

CONTROL, MEDIANTE UN MICROPROCESADOR,
DE UNA MAQUINA DE HIDROFORMADO DE METALES.

Roberto Daza-Gómez Torres

Sección de Electrónica de la División de Estudios de Posgrado de la
Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

G(2) M17854

CONTENIDO

Prologo	1
1. PRINCIPIO DEL PROCESO DE HIDROFORMADO Y DESCRIPCION DE LA MAQUINA A CONTROLAR	3
1.1 Programación mecánica de la máquina (sistema anterior), 4	
1.2 Parámetros del sistema mecánico, 4	
2. DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS AUXILIARES DEL SISTEMA CON CONTROL COMPUTARIZADO.	7
2.1 Detección de la posición del pistón, 8	
2.2 Modificación de la presión en el domo, 9	
2.3 Detección del valor de la presión en el domo, 13	
2.4 Control del movimiento del pistón, 15	
2.5 Comunicación con el usuario, 16	
2.6 Almacenamiento permanente de perfiles presión-altura, 17	
3. SISTEMA DE CONTROL COMPUTARIZADO.	18
3.1 Diagnóstico, 19	
3.2 Programación, 20	
3.3 Calibración, 21	
3.4 Ejecución, 22	
3.5 Protección, 26	
4. RESULTADOS OBTENIDOS	28
5. CONSIDERACIONES FINALES	29
Apéndice I. MANUAL TECNICO.	

PROLOGO

El presente volúmen describe el proyecto "control de una máquina de hidro formado de metales", que se realizó en la sección de Electrónica de la DEPTI, UNAM, en el período comprendido de octubre de 1978 a junio de 1981. Este proyecto fue realizado en colaboración estrecha con la compañía particular Bekolite International, S.A. y fué producto de la gestión y apoyo de las personas encargadas de la jefatura de la sección de electrónica en esas fechas.

El compromiso contraído por la sección de electrónica comprendía el diseño y construcción de un equipo electrónico que controlara una máquina de hidroformado de metales, reduciendo la complejidad y el tiempo empleado en la programación mecánica de la misma. Lo anterior, contemplaba el diseño de un prototipo que cumpliera las funciones y especificaciones marcadas por la compañía Bekolite International y la construcción de un equipo definitivo que soportara las condiciones propias de un ambiente industrial.

Los objetivos anteriores fueron satisfechos plenamente, y a la fecha, el equipo desarrollado se emplea extensivamente en la mencionada compañía.

El desarrollo del proyecto presente fué resultado de una labor de equipo de los profesores de tiempo completo de la sección de electrónica y a todos ellos en conjunto debe otorgarse el crédito correspondiente. Mención particular merece el Ing. Cesar Chávez Zapata que coordinó el desarrollo de la parte electrónica del equipo, que diseñó el circuito interfaz para un bloque de memoria de nucleos y que diseñó el tablero de control y los circuitos de captura de datos del usuario. También debe mencionarse la labor del Ing. Hugo Calleja Gjumlich que diseñó un circuito convertidor analógico-digital y que desarrolló los programas de computadora que permiten la programación del sistema por el usuario. Debe mencionarse también que la construcción del equipo definitivo corrió a cargo del Ing. Jose Miguel Martínez Alcaráz, que además, diseñó un bloque de memoria programable y coordinó la labor de los ayudantes de la sección. Importante también fué la labor del Ing. Eduardo Cristo Alvarez que diseñó un circuito de dis

para para solenoides y desarrolló un circuito electrónico de simulación del sistema. Finalmente mencionaré al Ing. Luis M. Hernández O. que contribuyó con el diseño de una fuente de alimentación para un motor de pasos. Mi labor dentro del equipo se concretó en lo siguiente: la dirección general del proyecto, la caracterización de la máquina de hidroformado, la búsqueda y programación del algoritmo de control, el desarrollo de los programas de computadora que controlan los sensores y actuadores del sistema, la puesta en marcha del mismo, junto con las modificaciones necesarias al diseño original para lograr la aceptación del equipo, éste último en colaboración con el Ing. Martínez Alcaraz.

La lista de profesores que colaboraron en el proyecto descrito se completa con las siguientes personas: Ing. Isaac Scherzon S., Ing. Pedro S. Joselevich C., Ing. Alejandro Guarda A. e Ing. Jesús Guinea T..

Para el grupo de profesores que colaboramos en el presente trabajo, una motivación importante fué, la necesidad de confrontar los conocimientos teóricos con un problema real de envergadura. Lo anterior, en mi opinión, resultó muy provechoso para cada profesor en particular y para la sección de Electrónica en general, ya que, la experiencia adquirida se transmitió a los estudiantes de la maestría en Electrónica, a través de los cursos que dichos profesores impartieron durante todo el tiempo que tardó el desarrollo del proyecto, y que actualmente imparten algunos de ellos.

En mi opinión, éste tipo de colaboración escuela-industria debe ser promovido, de tal forma, que involucre la participación de los alumnos de nuestra institución a fin de que la formación obtenida por ellos resulte completa.

Agradezco, en nombre de todos los que en este proyecto trabajamos, el apoyo y colaboración de las autoridades académicas de la DEPEI, requisito fundamental para la culminación exitosa del mismo.

1. PRINCIPIO DEL PROCESO DE HIDROFORMADO Y DESCRIPCION DE LA MAQUINA A CONTROLAR.

El proceso de hidroformado de metales es útil para trabajar con piezas la minares. Utiliza únicamente un molde, en lugar de 2 como es lo usual, y ésta es su principal ventaja. En lugar del segundo molde emplea un domo lleno de aceite a gran presión cuya frontera inferior es una membrana fle xible.

La presión dentro del domo está determinada por la posición de un vástago acoplado a un regulador de presión que actúa sobre el aceite confinado en el domo.

El molde va acoplado a la parte superior de un pistón, localizado abajo del domo, y la lámina que se pretende formar ocupará un lugar entre el mol de y la membrana; así, el molde formