalla.
0041 00      MONITOR1 DB      0      ;Registro que indica que las
;variables de control tienen el
;valor adecuado.
0042 00      SBRMANU1 DB      0      ;Registro que indica que menu
;de la rutina manual se va a
;exhibir.
;
;
;
0050          ORG      $50          ;Tabla de condiciones iniciales.
;
= 0050      CONINI  EQU      $50          ;Apuntador al inicio de la tabla
;de condiciones iniciales.
;
0050 00      TEM1INI  DB      0      ;Temperatura 1 (      C).
0051 00      TEM2INI  DB      0      ;Temperatura 2 (      C).
0052 00      TEM3INI  DB      0      ;Temperatura 3 (      C).
0053 00      PHIDINI  DB      0      ;Presion hidraulica (      psi).
0054 00      PMOLINI  DB      0      ;Presion del molde (      psi).
0055 00      POHUSINI DB      0      ;Posicion del husillo (      cm.).
0056 00      POMOLINI DB      0      ;Posicion del molde (      cm.).
0057 00      TIME1INI DB      0      ;Tiempo 1 (      seg.)..
0058 00      TIME2INI DB      0      ;Tiempo 2 (      seg.).
0059 00      TIME3INI DB      0      ;Tiempo 3 (      seg.).
005A 00      TIME4INI DB      0      ;Tiempo 4 (      seg.).
005B 00      TIME5INI DB      0      ;Tiempo 5 (      seg.).
;
;
;
;*****
;*
;*          MAPA DE MEMORIA PARA DECODIFICACION
;*          DEL TECLADO
;*
;*
;*****
;
0060          ORG      $60
;
= 0060      CODIGO  EQU      $60          ;Apuntador a la tabla de
;codigos del teclado.
;
0060 00      CODIGOO  DB      $00          ;Codigo de la tecla "0"
0061 01      CODIGO1  DB      $01          ;Codigo de la tecla "1"

```

```

0062 02      CODIGO2  DB      $02      ;Codigo de la tecla "2"
0063 03      CODIGO3  DB      $03      ;Codigo de la tecla "3"
0064 04      CODIGO4  DB      $04      ;Codigo de la tecla "4"
0065 05      CODIGO5  DB      $05      ;Codigo de la tecla "5"
0066 06      CODIGO6  DB      $06      ;Codigo de la tecla "6"
0067 07      CODIGO7  DB      $07      ;Codigo de la tecla "7"
0068 08      CODIGO8  DB      $08      ;Codigo de la tecla "8"
0069 09      CODIGO9  DB      $09      ;Codigo de la tecla "9"
006A 0A      CODIGOA  DB      $0A      ;Codigo de la tecla "A"
006B 0B      CODIGOB  DB      $0B      ;Codigo de la tecla "B"
006C 0C      CODIGOC  DB      $0C      ;Codigo de la tecla "C"
006D 0D      CODIGOD  DB      $0D      ;Codigo de la tecla "D"
006E 0E      CODIGOE  DB      $0E      ;Codigo de la tecla "E"
006F 0F      CODIGOF  DB      $0F      ;Codigo de la tecla "F"
;
;
;
;*****
;*                               *
;*          RUTINAS DE PRUEBA   *
;*                               *
;*****
;
;*****
;*                               *
;*          RUTINA PARA PRUEBA DE MEMORIA RAM *
;*                               *
;*****
;
0080                ORG      $80
0080 9C      PORESET  RSP                ;Inicializa el stack pointer.
0081 9A                CLI                ;Habilita las interrupciones.
0082 A6AA      LDA      #$AA
0084 200A      BRA      FILLR            ;Salta a la rutina de llenado
0086 A655      TEST2   LDA      #$55      ;de localidades de memoria
0088 2006      BRA      FILLR            ;con los valores de prueba
;AA y 55
;
;
;*****
;*                               *
;*          RUTINA PARA LLENADO DE LAS LOCALIDADES *
;*          DE MEMORIA DURANTE LA PRUEBA DE RAM *
;*                               *
;*****
;
0090                ORG      $90
;
0090 AE00      FILLR   LDX      #$00      ;Inicia guardando el valor de
0092 E710      FILL   STA      $10,X     ;prueba a partir de la
0094 5C                INCX            ;primera localidad de RAM
0095 A370      CPX    #$70              ;hasta la ultima.
0097 26F9      BNE    FILL
0099 AE00      LDX    #$00

```

```

009B E110      COMPA      CMP      $10,X      ;Compara el valor de prueba
009D 2661      BNE      ERROR      ;con lo leído en cada
009F 5C        INCX      ;localidad de RAM, si no es
00A0 A370      CPX      $$70      ;igual salta a rutina de
00A2 26F7      BNE      COMPA      ;ERROR.
00A4 A4AA      AND      $$AA      ;Verifica si ya se hizo la
00A6 26DE      BNE      TEST2     ;prueba de RAM con el segundo
00A8 2006      BRA      TIMER      ;valor; si es correcto pasa a
                                ;TIMER.
                                ;
                                ;
                                ;
                                ;*****
                                ;*
                                ;*          RUTINA PARA PRUEBA DEL TIMER
                                ;*
                                ;*
                                ;*****
                                ;
00B0           ORG      $B0
                                ;
00B0 A66F      TIMER    LDA      $$6F
00B2 B709      STA      TCR          ;Inhibe interrup. externas.
00B4 AEF7      LDX      $$FF
00B6 BF08      STX      TDR          ;Se programa conteo de 255-0.
00B8 A64F      LDA      $$4F
00BA B709      STA      TCR          ;Se programa el reloj interno.
00BC B308      TESTTM  CPX      TDR          ;Pone el prescaler a 128 cic.
00BE 2640      BNE      ERROR      ;Verifica que el timer trabaja
00C0 5A        DECX      ;correctamente.
00C1 A3FF      CPX      $$FF        ;Compara resultado del con-
00C3 270F      BEQ      RDY          ;teo y salta a RDY si es FF.
00C5 A609      LDA      $$9
00C7 4A        REGRES  DECA      ;Rutina de 128 ciclos para
00C8 A100      CMP      $$00        ;probar el funcionamiento
00CA 26FB      BNE      REGRES     ;del prescaler.
00CC 3F0A      CLR      $00A
00CE 9D        NOP
00CF 9D        NOP
00D0 9D        NOP
00D1 9D        NOP
00D2 20E8      BRA      TESTTM
00D4 A640      RDY     LDA      $$40      ;Regresa timer a valores
00D6 B709      STA      TCR          ;normales de operacion.
00D8 2006      BRA      TESTAD     ;Pasa a rutina de conversion A/D.
                                ;

```



```

;*****
;*
;*          CONDICIONES DE INICIALIZACION
;*
;*****
;
;
0120          ORG          $120
;
0120 A67F     TESTOK     LDA          #$7F          ;Inicializa Puerto A para control
0122 B704          STA          DDRA          ;de display (PA0-PA6) e interrup-
;cion del teclado (PA7).
0124 A600          LDA          #$00          ;Inicializa Puerto B para control
0126 B705          STA          DDRB          ;del teclado (PB4-PB7) y
;monitoreo de se ales (PBO-PB3).
0128 A600          LDA          #$00          ;Inicializa Puerto C para control
012A B706          STA          DDRC          ;del multiplexor analogico y de
;los multiplexores de salidas.
;
;
;*****
;*
;*          RUTINA DE INICIO
;*
;*****
;
012C A667     RESET     LDA          #$67          ;Deshabilita el Timer
012E B709          STA          TCR
0130 AE0A          LDX          #$0A
0132 E650     CONDI     LDA          CONINI,X      ;Carga las condiciones iniciales
0134 E730          STA          REGCON,X          ;en los registros de condiciones.
0136 5A          DECB          BPL
0137 2AF9          BPL          CONDI
;
;
0139 A607          LDA          #$07          ;Inicializa el Puerto A para
013B B704          STA          DDRA          ;controlar el display.
;
013D A600          LDA          #$00          ;Inicializa el Puerto B para
013F B705          STA          DDRB          ;teclado y cambio de condiciones
;del proceso.
;
0141 A600          LDA          #$00          ;Inicializa el Puerto C para
0143 B706          STA          DDRC          ;control de salidas.
;
;
0145 A667     INICIO     LDA          #$67          ;Deshabilita el Timer.
0147 B709          STA          TCR
0149 3F01          CLR          PORTB          ;Inicializa el Puerto B.
014B A6C0          LDA          #$C0          ;Pone en cero todos los latches
014D B702          STA          PORTC          ;de salida.
014F 3F16          CLR          ETAPA          ;Inicializa banderas de etapa.
0151 3F14          CLR          MODIFIC1        ;Inicializa banderas de
0153 3F15          CLR          MODIFIC2        ;modificacion.

```

```

0155 1016          BSET  O,ETAPA          ;Enciende bandera de etapa
                                     ;inicial.
0157 3F18          CLR   SALIDA1        ;Inicializa bytes de salidas.
0159 3F19          CLR   SALIDA2
015B 3F1A          CLR   SALIDA3
;
015D 9C           RSP                    ;Inicializa el Stack Pointer.
015E 9A           CLI                    ;Habilita las interrupciones.
;
015F CD0692       JSR   MENSAJE1        ;Envia mensaje de inicio.
;
;*****
;*
;*          RUTINA PARA RASTREAR EL TECLADO          *
;*
;*****
;
0162 A60F       TECLA LDA   # $OF          ;Inicializa el registro de datos
0164 B401       AND   PORTB              ;del Puerto B.
0166 B701       STA   PORTB
0168 20FE       ESPERA BRA  ESPERA        ;Espera interrupcion del teclado.
016A 20F6       BRA  TECLA
;
;
016C A6F0       BUSCA LDA   # $FO          ;Enmascara el Puerto B y guarda
016E B401       AND   PORTB              ;el codigo de la tecla oprimida
                                     ;en los cuatro bits mas signifi-
                                     ;cativos del Acumulador.
0170 CD0174     JSR   DECODI            ;Va a decodificar la tecla
                                     ;oprimida.
0173 80         RTI
;
;*****
;*
;*          RUTINAS DE DECODIFICACION          *
;*
;*****
;
0174 0A160A     DECODI BRSET 5,ETAPA,JMPMANUAL ;Verifica si el proceso esta
                                     ;en etapa manual.
0177 081643     BRSET 4,ETAPA,DELISTO    ;Verifica si se tiene condicio-
                                     ;nes de operacion.
017A 02165D     BRSET 1,ETAPA,DEVA      ;Verifica si se estan
                                     ;cambiando condiciones.
017D 0116AC     BRCLR 0,ETAPA,RESET    ;Regresa y reinicia.
;
0180 81         RTS
;
0181 CC0324     JMPMANUAL JMP  MANUAL
;
;
;

```



```

;*** DECODIFICACION EN ETAPA INICIAL ***
;
;
0184 AEOB      START  LDX    $$0B      ;Verifica si se desea limpiar la
0186 E160      CMP     CODIGO,X  ;pantalla.
0188 2604      BNE    TECLASET ;
018A CD0686    JSR     CLEAR
018D 80        RTI
;
018E AE08      TECLASET LDX    $$08      ;Si se apreto la tecla SET
0190 E160      CMP     CODIGO,X  ;ejecuta la rutina de Cambio
0192 2606      BNE    TECLAINI ;de Variables de Control.
0194 CD01D7    JSR     CVC
0197 CD06C7    JSR     MENSAJE2 ;
;
019A AE07      TECLAINI LDX    $$07      ;Verifica si se apreto la tecla
019C E160      CMP     CODIGO,X  ;de INICIO. De no ser asi, des-
019E 2704      BEQ    TECINI   ;pliega el mensaje "Presione
01A0 CD06C7    JSR     MENSAJE2 ;INICIO para continuar".
01A3 80        RTI
;
01A4 A603      TECINI   LDA    $$03      ;Enciende resistencias y bomba de
01A6 B718      STA    SALIDA1 ;presion hidraulica.
01A8 CD0589    JSR     SALIDAS
01AB CD08B5    JSR     MENCALIEN ;Despliega el mensaje "Calentando
;barril."
;
01AE CD0524    MONETAPA1 JSR    MONITOR  ;Espera a que se alcancen las
01B1 A60F      LDA    $$0F      ;condiciones de operacion.
01B3 B141      CMP     MONITOR1 ;
01B5 26F7      BNE    MONETAPA1 ;
01B7 CD0692    JSR     MENSAJE1 ;Despliega mensaje "Listo para
;comenzar."
;
01BA 1816      BSET   4,ETAPA ;
01BC 80        RTI
;
01BD AE04      DELISTO  LDX    $$04      ;
01BF E160      CMP     CODIGO,X  ;
01C1 270D      BEQ    OPMAN     ;Salta a operacion manual.
01C3 AE05      LDX    $$05      ;
01C5 E160      CMP     CODIGO,X  ;
01C7 270A      BEQ    OPAUTOMA ;Salta a operacion automa-
;tica.
;
01C9 AE08      LDX    $$08      ;
01CB E160      CMP     CODIGO,X  ;
01CD 2708      BEQ    CVC       ;Salta a cambio de variables.
01CF 80        RTI
;
;
01D0 1A16      OPMAN   BSET   5,ETAPA ;
01D2 80        RTI
;
01D3 CC040D    OPAUTOMA JMP    AUTOMATI ;
01D6 80        RTI

```

```

01D7 1216      CVC      BSET      1,ETAPA      ;
01D9 80        RTI
;
;
;.....
;*
;*      SUBROUTINA DE CAMBIO DE VARIABLES      *
;*
;.....
;
01DA CD0686    DEVA     JSR      CLEAR      ;
01DD CD08E8    JSR      MENCTEM1    ;Exhibe el mensaje "Nueva
;TEMP1 = "
01E0 AEOF      LDX      $$OF      ;
01E2 E160      CMP      CODIGO,X    ;
01E4 2705      BEQ      VAR1      ;
01E6 1014      BSET     0,MODIFIC1    ;
01E8 CD028D    JSR      DECOVAR
01EB CD0917    VAR1     JSR      MENCTEM2    ;Exhibe el mensaje "Nueva
;TEMP2 = "
01EE AEOF      LDX      $$OF      ;
01FO E160      CMP      CODIGO,X    ;
01F2 2705      BEQ      VAR2      ;
01F4 1214      BSET     1,MODIFIC1    ;
01F6 CD028D    JSR      DECOVAR
01F9 CD0946    VAR2     JSR      MENCTEM3    ;Exhibe el mensaje "Nueva
;TEMP3 = "
01FC AEOF      LDX      $$OF      ;
01FE E160      CMP      CODIGO,X    ;
0200 2705      BEQ      VAR3      ;
0202 1414      BSET     2,MODIFIC1    ;
0204 CD028D    JSR      DECOVAR
0207 CD0975    VAR3     JSR      MENCPHID    ;Exhibe el mensaje "Nueva
;P.HIDR= "
020A AEOF      LDX      $$OF      ;
020C E160      CMP      CODIGO,X    ;
020E 2705      BEQ      VAR4      ;
0210 1614      BSET     3,MODIFIC1    ;
0212 CD028D    JSR      DECOVAR
0215 CD09A4    VAR4     JSR      MENCPMOL    ;Exhibe el mensaje "Nueva
;P.MOL = "
0218 AEOF      LDX      $$OF      ;
021A E160      CMP      CODIGO,X    ;
021C 2705      BEQ      VAR5      ;
021E 1814      BSET     4,MODIFIC1    ;
0220 CD028D    JSR      DECOVAR
0223 CD09D3    VAR5     JSR      MENCPOHU    ;Exhibe el mensaje "Nueva
;POS.HUS= "
0226 AEOF      LDX      $$OF      ;
0228 E160      CMP      CODIGO,X    ;
022A 2705      BEQ      VAR6      ;
022C 1A14      BSET     5,MODIFIC1    ;
022E CD028D    JSR      DECOVAR

```

```

0231 CDOA03  VAR6  JSR  MENCPOMO  ;Exhibe el mensaje "Nueva
;POS.MOL="
0234 AEOF  LDX  ##$OF  ;
0236 E160  CMP  CODIGO,X  ;
0238 2705  BEQ  VAR7  ;
023A 1C14  BSET  6,MODIFIC1  ;
023C CD028D  JSR  DECOVAR
023F CDOA33  VAR7  JSR  MENC1M1  ;Exhibe el mensaje "Nuevo
;TIME1 = "
0242 AEOF  LDX  ##$OF  ;
0244 E160  CMP  CODIGO,X  ;
0246 2705  BEQ  VAR8  ;
0248 1E14  BSET  7,MODIFIC1  ;
024A CD028D  JSR  DECOVAR
024D CDOA62  VAR8  JSR  MENC1M2  ;Exhibe el mensaje "Nuevo
;TIME2 = "
0250 AEOF  LDX  ##$OF  ;
0252 E160  CMP  CODIGO,X  ;
0254 2705  BEQ  VAR9  ;
0256 1215  BSET  1,MODIFIC2  ;
0258 CD028D  JSR  DECOVAR
025B CDOA91  VAR9  JSR  MENC1M3  ;Exhibe el mensaje "Nuevo
;TIME3 = "
025E AEOF  LDX  ##$OF  ;
0260 E160  CMP  CODIGO,X  ;
0262 2705  BEQ  VAR10  ;
0264 1215  BSET  1,MODIFIC2  ;
0266 CD028D  JSR  DECOVAR
0269 CDOACO  VAR10  JSR  MENC1M4  ;Exhibe el mensaje "Nuevo
;TIME4 = "
026C AEOF  LDX  ##$OF  ;
026E E160  CMP  CODIGO,X  ;
0270 2705  BEQ  VAR11  ;
0272 1415  BSET  2,MODIFIC2  ;
0274 CD028D  JSR  DECOVAR
0277 CDOAEF  VAR11  JSR  MENC1M5  ;Exhibe el mensaje "Nuevo
;TIME5 = "
027A AEOF  LDX  ##$OF  ;
027C E160  CMP  CODIGO,X  ;
027E 2705  BEQ  VAR12  ;
0280 1615  BSET  3,MODIFIC2  ;
0282 CD028D  JSR  DECOVAR
0285 CDOB1E  VAR12  JSR  MENFINCAM  ;Exhibe mensaje "Fin de cambio
;de variables."
0288 3F16  CLR  ETAPA  ;
028A CC0145  JMP  INICIO
;
;
;**** ETAPA DE MODIFICACION DE VARIABLES ****
;
;
028D AE09  DECOVAR  LDX  ##$09  ;Carga el nueve como maximo
;valor.

```

028F E160	OTRACOM	CMP	CODIGO,X	;Lo compara con el codigo de la ;tecla.
0291 2708		BEQ	GUARDA	;Si coincide lo analiza, si no,
0293 5A		DECX		;decrementa X y vuelve a ;comparar.
0294 A3FF		CPX	##FF	;Si se oprime una tecla mayor a
0296 26F7		BNE	OTRACOM	;nueve, se aborta la modificacion
0298 CC0145		JMP	INICIO	
		/		
029B A600	GUARDA	LDA	##00	;Analiza si se trata del digito
029D B11C		CMP	CONTADO1	;de centenas.
029F 270D		BEQ	GUARCEN	
02A1 4C		INCA		;Analiza si se trata del digito
02A2 B11C		CMP	CONTADO1	;de decenas.
02A4 270D		BEQ	GUARDEC	
02A6 4C		INCA		;Analiza se se trata del digito
02A7 B11C		CMP	CONTADO1	;de unidades.
02A9 270D		BEQ	GUARUNI	
02AB CC012C		JMP	RESET	
		/		
02AE BF10	GUARCEN	STX	CENTENAS	;Guarda en registro de centenas y
02B0 3C1C		INC	CONTADO1	;enciende bandera de decenas.
02B2 81		RTS		
		/		
02B3 BF11	GUARDEC	STX	DECENAS	;Guarda en registro de decenas y
02B5 3C1C		INC	CONTADO1	;enciende bandera de unidades.
02B7 81		RTS		
		/		
02BB BF12	GUARUNI	STX	UNIDADES	;Guarda en registro de unidades.
02BA CD0627		JSR	DECHEX	;Solicita la conversion a ;hexadecimal y la guarda en el
02BD B713		STA	ALMACENA	;registro ALMACENA.
		/		
02BF 001428		BRSET	0,MODIFIC1,GUTEMP1	;Revisa cual de las
02C2 021429		BRSET	1,MODIFIC1,GUTEMP2	;variables se desea
02C5 04142A		BRSET	2,MODIFIC1,GUTEMP3	;modificar.
02C8 06142B		BRSET	3,MODIFIC1,GUP.HIDR	
02CB 08142C		BRSET	4,MODIFIC1,GUP.MOL	
02CE 0A142D		BRSET	5,MODIFIC1,GUPOSHUS	
02D1 0C142E		BRSET	6,MODIFIC1,GUPOSMOL	
02D4 00152F		BRSET	0,MODIFIC2,GUTIME1	
02D7 021530		BRSET	1,MODIFIC2,GUTIME2	
02DA 041531		BRSET	2,MODIFIC2,GUTIME3	
02DD 061532		BRSET	3,MODIFIC2,GUTIME4	
02E0 081533		BRSET	4,MODIFIC2,GUTIME5	
		/		
02E3 3F14		CLR	MODIFIC1	;Si hay algun error, inicializa ;banderas de modificacion y
02E5 3F15		CLR	MODIFIC2	;regresa hasta condiciones
02E7 CC012C		JMP	RESET	;iniciales.
		/		
02EA B730	GUTEMP1	STA	TEMP1	;Guarda nueva temperatura de la
02EC 202F		BRA	FINDCAM	;zona posterior del barril.

```

02EE B731      GUTEMP2  STA      TEMP2      ;Guarda nueva temperatura de la
02FO 202B      BRA      FINDCAM    ;zona media del barril.
02F2 B732      GUTEMP3  STA      TEMP3      ;Guarda nueva temperatura de la
02F4 2027      BRA      FINDCAM    ;zona anterior del barril.
02F6 B733      GUP.HIDR STA      P.HIDR    ;Guarda nueva presion
                                ;hidraulica.
02F8 2023      BRA      FINDCAM
02FA B734      GUP.MOL  STA      P.MOL      ;Guarda nueva presion del molde.
02FC 201F      BRA      FINDCAM
02FE B735      GUPOSHUS STA      POSHUS    ;Guarda nueva posicion del
                                ;husillo.
0300 201B      BRA      FINDCAM
0302 B736      GUPOSMOL STA      POSMOL    ;Guarda nueva posicion del molde.
0304 2017      BRA      FINDCAM
0306 B737      GUTIME1  STA      TIME1     ;Guarda nuevo tiempo 1.
0308 2013      BRA      FINDCAM
030A B738      GUTIME2  STA      TIME2     ;Guarda nuevo tiempo 2.
030C 200F      BRA      FINDCAM
030E B739      GUTIME3  STA      TIME3     ;Guarda nuevo tiempo 3.
0310 2008      BRA      FINDCAM
0312 B73A      GUTIME4  STA      TIME4     ;Guarda nuevo tiempo 4.
0314 2007      BRA      FINDCAM
0316 B73B      GUTIME5  STA      TIME5     ;Guarda nuevo tiempo 5.
0318 2003      BRA      FINDCAM
031A CC012C    JMP      RESET
;
031D 3F14      FINDCAM  CLR      MODIFIC1   ;Inicializa banderas de
                                ;modificacion.
031F 3F15      CLR      MODIFIC2
0321 3F1C      CLR      CONTADO1   ;Inicializa contador de digitos.
0323 81        RTS
;
;
;*****
;*                                     *
;*          RUTINAS DE PROCESO MANUAL   *
;*                                     *
;*****
;
0324 00421F    MANUAL  BRSET   0,SBRMANU1,MENUMAN1 ;
0327 024234    BRSET   1,SBRMANU1,MENUMAN2 ;
032A 044249    BRSET   2,SBRMANU1,MENUMAN3 ;
032D 06425E    BRSET   3,SBRMANU1,MENUMAN4 ;
;
0330 9C        RSP                                     ;Inicializa el stack pointer.
0331 A6C0      LDA      $$CO      ;Limpia los registros de salida
0333 B418      AND      SALIDA1    ;conservando el estado del
                                ;calentador y de la bomba de
0335 B718      STA      SALIDA1    ;presion hidraulica.
0337 A600      LDA      $$00      ;
0339 B719      STA      SALIDA2    ;
033B B71A      STA      SALIDA3    ;
033D CD05B9    JSR      SALIDAS    ;

```

```

0340 CD0524          JSR      MONITOR      ;Monitorea las variables
                                ;criticas.
0343 1042            BSET      0,SBRMANU1  ;Enciende bandera de proceso.
0345 80              RTI
                                ;
0346 1242            MENUMAN1 BSET      1,SBRMANU1  ;Exhibe el menu siguiente:
0348 CDOB4          JSR      MENMENU1
                                ;
034B AE0F           LDX      $$OF
                                ;
034D E160           CMP      CODIGO,X      ;   TECLA:      ACCION:
034F 270D           BEQ      MENUMAN2      ;   <-         Abre molde
0351 AE09           LDX      $$09
                                ;   ->         Cierra molde
0353 E160           CMP      CODIGO,X      ;   ESC        Siguiente menu
                                ;
0355 2756           BEQ      ABREMOL      ;Ejecuta la rutina de apertura
0357 AE0A           LDX      $$0A
                                ;manual del molde.
0359 E160           CMP      CODIGO,X      ;Ejecuta la subrutina de cierre
035B 2756           BEQ      CIERRAMO     ;manual del molde.
035D 80              RTI
                                ;
035E 1442            MENUMAN2 BSET      2,SBRMANU1  ;Exhibe el menu siguiente:
0360 CDOC25         JSR      MENMENU2
                                ;
0363 AE0F           LDX      $$OF
                                ;
0365 E160           CMP      CODIGO,X      ;   TECLA:      ACCION:
0367 27F5           BEQ      MENUMAN2      ;   <-         Piston atras
0369 AE09           LDX      $$09
                                ;   ->         Piston adelante
036B E160           CMP      CODIGO,X      ;   ESC        Siguiente menu
                                ;
036D 274A           BEQ      PISATRAS     ;Ejecuta la rutina de mover el
036F AE0A           LDX      $$0A
                                ;piston manualmente hacia atras.
0371 E160           CMP      CODIGO,X      ;Ejecuta la rutina de mover el
0373 2747           BEQ      PISADEL     ;piston manualmente hacia adelan-
                                ;te.
0375 80              RTI
                                ;
0376 1642            MENUMAN3 BSET      3,SBRMANU1  ;Exhibe el menu siguiente:
0378 CDOC96         JSR      MENMENU3
                                ;
037B AE0F           LDX      $$OF
                                ;
037D E160           CMP      CODIGO,X      ;   TECLA:      ACCION:
037F 270D           BEQ      MENUMAN4      ;   <-         Boquilla atras
0381 AE09           LDX      $$09
                                ;   ->         Boquilla adelante
0383 E160           CMP      CODIGO,X      ;   ESC        Siguiente menu
                                ;
0385 2738           BEQ      BOQATRAS     ;Ejecuta la rutina de mover la
0387 AE0A           LDX      $$0A
                                ;boquilla manualmente hacia atras
0389 E160           CMP      CODIGO,X      ;Ejecuta la rutina de mover la
038B 2735           BEQ      BOQADEL     ;boquilla manualmente hacia ade-
                                ;lante.
038D 80              RTI
                                ;

```

038E 1842	MENUMAN4	BSET	4,SBRMANU1	;Exhibe el menu siguiente:
0390 CD0D07		JSR	MENMENU4	;
0393 AEOF		LDX	##\$OF	;
0395 E160		CMP	CODIGO,X	; TECLA: ACCION:
0397 270D		BEQ	FINMANUA	; INY Inyeccion manual
0399 AE07		LDX	##\$07	; CAR Carga material
039B E160		CMP	CODIGO,X	; ESC Fin fase manual
		;		
039D 2726		BEQ	INYECHAN	;Ejecuta la rutina de inyeccion
039F AE03		LDX	##\$03	;manual.
03A1 E160		CMP	CODIGO,X	;Ejecuta la rutina de carga
03A3 273A		BEQ	CARGAMAN	;manual de material.
03A5 80		RTI		
		;		
03A6 3F42	FINMANUA	CLR	SBRMANU1	;
03A8 3F16		CLR	ETAPA	
03AA CC0145		JMP	INICIO	
		;		
		;		
03AD 121A	ABREMOL	BSET	1,SALIDA3	;Acciona valvula de apertura
03AF CD05B9		JSR	SALIDAS	;del molde.
03B2 80		RTI		;
		;		
03B3 1418	CIERRAMO	BSET	2,SALIDA1	;Acciona valvula de cerrado
03B5 CD05B9		JSR	SALIDAS	;del molde.
03B8 80		RTI		;
03B9 1618	PISATRAS	BSET	3,SALIDA1	;Acciona valvula de movimiento
03BB 80		RTI		;atras del piston.
		;		
03BC 181A	PISADEL	BSET	4,SALIDA3	;Acciona valvula de movimiento
03BE 80		RTI		;adelante del piston.
		;		
03BF 1019	BOQATRAS	BSET	0,SALIDA2	;Acciona valvula de movimiento
03C1 80		RTI		;atras del piston.
		;		
03C2 1E19	BOQADEL	BSET	7,SALIDA2	;Acciona valvula de movimiento
03C4 80		RTI		;adelante del piston.
		;		
03C5 CD07D4	INYECHAN	JSR	MENINYEC	;Envia mensaje de la fase de
				;inyeccion.
03C8 1F18		BCLR	7,SALIDA1	;Establece las condiciones de la
03CA 1119		BCLR	0,SALIDA2	;fase de inyeccion.
03CC 1419		BSET	2,SALIDA2	;
03CE 1C19		BSET	6,SALIDA2	;
03D0 CD05B9		JSR	SALIDAS	;
03D3 CD05E0		JSR	PAUSATM1	;Activa el TIMER1 y envia el
03D6 CC046F		JMP	AUTTM1	;control a AUTTM1 cuando el timer
				;interrumpa.
03D9 1619		BSET	3,SALIDA2	;Continuacion de la etapa de
03DB CD05B9		JSR	SALIDAS	;inyeccion.
03DE 80		RTI		
		;		
03DF CD0807	CARGAMAN	JSR	MENCARGA	;Envia mensaje de la fase de
				;carga del material.

```

03E2 1519      BCLR    2,SALIDA2      ;Acciones a tomar despues de
03E4 1719      BCLR    3,SALIDA2      ;trancurrido el tiempo
                                ;especificado por la variable
                                ;TIME1.
03E6 1D19      BCLR    6,SALIDA2      ;
03E8 CD05B9    JSR     SALIDAS        ;
03EB CD05E4    JSR     PAUSATM2       ;
                                ;Espera un tiempo especificado
                                ;por la variable TIME2 antes de
03EE 1419      BSET    2,SALIDA2      ;continuar y activar
03FO 1819      BSET    4,SALIDA2      ;las valvulas necesarias.
03F2 1A19      BSET    5,SALIDA2      ;
03F4 CD05B9    JSR     SALIDAS        ;
                                ;
03F7 1919      BCLR    4,SALIDA2      ;Etapas final de la fase de carga
03F9 1B19      BCLR    5,SALIDA2      ;del material.
03FB 1C19      BSET    6,SALIDA2      ;
03FD 1E19      BSET    7,SALIDA2      ;
03FF CD05B9    JSR     SALIDAS        ;
0402 CD05E8    JSR     PAUSATM3       ;Espera el tiempo especificado
0405 1519      BCLR    2,SALIDA2      ;por la variable TIME3.
0407 1D19      BCLR    6,SALIDA2      ;
0409 CD05B9    JSR     SALIDAS        ;
040C 80        RTI
                                ;
                                ;
                                ;*****
                                ;*
                                ;*          RUTINA DE PROCESO AUTOMATICO
                                ;*
                                ;*
                                ;*****
                                ;
040D 9C        AUTOMATI RSP        ;Inicializa el stack pointer.
040E A6C0      LDA     # $CO          ;Limpia los registros de salida
0410 B418      AND     SALIDA1       ;conservando el estado del
                                ;calentador y de la bomba de
                                ;presion hidraulica.
0412 B718      STA     SALIDA1       ;
0414 A600      LDA     # $00        ;
0416 B719      STA     SALIDA2       ;
0418 B71A      STA     SALIDA3       ;
041A CD05B9    JSR     SALIDAS        ;
041D CD0524    JSR     MONITOR        ;
                                ;Monitorea las variables
                                ;criticas.
0420 1416      BSET    2,ETAPA        ;Enciende bandera de proceso.
0422 CD0707    JSR     MENINIAUT     ;Envia mensaje de inicio de
                                ;proceso.
0425 CD073B    JSR     MENFASE1      ;Envia mensaje de la. fase de
                                ;grapado.
0428 1418      BSET    2,SALIDA1      ;Establece las condiciones
                                ;iniciales del proceso
                                ;automatico.
042A 1618      BSET    3,SALIDA1      ;
042C 1818      BSET    4,SALIDA1      ;
042E CD05B9    JSR     SALIDAS        ;
0431 20FE      ESPERA1 BRA     ESPERA1    ;Espera interrupcion del proceso.
                                ;

```



0433	CD076E	AUT000	JSR	MENFASE2	;Envia mensaje de la 2a. fase de ;grapado.
0436	1918		BCLR	4,SALIDA1	;Establece las condiciones de la
0438	1A18		BSET	5,SALIDA1	;2a.fase de grapado.
043A	1C18		BSET	6,SALIDA1	;
043C	CD05B9		JSR	SALIDAS	;
043F	20F0		BRA	ESPERA1	;
			;		
0441	CD07A1	AUT001	JSR	MENFASE3	;Envia mensaje de la 3a. fase de ;grapado.
0444	1718		BCLR	3,SALIDA1	;Establece las condiciones de la
0446	1818		BSET	4,SALIDA1	;3a. fase de grapado.
0448	1D18		BCLR	6,SALIDA1	;
044A	1E18		BSET	7,SALIDA1	;
044C	1019		BSET	0,SALIDA2	;
044E	CD05B9		JSR	SALIDAS	;
0451	20DE		BRA	ESPERA1	;
			;		
0453	CD07D4	AUT010	JSR	MENINYE	;Envia mensaje de la fase de ;inyeccion.
0456	1F18		BCLR	7,SALIDA1	;Establece las condiciones de la
0458	1119		BCLR	0,SALIDA2	;fase de inyeccion.
045A	1419		BSET	2,SALIDA2	;
045C	1C19		BSET	6,SALIDA2	;
045E	CD05B9		JSR	SALIDAS	;
0461	CD05E0		JSR	PAUSATM1	;Activa el TIMER1 y envia el
0464	2009		BRA	AUTTM1	;control a AUTTM1 cuando el timer ;interrumpa.
0466	20C9		BRA	ESPERA1	;
			;		
0468	1619	AUT011	BSET	3,SALIDA2	;Continuacion de la etapa de
046A	CD05B9		JSR	SALIDAS	;inyeccion.
046D	20C2		BRA	ESPERA1	;
			;		
046F	CD0807	AUTTM1	JSR	MENCARGA	;Envia mensaje de la fase de ;carga del material.
0472	1519		BCLR	2,SALIDA2	;Acciones a tomar despues de
0474	1719		BCLR	3,SALIDA2	;transcurrido el tiempo ;especificado por la variable ;TIME1.
0476	1D19		BCLR	6,SALIDA2	;
0478	CD05B9		JSR	SALIDAS	;
047B	CD05E4		JSR	PAUSATM2	;Espera un tiempo especificado ;por la variable TIME2 antes de
047E	1419		BSET	2,SALIDA2	;continuar y activar
0480	1819		BSET	4,SALIDA2	;las valvulas necesarias.
0482	1A19		BSET	5,SALIDA2	;
0484	CD05B9		JSR	SALIDAS	;
0487	20A8		BRA	ESPERA1	;
			;		
0489	1919	AUT100	BCLR	4,SALIDA2	;Etapa final de la fase de carga
048B	1B19		BCLR	5,SALIDA2	;del material.
048D	1C19		BSET	6,SALIDA2	;

```

048F 1E19          BSET      7,SALIDA2      ;
0491 CD05B9       JSR       SALIDAS        ;
0494 CD05E8       JSR       PAUSATM3       ;Espera el tiempo especificado
0497 1519         BCLR      2,SALIDA2       ;por la variable TIME3.
0499 1D19         BCLR      6,SALIDA2       ;
049B CD05B9       JSR       SALIDAS        ;
049E CC0431       JMP       ESPERA1        ;
;
04A1 CD0845       AUT101   JSR       MENAPMOL       ;Envia mensaje de Fase de
04A4 1E18         BSET      7,SALIDA1       ;apertura del molde.
04A6 1F19         BCLR      7,SALIDA2       ;
04A8 121A         BSET      1,SALIDA3       ;
04AA CD05B9       JSR       SALIDAS        ;
04AD CD05EC       JSR       PAUSATM4       ;Espera el tiempo indicado por la
04B0 1118         BCLR      0,SALIDA1       ;variable TIME4 y despues
04B2 121A         BSET      1,SALIDA3       ;modifica salidas.
04B4 CD05B9       JSR       SALIDAS        ;
04B7 CD05F0       JSR       PAUSATM5       ;Espera el tiempo indicado por la
04BA 1618         BSET      3,SALIDA1       ;variable TIME5 y despues
04BC CD05B9       JSR       SALIDAS        ;modifica salidas.
04BF CC0431       JMP       ESPERA1        ;
;
04C2 1F18         AUT110   BCLR      7,SALIDA1       ;Continua fase de apertura del
04C4 111A         BCLR      0,SALIDA3       ;molde.
04C6 131A         BCLR      1,SALIDA3       ;
04C8 141A         BSET      2,SALIDA3       ;
04CA CD05B9       JSR       SALIDAS        ;
04CD CC0431       JMP       ESPERA1        ;
;
04D0 1818         AUT111   BSET      4,SALIDA1       ;Finaliza apertura del molde.
04D2 151A         BCLR      2,SALIDA3       ;
04D4 161A         BSET      3,SALIDA3       ;
04D6 CD05B9       JSR       SALIDAS        ;
04D9 CC040D       JMP       AUTOMATI       ;Regresa a iniciar un nuevo
;                               ;ciclo.
;
;
;
;*****
;*                               *
;*   RUTINA DE DETECCION DE CAMBIOS EN EL PROCESO   *
;*                               *
;*****
;
04DC A607         DETECCAM LDA      #$07           ;Enmascara el puerto B.
04DE B401         AND      PORTB         ;En el ACCU se guarda la clave
04E0 B720         STA      PASOSIG       ;del siguiente paso del proceso.
;
04E2 A600         LDA      #$00           ;Compara el valor de PASOSIG
04E4 B120         CMP      PASOSIG       ;con el ACCU para determinar
04E6 2603         BNE      PASO001       ;a que paso saltar.
04E8 CC0433       JMP       AUTO00        ;
;

```

```

04EB 4C      PASO001  INCA      ;Incrementa ACCU y sigue probando
04EC B120    CMP        PASOSIG ;hasta encontrar el paso adecuado
04EE 2603    BNE        PASO010 ;
04FO CC0441  JMP        AUT001  ;
;
04F3 4C      PASO010  INCA      ;
04F4 B120    CMP        PASOSIG ;
04F6 2603    BNE        PASO011 ;
04F8 CC0453  JMP        AUTO10  ;
;
04FB 4C      PASO011  INCA      ;
04FC B120    CMP        PASOSIG ;
04FE 2603    BNE        PASO100 ;
0500 CC0468  JMP        AUTO11  ;
;
0503 4C      PASO100  INCA      ;
0504 B120    CMP        PASOSIG ;
0506 2603    BNE        PASO101 ;
0508 CC0489  JMP        AUT100  ;
;
050B 4C      PASO101  INCA      ;
050C B120    CMP        PASOSIG ;
050E 2603    BNE        PASO110 ;
0510 CC04A1  JMP        AUT101  ;
;
0513 4C      PASO110  INCA      ;
0514 B120    CMP        PASOSIG ;
0516 2603    BNE        PASO111 ;
0518 CC04C2  JMP        AUT110  ;
;
051B 4C      PASO111  INCA      ;
051C B120    CMP        PASOSIG ;
051E 2603    BNE        PASORTI ;
0520 CC04D0  JMP        AUT111  ;
0523 80      PASORTI  RTI        ;
;
;
;*****
;*          RUTINA DE MONITOREO DE VARIABLES CRITICAS      *
;*          *
;*****
;
0524 A620    MONITOR  LDA        ##20      ;Selecciona la entrada analogica
0526 B702    STA        PORTC ;de la temperatura en la zona
0528 A600    LDA        ##0      ;posterior del barril de plasti-
052A B70E    STA        ADCR      ;ficacion.
052C OFOEFD  CICLO1  BRCLR     7,ADCR,CICLO1 ;Espera a que este lista la
052F B60F    LDA        ADRR      ;conversion A/D y guarda el
0531 B721    STA        REGTEMP1 ;resultado en el registro
;
;adecuado.
;

```

0533	A621		LDA	##21	;Selecciona la entrada analogica
0535	B702		STA	PORTC	;de la temperatura en la zona
0537	A600		LDA	##0	;media del barril de plasti-
0539	B70E		STA	ADCR	;ficacion.
053B	OFOEFD	CICLO2	BRCLR	7,ADCR,CICLO2	;Espera a que este lista la
053E	B60F		LDA	ADRR	;conversion A/D y guarda el
0540	B722		STA	REGTEMP2	;resultado en el registro
					;adecuado.
0542	A622		LDA	##22	;Selecciona la entrada analogica
0544	B702		STA	PORTC	;de la temperatura en la zona
0546	A600		LDA	##0	;anterior del barril de plasti-
0548	B70E		STA	ADCR	;ficacion.
054A	OFOEFD	CICLO3	BRCLR	7,ADCR,CICLO3	;Espera a que este lista la
054D	B60F		LDA	ADRR	;conversion A/D y guarda el
054F	B723		STA	REGTEMP3	;resultado en el registro
					;adecuado.
			/		
0551	A623		LDA	##23	;Selecciona la entrada analogica
0553	B702		STA	PORTC	;de la presion en el molde.
0555	A600		LDA	##0	;
0557	B70E		STA	ADCR	;
0559	OFOEFD	CICLO4	BRCLR	7,ADCR,CICLO4	;Espera a que este lista la
055C	B60F		LDA	ADRR	;conversion A/D y guarda el
055E	B726		STA	REGPMOL	;resultado en el registro
					;adecuado.
			/		
0560	A600		LDA	##0	;Selecciona la entrada analogica
0562	B70E		STA	ADCR	;de la presion hidraulica.
0564	OFOEFD	CICLO5	BRCLR	7,ADCR,CICLO5	;Espera a que este lista la
0567	B60F		LDA	ADRR	;conversion A/D y guarda el
0569	B727		STA	REGPHIDR	;resultado en el registro
					;adecuado.
			/		
056B	B621		LDA	REGTEMP1	;Compara el valor medido contra
056D	B130		CMP	TEMP1	;el valor predefinido. Ejecuta
056F	221A		BHI	SOBRETEMP	;la rutina de sobret temperatura
0571	251C		BLO	INFRATEMP	;o de infratemperatura.
0573	1041		BSET	0,MONITOR1	;
			/		
0575	B622		LDA	REGTEMP2	;Compara el valor medido contra
0577	B131		CMP	TEMP2	;el valor predefinido. Ejecuta
0579	2210		BHI	SOBRETEMP	;la rutina de sobret temperatura
057B	2512		BLO	INFRATEMP	;o de infratemperatura.
057D	1241		BSET	1,MONITOR1	;
			/		
057F	B623		LDA	REGTEMP3	;Compara el valor medido contra
0581	B132		CMP	TEMP3	;el valor predefinido. Ejecuta
0583	2206		BHI	SOBRETEMP	;la rutina de sobret temperatura
0585	2508		BLO	INFRATEMP	;o de infratemperatura.
0587	1441		BSET	2,MONITOR1	;
			/		
0589	2006		BRA	RAMA1	;
			/		

058B 1118	SOBRETEMP	BCLR	0,SALIDA1	;Apaga las resistencias.
058D 2002		BRA	RAMA1	;Continua con la rutina.
		/		
058F 1018	INFRATEMP	BSET	0,SALIDA1	;Enciende las resistencias.
		/		
0591 B626	RAMA1	LDA	REGPMOL	;Compara el valor de presion
0593 B134		CMP	P.MOL	;en el molde con el valor
0595 2206		BHI	SOBREPMO	;predefinido.
0597 2508		BLO	INFRAPMO	/
0599 1641		BSET	3,MONITORI	/
059B 2018		BRA	RAMA3	/
059D 1918	SOBREPMO	BCLR	4,SALIDA1	;Si es mayor, cierra la
059F 2002		BRA	RAMA2	;valvula.
05A1 1818	INFRAPMO	BSET	4,SALIDA1	;Si no, la abre.
		/		
05A3 B627	RAMA2	LDA	REGPHIDR	;Compara el valor de presion
05A5 B133		CMP	P.HIDR	;hidraulica con el valor
05A7 2206		BHI	SOBREPHI	;predefinido.
05A9 2508		BLO	INFRAPHI	/
05AB 2008		BRA	RAMA3	/
05AD 1841		BSET	4,MONITORI	/
05AF 1318	SOBREPHI	BCLR	1,SALIDA1	;Si es mayor, cierra la
05B1 2002		BRA	RAMA3	;valvula.
05B3 1218	INFRAPHI	BSET	1,SALIDA1	;Si no, la abre.
		/		
05B5 CD05B9	RAMA3	JSR	SALIDAS	;Efectua los cambios.
05B8 81		RTS		
		/		
		/		
		;	*****	
		/*		*
		/*	RUTINA DE CAMBIO EN LAS SALIDAS	*
		/*		*
		;	*****	
		/		
05B9 A680	SALIDAS	LDA	##80	;Guarda en BITDESAL la direccion
05BB B717		STA	BITDESAL	;del primer bit de salida (bit 0
				;de SALIDA1).
05BD 5F		CLRXL		;X es el contador de bytes de
				;salida.
		/		
05BE B617	OTRO	LDA	BITDESAL	;Cuando un bit es "1" se manda
05C0 6618		ROR	SALIDA1,X	;una salida al puerto C para que
05C2 2402		BCC	SALTA1	;se active la salida
05C4 B702		STA	PORTC	;correspondiente en el
				;demultiplexor adecuado.
05C6 3C17	SALTA1	INC	BITDESAL	;Selecciona el siguiente bit de
				;salida y guarda su direccion en
				;BITDESAL.
05C8 A688		LDA	##88	;Detecta cuando hay que hacer un
05CA B117		CMP	BITDESAL	;cambio de byte o si ya se ha
				;examinado el ultimo bit
05CC 270E		BEQ	OTROBYTE	;de salida termina la

```

                                ;actualizacion de las
                                ;salidas.
05CE A690          LDA      #$90
05D0 B117          CMP      BITDESAL
05D2 2708          BEQ      OTROBYTE
05D4 A694          LDA      #$94
05D6 B117          CMP      BITDESAL
05DB 26E4          BNE      OTRO
05DA 2003          BRA      FIN
;
05DC 5C           OTROBYTE INCX
05DD 20DF          BRA      OTRO
;
05DF 81           FIN      RTS
;
;
;
;
;*****
;*
;*           PAUSAS DEL PROCESO
;*
;******
;
05E0 B637          PAUSATM1 LDA      TIME1      ;Lee el tiempo de la pausa 1.
05E2 2010          BRA      INIPAU      ;
05E4 B638          PAUSATM2 LDA      TIME2      ;Lee el tiempo de la pausa 2.
05E6 200C          BRA      INIPAU      ;
05E8 B639          PAUSATM3 LDA      TIME3      ;Lee el tiempo de la pausa 3.
05EA 2008          BRA      INIPAU      ;
05EC B63A          PAUSATM4 LDA      TIME4      ;Lee el tiempo de la pausa 4.
05EE 2004          BRA      INIPAU      ;
05F0 B63B          PAUSATM5 LDA      TIME5      ;Lee el tiempo de la pausa 5.
05F2 2000          BRA      INIPAU      ;
;
05F4 B71F          INIPAU   STA      TIEMPO      ;Carga contador de segundos.
05F6 A607          LDA      #$07      ;Se programa el timer para
05F8 B709          STA      TCR        ;iniciar el conteo.
05FA A60F          INICON2  LDA      #$0F      ;Se carga el contador de ciclos
05FC B71D          STA      CONTADO2   ;de conteo por segundo.
05FE 20FE          ESPERINT  BRA      ESPERINT   ;Espera interrupcion del timer.
0600 22FC          BHI      ESPERINT   ;
0602 3A1F          DEC      TIEMPO      ;Cada vez que se termina el
0604 22F4          BHI      INICON2   ;conteo de ciclos por segundo, se
0606 81           RTS          ;decrementa el contador de
                                ;segundos.
;
0607 3A1D          TIMERINT  DEC      CONTADO2   ;Cuando el timer genera su
0609 80           RTI          ;interrupcion, se decrementa el
                                ;contador de ciclos.
;
;
;

```

```

;*****
;*
;* RUTINA DE CONVERSION HEXADECIMAL A DECIMAL *
;*
;*****
;
060A 3F10    HEXDEC  CLR    CENTENAS    ;Inicializa registro de centenas.
060C 3F11    CLR    DECENAS     ;Inicializa registro de decenas.
060E B61B    LDA    DATO        ;Lee el dato a convertir.
0610 A164    CENTEN CMP    ##64       ;Verifica si es mayor o igual
                                     ;a cien.

0612 2506    BLO    DECEN
0614 3C10    INC    CENTENAS    ;Si es mayor a cien, obtiene el
0616 A064    SUB    ##64       ;numero de centenas.
0618 20F6    BRA    CENTEN
;
061A A10A    DEZEN  CMP    ##0A   ;Verifica si es mayor o igual
                                     ;a diez.

061C 2506    BLO    UNIDAD
061E 3C11    INC    DECENAS    ;Si es mayor a diez, obtiene el
0620 A00A    SUB    ##0A       ;numero de decenas.
0622 20F6    BRA    DEZEN
;
0624 B712    UNIDAD STA    UNIDADES  ;Almacena las unidades en el
0626 81      RTS                    ;registro correspondiente y
                                     ;regresa.
;
;*****
;*
;* RUTINA DE CONVERSION DECIMAL A HEXADECIMAL *
;*
;*****
;
0627 B612    DECHEX LDA    UNIDADES    ;Lee registro de unidades.
0629 BE00    LDX    $0          ;Inicializa contador.
062B B311    CPX    DECENAS    ;Verifica si existen decenas.
062D 2505    BLO    CONVIDEC
062F B310    CPX    CENTENAS    ;Verifica si existen centenas.
0631 250F    BLO    CONVICEN
0633 81      RTS
;
0634 ABOA    CONVIDEC ADD    ##0A       ;Agrega las decenas a las
                                     ;unidades.

0636 5C      INCX
0637 B311    CPX    DECENAS    ;Verifica si han sido agragadas
0639 25F9    BLO    CONVIDEC    ;todas las decenas.
063B BE00    LDX    $0
063D B310    CPX    CENTENAS    ;Verifica si existen centenas.
063F 2501    BLO    CONVICEN
0641 81      RTS
;
0642 AB64    CONVICEN ADD    ##64       ;Agrega las centenas al
                                     ;resultado.

```

```

0644 5C          INCX
0645 B310       CPX      CENTENAS      ;Verifica si han sido agregadas
0647 25F9       BLO      CONVICEN      ;todas las centenas.
0649 81         RTS
;
;
064A CC012C     ERRORTST JMP      RESET
;
;
;*****
;*
;*          RUTINA PARA MANEJO DEL DISPLAY
;*
;*
;* El display recibe instrucciones divididas*
;* en dos bytes. La primera parte de cada *
;* byte indica si se trata de una accion de *
;* lectura o escritura y la segunda parte de*
;* cada byte contiene el codigo de la ins- *
;* trucccion. Antes de enviar una nueva ins- *
;* trucccion debe cerciorarse de que el bit 3*
;* del puerto A (el "busy flag") este activo*
;* Las instrucciones NOP aseguran que se *
;* cumpla con los tiempos especificados para*
;* que el control interno del display asimi-*
;* le los datos que se le envian. *
;* La accion a tomar esta contenida en el *
;* registro DSREGSEL y puede ser alguna de *
;* las siguientes: *
;* $00 Operacion interna *
;* $20 Lee "busy flag" *
;* $40 Escribe el registro de datos del *
;* display *
;* $60 Lee el registro de datos del dis- *
;* play *
;*****
;
;
064D A60F       DISPLAY LDA      #$0F      ;Enmascara los 4 bits menos sig-
064F B43C       AND      CHARACTER ;nificativos de CHARACTER y los
0651 B73E       STA      CARACLSB  ;guarda en CARACLSB.
;
;
0653 343C       LSR      CHARACTER ;Recorre a la derecha los 4 bits
0655 343C       LSR      CHARACTER ;mas significativos de CHARACTER
0657 343C       LSR      CHARACTER ;y los guarda en CARACMSB.
0659 343C       LSR      CHARACTER ;
065B A60F       LDA      #$0F      ;
065D B43C       AND      CHARACTER ;
065F B73D       STA      CARACMSB ;
;
;
0661 A620       LDA      #$20      ;Rutina para leer el "busy flag"
0663 B700       STA      PORTA     ;del display.
0665 9D         NOP
;

```



```

0666 1800          BSET  4,PORTA      ;Activa el ENABLE del display.
066B 9D           NOP                      ;
0669 0600FD WAIT1 BRSET  3,PORTA,WAIT1 ;Espera hasta que la bandera este
                                ;en estado alto.
066C 1900          BCLR  4,PORTA      ;Desactiva el ENABLE.
066E 9D           NOP                      ;
                                ;
066F B63F          LDA  DSREGSEL      ;Envia al display los primeros
0671 BA3D          ORA  CARACMSB      ;4 bits de la instruccion.
0673 AD07          BSR  ENABLE
                                ;
0675 B63F          LDA  DSREGSEL      ;Envia al display los siguientes
0677 BA3E          ORA  CARACLSB      ;4 bits de la instruccion.
0679 AD01          BSR  ENABLE
067B 81           RTS
                                ;
067C B700          STA  PORTA          ;
067E 9D           NOP                      ;
067F 1800          BSET  4,PORTA      ;Activa el ENABLE.
0681 9D           NOP                      ;
0682 1900          BCLR  4,PORTA      ;Desactiva el ENABLE.
0684 9D           NOP                      ;
0685 81           RTS
                                ;
                                ;
                                ;*****
                                ;*
                                ;*      RUTINA PARA LIMPIAR EL DISPLAY
                                ;*
                                ;*
                                ;*****
                                ;
0686 A600          CLEAR  LDA  $$00      ;Guarda en DSREGSEL el codigo de
0688 B73F          STA  DSREGSEL      ;operacion interna del display.
068A A601          LDA  $$01      ;Guarda en CARACTER el codigo
068C B73C          STA  CHARACTER     ;para borrar el display.
068E CD064D        JSR  DISPLAY      ;Manda a ejecutar la orden.
0691 81           RTS
                                ;
                                ;
                                ;*****
                                ;*
                                ;*      RUTINAS PARA DESPLEGAR MENSAJES
                                ;*
                                ;*
                                ;*****
                                ;
0692 1C09          MENSAJE1 BSET  6,TCR      ;Inhibe interrupciones del reloj.
0694 CD0686        JSR  CLEAR      ;Limpia la pantalla.
0697 A6FF          LDA  $$FF      ;Inicializa el apuntador.
0699 B740          STA  POINTER
069B A640          LDA  $$40      ;Carga en DSREGSEL el codigo para
069D B73F          STA  DSREGSEL      ;escribir en el display.
069F BE40          CHARMEN1 LDX  POINTER
06A1 5C           INCX
06A2 BF40          STX  POINTER      ;

```

```

06A4 D606B3      LDA      INIMEN1,X      ;Carga un caracter del mensaje en
06A7 B73C        STA      CHARACTER  ;CARACTER y lo envia a la rutina
06A9 CD064D      JSR      DISPLAY      ;de despliegue.
06AC A12E        CMP      #46      ;Cuando encuentra el punto del
                                ;mensaje (ASCII 46) termina la
                                ;rutina.

06AE 26EF        BNE      CHARMEN1      ;
06B0 1D09        BCLR     6,TCR      ;Habilita interrupciones del
06B2 81          RTS      ;reloj y termina.
                                ;

06B3 4C697374 INIMEN1 DB      'Listo para comenzar.'
06B7 6F207061
06BB 72612063
06BF 6F6D656E
06C3 7A61722E

                                ;
                                ;

06C7 1C09        MENSAJE2 BSET     6,TCR      ;
06C9 CD0686      JSR      CLEAR      ;
06CC A6FF        LDA      #$FF      ;
06CE B740        STA      POINTER  ;
06D0 A640        LDA      #$40      ;
06D2 B73F        STA      DSREGSEL ;
06D4 BE40        CHARMEN2 LDX      POINTER  ;
06D6 5C          INCX     ;
06D7 BF40        STX      POINTER  ;
06D9 D606E8      LDA      INIMEN2,X      ;
06DC B73C        STA      CHARACTER ;
06DE CD064D      JSR      DISPLAY      ;
06E1 A12E        CMP      #46      ;
                                ;
                                ;

06E3 26EF        BNE      CHARMEN2 ;
06E5 1D09        BCLR     6,TCR      ;
06E7 81          RTS      ;

                                ;
                                ;

06E8 50726573 INIMEN2 DB      'Presione INICIO para continuar.'
06EC 696F6E65
06F0 20494E49
06F4 43494F20
06F8 70617261
06FC 20636F6E
0700 74696E75
0704 61722E

                                ;
                                ;

0707 1C09        MENINIAUT BSET     6,TCR      ;
0709 CD0686      JSR      CLEAR      ;
070C A6FF        LDA      #$FF      ;
070E B740        STA      POINTER  ;
0710 A640        LDA      #$40      ;
0712 B73F        STA      DSREGSEL ;
0714 BE40        CHARAUT  LDX      POINTER  ;
0716 5C          INCX     ;

```

0717	BF40		STX	POINTER	;
0719	D6072B		LDA	INIMENAU,X	;
071C	B73C		STA	CHARACTER	;
071E	CD064D		JSR	DISPLAY	;
0721	A12E		CMP	#46	;
					;
					;
0723	26EF		BNE	CHARAUT	;
0725	1D09		BCLR	6,TCR	;
0727	81		RTS		;
					;
0728	50726F63	INIMENAU	DB	'Proceso automatico.'	
072C	65736F20				
0730	6175746F				
0734	6D617469				
0738	636F2E				
					;
					;
073B	1C09	MENFASE1	BSET	6,TCR	;
073D	CD0686		JSR	CLEAR	;
0740	A6FF		LDA	##FF	;
0742	B740		STA	POINTER	;
0744	A640		LDA	#\$40	;
0746	B73F		STA	DSREGSEL	;
0748	BE40	CHARFAS1	LDX	POINTER	;
074A	5C		INCX		;
074B	BF40		STX	POINTER	;
074D	D6075C		LDA	INIFASE1,X	;
0750	B73C		STA	CHARACTER	;
0752	CD064D		JSR	DISPLAY	;
0755	A12E		CMP	#46	;
					;
					;
0757	26EF		BNE	CHARFAS1	;
0759	1D09		BCLR	6,TCR	;
075B	81		RTS		;
					;
075C	46617365	INIFASE1	DB	'Fase 1 de grapado.'	
0760	20312064				
0764	65206772				
0768	61706164				
076C	6F2E				
					;
					;
076E	1C09	MENFASE2	BSET	6,TCR	;
0770	CD0686		JSR	CLEAR	;
0773	A6FF		LDA	##FF	;
0775	B740		STA	POINTER	;
0777	A640		LDA	#\$40	;
0779	B73F		STA	DSREGSEL	;
077B	BE40	CHARFAS2	LDX	POINTER	;
077D	5C		INCX		;
077E	BF40		STX	POINTER	;
0780	D6078F		LDA	INIFASE2,X	;

0783	B73C		STA	CARACTER	;
0785	CD064D		JSR	DISPLAY	;
0788	A12E		CMP	#46	;
					;
					;
078A	26EF		BNE	CHARFAS2	;
078C	1D09		BCLR	6,TCR	;
078E	81		RTS		;
					;
078F	46617365	INIFASE2	DB	'Fase 2 de grapado.'	
0793	20322064				
0797	65206772				
079B	61706164				
079F	6F2E				
					;
					;
07A1	1C09	MENFASE3	BSET	6,TCR	;
07A3	CD0686		JSR	CLEAR	;
07A6	A6FF		LDA	##FF	;
07A8	B740		STA	POINTER	;
07AA	A640		LDA	##40	;
07AC	B73F		STA	DSREGSEL	;
07AE	BE40	CHARFAS3	LDX	POINTER	;
07B0	5C		INCX		;
07B1	BF40		STX	POINTER	;
07B3	D607C2		LDA	INIFASE3,X	;
07B6	B73C		STA	CARACTER	;
07B8	CD064D		JSR	DISPLAY	;
07BB	A12E		CMP	#46	;
					;
					;
07BD	26EF		BNE	CHARFAS3	;
07BF	1D09		BCLR	6,TCR	;
07C1	81		RTS		;
					;
07C2	46617365	INIFASE3	DB	'Fase 3 de grapado.'	
07C6	20332064				
07CA	65206772				
07CE	61706164				
07D2	6F2E				
					;
					;
07D4	1C09	MENINYE3	BSET	6,TCR	;
07D6	CD0686		JSR	CLEAR	;
07D9	A6FF		LDA	##FF	;
07DB	B740		STA	POINTER	;
07DD	A640		LDA	##40	;
07DF	B73F		STA	DSREGSEL	;
07E1	BE40	CHARINY	LDX	POINTER	;
07E3	5C		INCX		;
07E4	BF40		STX	POINTER	;
07E6	D607F5		LDA	INIMINY,X	;
07E9	B73C		STA	CARACTER	;
07EB	CD064D		JSR	DISPLAY	;

```

07EE A12E          CMP      #46          ;
                                     ;
07F0 26EF          BNE     CHARINY      ;
07F2 1D09          BCLR   6,TCR        ;
07F4 81            RTS     ;
                                     ;
07F5 46617365 INIMINY DB      'Fase de Inyeccion.'
07F9 20646520
07FD 496E7965
0801 6363696F
0805 6E2E          ;
                                     ;
0807 1C09          MENCARGA BSET     6,TCR      ;
0809 CD0686          JSR     CLEAR       ;
080C A6FF          LDA     #$FF        ;
080E B740          STA     POINTER    ;
0810 A640          LDA     #$40        ;
0812 B73F          STA     DSREGSEL   ;
0814 BE40          CHARCAR LDX     POINTER    ;
0816 5C            INCX    ;
0817 BF40          STX     POINTER    ;
0819 D60828          LDA     INIMCAR,X   ;
081C B73C          STA     CHARACTER  ;
081E CD064D          JSR     DISPLAY    ;
0821 A12E          CMP     #46         ;
                                     ;
0823 26EF          BNE     CHARCAR     ;
0825 1D09          BCLR   6,TCR        ;
0827 81            RTS     ;
                                     ;
0828 46617365 INIMCAR DB      'Fase de Carga del material.'
082C 20646520
0830 43617267
0834 61206465
0838 6C202020
083C 6D617465
0840 7269616C
0844 2E            ;
                                     ;
0845 1C09          MENAPMOL BSET     6,TCR      ;
0847 CD0686          JSR     CLEAR       ;
084A A6FF          LDA     #$FF        ;
084C B740          STA     POINTER    ;
084E A640          LDA     #$40        ;
0850 B73F          STA     DSREGSEL   ;
0852 BE40          CHARAMOL LDX     POINTER    ;
0854 5C            INCX    ;
0855 BF40          STX     POINTER    ;
0857 D60866          LDA     INIMAMOL,X  ;
085A B73C          STA     CHARACTER  ;

```

```

085C CD064D      JSR   DISPLAY      ;
085F A12E        CMP    #46          ;
;
;
;
0861 26EF        BNE   CHARAMOL     ;
0863 1D09        BCLR  6,TCR        ;
0865 81          RTS          ;
;
;
0866 46617365 INIMAMOL DB      'Fase de Apertura del molde.'
086A 20646520
086E 41706572
0872 74757261
0876 2064656C
087A 206D6F6C
087E 64652E
;
;
0881 1C09        MENEMERG BSET  6,TCR          ;
0883 CD0686      JSR   CLEAR          ;
0886 A6FF        LDA   #$$FF         ;
0888 B740        STA   POINTER        ;
088A A640        LDA   #40           ;
088C B73F        STA   DSREGSEL       ;
088E BE40        CHAREMER LDX   POINTER        ;
0890 5C          INCX          ;
0891 BF40        STX   POINTER        ;
0893 D608A2      LDA   INIMEMER,X     ;
0896 B73C        STA   CHARACTER        ;
0898 CD064D      JSR   DISPLAY          ;
089B A12E        CMP    #46          ;
;
;
089D 26EF        BNE   CHAREMER     ;
089F 1D09        BCLR  6,TCR        ;
08A1 81          RTS          ;
;
;
08A2 5041524F INIMEMER DB      'PARO DE EMERGENCIA.'
08A6 20444520
08AA 454D4552
08AE 47454E43
08B2 49412E
;
;
;
08B5 1C09        MENCALIEN BSET  6,TCR          ;
08B7 CD0686      JSR   CLEAR          ;
08BA A6FF        LDA   #$$FF         ;
08BC B740        STA   POINTER        ;
08BE A640        LDA   #40           ;
08C0 B73F        STA   DSREGSEL       ;
08C2 BE40        CHARCALI LDX   POINTER        ;
08C4 5C          INCX          ;
08C5 BF40        STX   POINTER        ;
08C7 D608D6      LDA   INIMCALI,X     ;
08CA B73C        STA   CHARACTER        ;

```

```

08CC CD064D      JSR      DISPLAY      ;
08CF A12E       CMP      #46      ;
;
;
;
;
08D1 26EF      BNE      CHARCALI     ;
08D3 1D09      BCLR     6,TCR       ;
08D5 81        RTS      ;
;
;
08D6 43616C65  INIMCALI  DB      'Calentando barril.'
08DA 6E74616E
08DE 646F2062
08E2 61727269
08E6 6C2E
;
;
08E8 1C09      MENCTEM1 BSET     6,TCR      ;
08EA CD0686      JSR      CLEAR       ;
08ED A6FF      LDA      ##FF       ;
08EF B740      STA      POINTER    ;
08F1 A640      LDA      ##40       ;
08F3 B73F      STA      DSREGSEL   ;
08F5 BE40      CHARTEM1 LDX      POINTER    ;
08F7 5C        INCX     ;
08F8 BF40      STX      POINTER    ;
08FA D60909     LDA      INIMTEM1,X ;
08FD B73C      STA      CHARACTER  ;
08FF CD064D      JSR      DISPLAY    ;
0902 A12E       CMP      #46      ;
;
;
;
;
0904 26EF      BNE      CHARTEM1   ;
0906 1D09      BCLR     6,TCR     ;
0908 81        RTS      ;
;
;
0909 4E756576  INIMTEM1  DB      'Nueva TEMPl -. '
090D 61205445
0911 4D503120
0915 3D2E
;
;
0917 1C09      MENCTEM2 BSET     6,TCR      ;
0919 CD0686      JSR      CLEAR       ;
091C A6FF      LDA      ##FF       ;
091E B740      STA      POINTER    ;
0920 A640      LDA      ##40       ;
0922 B73F      STA      DSREGSEL   ;
0924 BE40      CHARTEM2 LDX      POINTER    ;
0926 5C        INCX     ;
0927 BF40      STX      POINTER    ;
0929 D60938     LDA      INIMTEM2,X ;
092C B73C      STA      CHARACTER  ;
092E CD064D      JSR      DISPLAY    ;
0931 A12E       CMP      #46      ;
;
;

```

```

0933 26EF          BNE  CHARTEM2      /
0935 1D09          BCLR 6,TCR          /
0937 81            RTS                    /
/
0938 4E756576 INIMTEM2 DB 'Nueva TEMP2 =.'
093C 61205445
0940 4D503220
0944 3D2E
/
/
0946 1C09          MENCTEM3 BSET 6,TCR      /
0948 CD0686        JSR  CLEAR          /
094B A6FF          LDA  $$FF            /
094D B740          STA  POINTER          /
094F A640          LDA  $$40            /
0951 B73F          STA  DSREGSEL         /
0953 BE40          CHARTEM3 LDX  POINTER          /
0955 5C            INCX                    /
0956 BF40          STX  POINTER          /
0958 D60967        LDA  INIMTEM3,X       /
095B B73C          STA  CHARACTER          /
095D CD064D        JSR  DISPLAY          /
0960 A12E          CMP  #46              /
/
/
0962 26EF          BNE  CHARTEM3      /
0964 1D09          BCLR 6,TCR          /
0966 81            RTS                    /
/
0967 4E756576 INIMTEM3 DB 'Nueva TEMP3 =.'
096B 61205445
096F 4D503320
0973 3D2E
/
/
0975 1C09          MENCPHID BSET 6,TCR      /
0977 CD0686        JSR  CLEAR          /
097A A6FF          LDA  $$FF            /
097C B740          STA  POINTER          /
097E A640          LDA  $$40            /
0980 B73F          STA  DSREGSEL         /
0982 BE40          CHARPHID LDX  POINTER          /
0984 5C            INCX                    /
0985 BF40          STX  POINTER          /
0987 D60996        LDA  INIMPHID,X       /
098A B73C          STA  CHARACTER          /
098C CD064D        JSR  DISPLAY          /
098F A12E          CMP  #46              /
/
/
0991 26EF          BNE  CHARPHID      /
0993 1D09          BCLR 6,TCR          /
0995 81            RTS                    /

```



```

/
0996 4E756576 INIMPHID DB 'Nueva P.HIDR-'
099A 6120502E
099E 48494452
09A2 3D2E

/
/
09A4 1C09 MENCMPOL BSET 6,TCR /
09A6 CD0686 JSR CLEAR /
09A9 A6FF LDA ##FF /
09AB B740 STA POINTER /
09AD A640 LDA ##40 /
09AF B73F STA DSREGSEL /
09B1 BE40 CHARPMOL LDX POINTER /
09B3 5C INCX /
09B4 BF40 STX POINTER /
09B6 D609C5 LDA INIMPMOL,X /
09B9 B73C STA CHARACTER /
09BB CD064D JSR DISPLAY /
09BE A12E CMP #46 /
/
/
09C0 26EF BNE CHARPMOL /
09C2 1D09 BCLR 6,TCR /
09C4 81 RTS /
/
/
09C5 4E756576 INIMPMOL DB 'Nueva P.MOL =.'
09C9 6120502E
09CD 4D4F4C20
09D1 3D2E

/
/
09D3 1C09 MENCPOHU BSET 6,TCR /
09D5 CD0686 JSR CLEAR /
09D8 A6FF LDA ##FF /
09DA B740 STA POINTER /
09DC A640 LDA ##40 /
09DE B73F STA DSREGSEL /
09E0 BE40 CHARPOHU LDX POINTER /
09E2 5C INCX /
09E3 BF40 STX POINTER /
09E5 D609F4 LDA INIMPOHU,X /
09E8 B73C STA CHARACTER /
09EA CD064D JSR DISPLAY /
09ED A12E CMP #46 /
/
/
09EF 26EF BNE CHARPOHU /
09F1 1D09 BCLR 6,TCR /
09F3 81 RTS /
/
/
09F4 4E756576 INIMPOHU DB 'Nueva POS.HUS=.'
09F8 6120504F
09FC 532E4855

```

0A00 533D2E

```

;
;
0A03 1C09      MENCPOMO  BSET   6,TCR      ;
0A05 CD0686    JSR     CLEAR      ;
0A08 A6FF      LDA     #$FF       ;
0A0A B740      STA     POINTER    ;
0A0C A640      LDA     #$40       ;
0A0E B73F      STA     DSREGSEL   ;
0A10 BE40      CHARPOMO  LDX     POINTER    ;
0A12 5C        INCX                    ;
0A13 BF40      STX     POINTER    ;
0A15 D60A24    LDA     INIMPOMO,X  ;
0A18 B73C      STA     CHARACTER   ;
0A1A CD064D    JSR     DISPLAY    ;
0A1D A12E      CMP     #46        ;
;
;
0A1F 26EF      BNE     CHARPOMO   ;
0A21 1D09      BCLR    6,TCR      ;
0A23 81        RTS                    ;
;
0A24 4E756576 INIMPOMO  DB      'Nueva POS.MOL=.'
0A28 6120504F
0A2C 532E4D4F
0A30 4C3D2E
```

```

;
;
0A33 1C09      MENCTIM1  BSET   6,TCR      ;
0A35 CD0686    JSR     CLEAR      ;
0A38 A6FF      LDA     #$FF       ;
0A3A B740      STA     POINTER    ;
0A3C A640      LDA     #$40       ;
0A3E B73F      STA     DSREGSEL   ;
0A40 BE40      CHARTIM1  LDX     POINTER    ;
0A42 5C        INCX                    ;
0A43 BF40      STX     POINTER    ;
0A45 D60A54    LDA     INIMTIM1,X  ;
0A48 B73C      STA     CHARACTER   ;
0A4A CD064D    JSR     DISPLAY    ;
0A4D A12E      CMP     #46        ;
;
;
0A4F 26EF      BNE     CHARTIM1  ;
0A51 1D09      BCLR    6,TCR      ;
0A53 81        RTS                    ;
;
;
0A54 4E756576 INIMTIM1  DB      'Nuevo TIME1 =.'
0A58 6F205449
0A5C 4D453120
0A60 3D2E
```

```

;
;
0A62 1C09      MENCTIM2  BSET   6,TCR      ;

```

0A64	C00686		JSR	CLEAR	;
0A67	A6FF		LDA	##FF	;
0A69	B740		STA	POINTER	;
0A6B	A640		LDA	##40	;
0A6D	B73F		STA	DSREGSEL	;
0A6F	BE40	CHARTIM2	LDX	POINTER	;
0A71	5C		INCX		;
0A72	BF40		STX	POINTER	;
0A74	D60A83		LDA	INIMTIM2,X	;
0A77	B73C		STA	CARACTER	;
0A79	C0064D		JSR	DISPLAY	;
0A7C	A12E		CMP	#46	;
					;
					;
0A7E	26EF		BNE	CHARTIM2	;
0A80	1D09		BCLR	6,TCR	;
0A82	81		RTS		;
					;
0A83	4E756576	INIMTIM2	DB	'Nuevo TIME2 =.'	
0A87	6F205449				
0A8B	4D453220				
0A8F	3D2E				
					;
					;
0A91	1C09	MENCTIM3	BSET	6,TCR	;
0A93	C00686		JSR	CLEAR	;
0A96	A6FF		LDA	##FF	;
0A98	B740		STA	POINTER	;
0A9A	A640		LDA	##40	;
0A9C	B73F		STA	DSREGSEL	;
0A9E	BE40	CHARTIM3	LDX	POINTER	;
0AA0	5C		INCX		;
0AA1	BF40		STX	POINTER	;
0AA3	D60AB2		LDA	INIMTIM3,X	;
0AA5	B73C		STA	CARACTER	;
0AA8	C0064D		JSR	DISPLAY	;
0AAB	A12E		CMP	#46	;
					;
					;
0AAD	26EF		BNE	CHARTIM3	;
0AAF	1D09		BCLR	6,TCR	;
0AB1	81		RTS		;
					;
0AB2	4E756576	INIMTIM3	DB	'Nuevo TIME3 =.'	
0AB6	6F205449				
0ABA	4D453320				
0ABE	3D2E				
					;
					;
0AC0	1C09	MENCTIM4	BSET	6,TCR	;
0AC2	C00686		JSR	CLEAR	;
0AC5	A6FF		LDA	##FF	;
0AC7	B740		STA	POINTER	;
0AC9	A640		LDA	##40	;

```

OACB B73F          STA      DSREGSEL      ;
OACD BE40          CHARTIM4 LDX      POINTER          ;
OACF 5C            INCX                     ;
OAD0 BF40          STX      POINTER          ;
OAD2 D60AE1       LDA      ININTIM4,X      ;
OAD5 B73C          STA      CHARACTER       ;
OAD7 CD064D       JSR      DISPLAY         ;
OADA A12E         CMP      #46             ;
;
;
OADC 26EF          BNE      CHARTIM4       ;
OADE 1D09         BCLR     6,TCR           ;
OAE0 81           RTS                     ;
;
;
OAE1 4E756576     ININTIM4 DB      'Nuevo TIME4 =.'
OAE5 6F205449
OAE9 4D453420
OAE0 3D2E
;
;
OAEF 1C09         MENCTIMS BSET     6,TCR           ;
OAF1 CD0686       JSR      CLEAR            ;
OAF4 A6FF         LDA      #$$FF          ;
OAF6 B740         STA      POINTER         ;
OAF8 A640         LDA      #40            ;
OAF9 B73F         STA      DSREGSEL       ;
OAF0 BE40         CHARTIMS LDX      POINTER         ;
OAFE 5C           INCX                     ;
OAF7 BF40         STX      POINTER         ;
OBF1 D60B10       LDA      ININTIMS,X      ;
OBF4 B73C         STA      CHARACTER       ;
OBF6 CD064D       JSR      DISPLAY         ;
OBF9 A12E         CMP      #46             ;
;
;
OBF0 26EF         BNE      CHARTIMS       ;
OBF1 1D09         BCLR     6,TCR           ;
OBF0 81           RTS                     ;
;
;
OB10 4E756576     ININTIMS DB      'Nuevo TIMES =.'
OB14 6F205449
OB18 4D453520
OB1C 3D2E
;
;
OB1E 1C09         MENFINCAM BSET     6,TCR           ;
OB20 CD0686       JSR      CLEAR            ;
OB23 A6FF         LDA      #$$FF          ;
OB25 B740         STA      POINTER         ;
OB27 A640         LDA      #40            ;
OB29 B73F         STA      DSREGSEL       ;
OB2B BE40         CHARFINC LDX      POINTER         ;
OB2D 5C           INCX                     ;
OB2E BF40         STX      POINTER         ;

```

```

OB30 D60B3F      LDA      INIMFINC,X      ;
OB33 B73C        STA      CHARACTER      ;
OB35 CD064D      JSR      DISPLAY      ;
OB38 A12E        CMP      #46      ;
                ;
OB3A 26EF        BNE      CHARFINC      ;
OB3C 1D09        BCLR     6,TCR      ;
OB3E 81          RTS      ;
                ;
OB3F 46696E20 INIMFINC DB      'Fin de cambio de variables.'
OB43 64652063
OB47 616D6269
OB4B 6F206465
OB4F 20766172
OB53 6961626C
OB57 65732E
                ;
                ;
OB5A 1C09        MENPTAS BSET     6,TCR      ;
OB5C CD0686      JSR      CLEAR      ;
OB5F A6FF        LDA      #$FF      ;
OB61 B740        STA      POINTER      ;
OB63 A640        LDA      #$40      ;
OB65 B73F        STA      DSREGSEL     ;
OB67 BE40        CHARPTAS LDX     POINTER      ;
OB69 5C          INCX      ;
OB6A BF40        STX      POINTER      ;
OB6C D60B7B      LDA      INIMPTAS,X     ;
OB6F B73C        STA      CHARACTER      ;
OB71 CD064D      JSR      DISPLAY      ;
OB74 A12E        CMP      #46      ;
                ;
                ;
OB76 26EF        BNE      CHARPTAS      ;
OB78 1D09        BCLR     6,TCR      ;
OB7A 81          RTS      ;
                ;
OB7B 50756572 INIMPTAS DB      'Puerta de seguridad abierta
OB7F 74612064
OB83 65207365
OB87 67757269
OB8B 64616420
OB8F 61626965
OB93 72746120
OB97 20202020
OB9B 20202020
OB9F 20202020
OBA3 50726F63    DB      'Proceso detenido.'
OBA7 65736F20
OBAB 64657465
OBAF 6E69646F
OBB3 2E
                ;

```

```

/
/
OBB4 1C09      MENMENU1 BSET      6,TCR      /
OBB6 CD0686   JSR          CLEAR      /
OBB9 A6FF     LDA          $$$FF     /
OBBB B740     STA          POINTER   /
OBBD A640     LDA          $$40      /
OBBF B73F     STA          DSREGSEL  /
OBC1 BE40     CHARMNU1  LDX          POINTER /
OBC3 5C       INCX         /
OBC4 BF40     STX          POINTER   /
OBC6 D60BD5   LDA          INIMMNU1,X /
OBC9 B73C     STA          CHARACTER /
OBCB CD064D   JSR          DISPLAY  /
OBCE A12E     CMP          #46        /
/
/
/
OBD0 26EF     BNE          CHARMNU1 /
OBD2 1D09     BCLR         6,TCR      /
OBD4 81       RTS          /
/
/
OBD5 5445434C INIMMNU1  DB          'TECLA: ACCION: <- Abre molde' /
OBD9 413A2020 /
OBDD 20204143 /
OBE1 43494F4E /
OBE5 3A202020 /
OBE9 3C2D2020 /
OBED 41627265 /
OBF1 206D6F6C /
OBF5 64652020 /
OBF9 20202020 /
OBFD 2D3E2020 DB          '-> Cierra molde ESC Siguiente menu' /
OC01 43696572 /
OC05 7261206D /
OC09 6F6C6465 /
OC0D 20202020 /
OC11 45534320 /
OC15 53696775 /
OC19 69656E74 /
OC1D 65206D65 /
OC21 6E752020 /
/
/
/
OC25 1C09      MENMENU2 BSET      6,TCR      /
OC27 CD0686   JSR          CLEAR      /
OC2A A6FF     LDA          $$$FF     /
OC2C B740     STA          POINTER   /
OC2E A640     LDA          $$40      /
OC30 B73F     STA          DSREGSEL  /
OC32 BE40     CHARMNU2  LDX          POINTER /
OC34 5C       INCX         /
OC35 BF40     STX          POINTER   /
OC37 D60C46   LDA          INIMMNU2,X /
OC3A B73C     STA          CHARACTER /
OC3C CD064D   JSR          DISPLAY  /

```

0C3F A12E		CMP	#46	/	
				/	
0C41 26EF		BNE	CHARMNU2	/	
0C43 1D09		BCLR	6,TCR	/	
0C45 81		RTS		/	
		/			
0C46 5445434C	INIMMNU2	DB	'TECLA:	ACCION:	<- Piston atras
0C4A 413A2020					
0C4E 20204143					
0C52 43494F4E					
0C56 3A202020					
0C5A 3C2D2020					
0C5E 50697374					
0C62 6F6E2061					
0C66 74726173					
0C6A 20202020					
0C6E 2D3E2020		DB	'->	Piston adelante	ESC Siguiente menu
0C72 50697374					
0C76 6F6E2061					
0C7A 64656C61					
0C7E 6E746520					
0C82 45534320					
0C86 53696775					
0C8A 69656E74					
0C8E 65206D65					
0C92 6E752020					
		/			
		/			
0C96 1C09	MENMENU3	BSET	6,TCR	/	
0C98 CD0686		JSR	CLEAR	/	
0C9B A6FF		LDA	##FF	/	
0C9D B740		STA	POINTER	/	
0C9F A640		LDA	##40	/	
0CA1 B73F		STA	DSREGSEL	/	
0CA3 BE40	CHARMNU3	LDX	POINTER	/	
0CA5 5C		INCX		/	
0CA6 BF40		STX	POINTER	/	
0CAB D60CB7		LDA	INIMMNU3,X	/	
0CAB B73C		STA	CARACTER	/	
0CAD CD064D		JSR	DISPLAY	/	
0CB0 A12E		CMP	#46	/	
		/			
		/			
0CB2 26EF		BNE	CHARMNU3	/	
0CB4 1D09		BCLR	6,TCR	/	
0CB6 81		RTS		/	
		/			
0CB7 5445434C	INIMMNU3	DB	'TECLA:	ACCION:	<- Boquilla atras
0CBB 413A2020					
0CBF 20204143					
0CC3 43494F4E					
0CC7 3A202020					
0CCB 3C2D2042					

OCCF 6F717569  
 OCD3 6C6C6120  
 OCD7 61747261  
 OCDB 73202020  
 OCDF 2D3E2042  
 OCE3 6F717569  
 OCE7 6C6C6120  
 OCEB 6164656C  
 OCEF 616E7465  
 OCF3 45534320  
 OCF7 53696775  
 OCFB 69656E74  
 OCFE 65206D65  
 OD03 6E752020

DB '-> Boquilla adelante ESC Siguiente menu'

```

;
;
OD07 1C09      MENMENU4  BSET      6,TCR      ;
OD09 CD0686    JSR        CLEAR     ;
ODOC A6FF      LDA        $$$FF    ;
ODOE B740      STA        POINTER  ;
OD10 A640      LDA        $$40     ;
OD12 B73F      STA        DSREGSEL ;
OD14 BE40      CHARMNU4  LDX        POINTER ;
OD16 5C        INCX       ;
OD17 BF40      STX        POINTER  ;
OD19 D60D28    LDA        INIMNU4, X ;
OD1C B73C      STA        CHARACTER ;
OD1E CD064D    JSR        DISPLAY  ;
OD21 A12E      CMP        #46      ;
;
;
OD23 26EF      BNE        CHARMNU4 ;
OD25 1D09      BCLR      6,TCR     ;
OD27 81        RTS          ;
;
;
OD28 5445434C INIMNU4  DB        'TECLA: ACCION: INY Inyeccion manual'
OD2C 413A2020
OD30 20204143
OD34 43494F4E
OD38 3A202020
OD3C 494E5920
OD40 496E7965
OD44 6363696F
OD48 6E206D61
OD4C 6E75616C
OD50 43415220  DB        'CAR Carga material ESC Siguiente menu'
OD54 43617267
OD58 61206D61
OD5C 74657269
OD60 616C2020
OD64 45534320
OD68 53696775
OD6C 69656E74
OD70 65206D65

```



```

;
;
;*****
;*
;*          RUTINA DE PARO DE EMERGENCIA
;*
;*
;*****
;
;
OD78 3F18      PAROINM  CLR      SALIDA1      ;Cierra todas las valvulas.
OD7A 3F19      CLR      SALIDA2      ;
OD7C 3F1A      CLR      SALIDA3      ;
OD7E CD05B9    JSR      SALIDAS      ;
OD81 CD0881    JSR      MENEMERG     ;Envia a la pantalla el mensaje
;de emergencia.
OD84 CC012C    JMP      RESET          ;Ejecuta la rutina de inicio.
OD87 80        RTI
;
;
;*****
;*
;*          RUTINA DE PUERTAS DE SEGURIDAD
;*
;*
;*****
;
OD88 3F18      PTAOPEN  CLR      SALIDA1      ;Cierra todas las valvulas.
OD8A 3F19      CLR      SALIDA2      ;
OD8C 3F1A      CLR      SALIDA3      ;
OD8E CD05B9    JSR      SALIDAS      ;
OD91 CD0B5A    JSR      MENPTAS     ;Envia a la pantalla el mensaje
;de que las puertas de seguri-
;dad estan abiertas.
OD94 CC012C    JMP      RESET          ;Ejecuta la rutina de inicio.
OD97 80        RTI
;
;
;*****
;*
;*          RUTINA DE ATENCION DE INTERRUPCIONES
;*
;*
;*****
;
OD98 0E030D    INTEXT  BRSET    7,PORTD,DETEnte ;Ejecuta rutina de paro
;inmediato.
OD9B 0E000D    BRSET    7,PORTA,TECLADO ;Ejecuta rutina de identifi-
; cacion de una tecla.
OD9E 06010D    BRSET    3,PORTB,CAMBIOS ;Ejecuta rutina de deteccion
;de un cambio en el proceso.
ODA1 0E0A0D    INT2TIMER BRSET    7,MR,PUERTA ;Detecta que se han abierto
; las compuertas de seguridad.
ODA4 0E090D    BRSET    7,TCR,TIMEINT
ODA7 80        RTI
;
ODAB CC0D78    DETENTE  JMP      PAROINM

```

```

ODAB CC016C   TECLADO   JMP     BUSCA
ODAE CC04DC   CAMBIOS   JMP     DETECCAM
ODB1 CC0D88   PUERTA    JMP     PTAOPEN
ODB4 CC0607   TIMEINT   JMP     TIMERINT
;
;*****
;*
;*          VECTORES DE INTERUPCION          *
;*
;******
;
OFF8          ORG     $FF8          ;Direccion de inicio de los
;vectores de interrupcion.
OFF8 ODA1     DW     INT2TIMER     ;Vector de interrupcion de INT2 y
;del Timer.
OFFA OD98     DW     INTEXT        ;Vector de interrupciones
;externas (INT).
OFFC 0080     DW     PORESET       ;Vector de interrupcion por
;software (SWI).
OFFE 0080     DW     PORESET       ;Vector de interrupcion de
;POWER ON RESET.

```

---Symbol Table---

ABREMOL	03AD
ADCR	000E
ADRR	000F
ALMACENA	0013
AUTO00	0433
AUTO01	0441
AUTO10	0453
AUTO11	0468
AUT100	0489
AUT101	04A1
AUT110	04C2
AUT111	04D0
AUTOMATI	040D
AUTTM1	046F
BITDESAL	0017
BOQADEL	03C2
BOQATRAS	03BF
BUSCA	016C
CAMBIOS	0DAE
CARACLSB	003E
CARACMSB	003D
CARACTER	003C
CARGAMAN	03DF
CENTEN	0610
CENTENAS	0010
CHARAMOL	0852
CHARAUT	0714
CHARCALI	08C2
CHARCAR	0814
CHAREMER	088E
CHARFAS1	0748
CHARFAS2	077B
CHARFAS3	07AE
CHARFINC	082B
CHARINY	07E1
CHARMEN1	069F
CHARMEN2	06D4
CHARMNU1	08C1
CHARMNU2	0C32
CHARMNU3	0CA3
CHARMNU4	0D14
CHARPHID	0982
CHARPMOL	09B1
CHARPOHU	09E0
CHARPOMO	0A10
CHARPTAS	0B67
CHARTEM1	08F5
CHARTEM2	0924
CHARTEM3	0953
CHARTIM1	0A40
CHARTIM2	0A6F
CHARTIM3	0A9E

CHARTIM4	0ACD
CHARTIM5	0AFC
CICLO1	052C
CICLO2	053B
CICLO3	054A
CICLO4	0559
CICLO5	0564
CIERRAMO	03B3
CLEAR	0686
CODIGO	0060
CODIGOO	0060
CODIGO1	0061
CODIGO2	0062
CODIGO3	0063
CODIGO4	0064
CODIGO5	0065
CODIGO6	0066
CODIGO7	0067
CODIGOB	0068
CODIGO9	0069
CODIGOA	006A
CODIGOB	006B
CODIGOC	006C
CODIGOD	006D
CODIGOE	006E
CODIGOF	006F
COMPA	009B
CONADR	00F0
CONDI	0132
CONINI	0050
CONTADO1	001C
CONTADO2	001D
CONTADO3	001E
CONVICEN	0642
CONVIDEC	0634
CVC	01D7
DATO	001B
DDRA	0004
DDRB	0005
DDRC	0006
DECEN	061A
DECENAS	0011
DECHEX	0627
DECODI	0174
DECOVAR	028D
DELISTO	01BD
DETECCAM	04DC
DETEnte	0DA8
DEVA	01DA
DISPLAY	064D
DSREGSEL	003F
ENABLE	067C
ERROR	0100
ERRORST	064A

ESPERA	0168
ESPERA1	0431
ESPERINT	05FE
ETAPA	0016
FILL	0092
FILLR	0090
FIN	05DF
FINDCAM	031D
FINMANUA	03A6
GUARCEM	02AE
GUARDA	029B
GUARDEC	02B3
GUARUNI	02B8
GUP.HIDR	02F6
GUP.MOL	02FA
GUPOSHUS	02FE
GUPOSMOL	0302
GUTEMP1	02EA
GUTEMP2	02EE
GUTEMP3	02F2
GUTIME1	0306
GUTIME2	030A
GUTIME3	030E
GUTIME4	0312
GUTIME5	0316
HEXDEC	060A
INFRAPHI	05B3
INFRAPHO	05A1
INFRATEMP	058F
INICIO	0145
INICON2	05FA
INIFASE1	075C
INIFASE2	078F
INIFASE3	07C2
INIMAMOL	0866
INIMCALI	08D6
INIMCAR	0828
INIMEMER	08A2
INIMEN1	06B3
INIMEN2	06E8
INIMENAU	0728
INIMPINC	0B3F
INIMINY	07F5
INIMMNU1	0BD5
INIMMNU2	0C46
INIMMNU3	0CB7
INIMMNU4	0D28
INIMPHID	0996
INIMPHOL	09C5
INIMPOHU	09F4
INIMPOHO	0A24
INIMPTAS	0B7B
INIMTEM1	0909
INIMTEM2	0938

INIMTEM3	0967
INIMTIM1	0A54
INIMTIM2	0AB3
INIMTIM3	0AB2
INIMTIM4	0AE1
INIMTIM5	0B10
INIPAU	05F4
INT2TIMER	0DA1
INTEXT	0D98
INYECHAN	03C5
JMPMANUAL	0181
LISTO	00F2
MANUAL	0324
MENAPHOL	0845
MENCALIEN	08B5
MENCARGA	0807
MENCPHID	0975
MENCPMOL	09A4
MENCPOHU	09D3
MENCPOMO	0A03
MENCTEM1	08E8
MENCTEM2	0917
MENCTEM3	0946
MENCTIM1	0A33
MENCTIM2	0A62
MENCTIM3	0A91
MENCTIM4	0ACO
MENCTIM5	0AEF
MENEMERG	08B1
MENFASE1	073B
MENFASE2	076E
MENFASE3	07A1
MENFINCAM	0B1E
MENINIAUT	0707
MENINYEC	07D4
MENMENU1	0BB4
MENMENU2	0C25
MENMENU3	0C96
MENMENU4	0D07
MENPTAS	0B5A
MENSAJE1	0692
MENSAJE2	06C7
MENUMAN1	0346
MENUMAN2	035E
MENUMAN3	0376
MENUMAN4	038E
MODIFIC1	0014
MODIFIC2	0015
MONETAPA1	01AE
MONITOR	0524
MONITOR1	0041
MR	000A
OPAUTOMA	01D3
OPMAN	01D0

OTRACOM	028F
OTRO	05BE
OTROBYTE	05DC
P.HIDR	0033
P.MOL	0034
PAROINM	0D78
PASO001	04EB
PASO010	04F3
PASO011	04FB
PASO100	0503
PASO101	050B
PASO110	0513
PASO111	051B
PASORTI	0523
PASOSIG	0020
PAUSATM1	05E0
PAUSATM2	05E4
PAUSATM3	05E8
PAUSATM4	05EC
PAUSATM5	05F0
PHIDINI	0053
PISADEL	03BC
PISATRAS	03B9
PMOLINI	0054
POHUSINI	0055
POINTER	0040
POMOLINI	0056
PORESET	0080
PORTA	0000
PORTB	0001
PORTC	0002
PORTD	0003
POSHUS	0035
POSMOL	0036
PTAOPEN	0DB8
PUERTA	0DB1
RAMA1	0591
RAMA2	05A3
RAMA3	05B5
RDY	00D4
READY	00ED
REGCON	0030
REGPHIDR	0027
REGPMOL	0026
REGRES	00C7
REGTEMP1	0021
REGTEMP2	0022
REGTEMP3	0023
REGTEMP4	0024
REGTEMP5	0025
RESET	012C
SALIDA1	0018
SALIDA2	0019
SALIDA3	001A

SALIDAS	05B9
SALTA1	05C6
SBRMANU1	0042
SOBREPHI	05AF
SOBREPMO	059D
SOBRETEMP	058B
START	0184
TCR	0009
TDR	0008
TECINI	01A4
TECLA	0162
TECLADO	0DAB
TECLAINI	019A
TECLASET	018E
TEM1INI	0050
TEM2INI	0051
TEM3INI	0052
TEMP1	0030
TEMP2	0031
TEMP3	0032
TEST2	0086
TESTAD	00E0
TESTOK	0120
TESTTM	00BC
TIEMPO	001F
TIME1	0037
TIME1INI	0057
TIME2	0038
TIME2INI	0058
TIME3	0039
TIME3INI	0059
TIME4	003A
TIME4INI	005A
TIME5	003B
TIME5INI	005B
TIMEINT	0DB4
TIMER	00B0
TIMERINT	0607
UNIDAD	0624
UNIDADES	0012
VAR1	01EB
VAR10	0269
VAR11	0277
VAR12	0285
VAR2	01F9
VAR3	0207
VAR4	0215
VAR5	0223
VAR6	0231
VAR7	023F
VAR8	024D
VAR9	025B
WAIT1	0669



# CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de este trabajo se estudiaron las diferentes opciones que se tenían para optimizar el proceso de inyección de plástico, comprobándose que la automatización con microcontrolador proporciona una gran precisión y eficiencia en el control del proceso puesto que se obtiene con ello:

A) Disminución de costos de operación, pues al tener un incremento en la eficiencia de producción y obtener productos terminados de mejor calidad, se tendrán menos rechazos y por consiguiente mayor economía y un tiempo de trabajo mejor empleado.

B) Productos terminados más homogéneos, ya que se controlan más eficazmente todas las variables involucradas en el proceso, obteniéndose productos con dimensiones más precisas y mejor apariencia.

C) Se hace mínima la intervención del hombre, logrando de esta manera disminuir drásticamente los errores de apreciación cometidos por él, puesto que cada una de las variables es supervisada y controlada en forma continua a través de un microcontrolador dando como resultado una alta precisión en el proceso.

Para finalizar diremos que la nueva generación de microcontroladores son instrumentos muy confiables , de bajo consumo de potencia, de fácil programación para el usuario y que permiten cambios y aplicaciones futuras.

# BIBLIOGRAFIA

## B I B L I O G R A F I A

Manuales de máquinas de inyección

Negri-Bossi, mods. N.B. 190; 260; 360.

Fama-Nissei, mods. F.S. 75; 150; 250.

Mink, Walter

Inyección de plásticos

Ed. Gustavo Gili, Barcelona 1975

Von, Meysenbug

Tecnología de plásticos para ingenieros.

Ed. URMO, Bilbao 1983

D. Moore Harry - R. Kibbey Donald.

Materiales y procesos de fabricación:

Industria metalmecánica y de plásticos.

Ed. Limusa , México, 1987

Anguita Delgado, J.

Moldeo por inyección

Ed. Blume, Madrid 1975

Simonds Weith, B.  
Handbook of plastics  
Ed. Van Nostrand Co. Eva, 1975

Berhardt, Ernest C.  
Processing of Thermoplastic Materials  
Ed. Reinhold Publishing Co. New York

Delmonte  
Plastics Molding  
Ed. John Wiley and Sons New York

Pabst  
Manual de plásticos  
Ed. Reverte, México

Rosato  
Plastics processing data handbook  
Ed. Van Nostrand Reinhold, New York 1990

Dym, Joseph B.  
Injection molds and molding  
Ed. Van Nostrand Reinhold, New York 1987

J.Carr Joseph

Digital Interfacing with an analog world

Ed. Blue Ridge Summit, Pennsylvania, 1978

F.Hordeski Michael

The design of microprocessor, sensor, and control systems

Ed. Reston, Virginia, 1985

D.E. Johnson, J.L. Hilburn

Digital Circuits and Microcomputers

Ed. Prentice Hall Engelwood Cliffs, N.J. 1989

A.Schuler, Charles - L. Mc.Namee, William

Industrial Electronics and Robotics

Ed. Mc.Graw Hill International 1988

J.Maloney, Timothy

Electrónica Industrial Dispositivos y Sistemas

Ed. Prentice Hall 1980

Morris Mano, M.

Lógica digital y diseño de computadoras

Ed. Prentice Hall 1980

J.Sipl, Charles

Microcomputadoras diccionario de términos

Ed. Mc. Graw Hill 1981

M6805 HMOS / M146805 CMOS Family Users Manual

1980-1983 by Motorola Inc.

Ed. Prentice Hall International Inc. London.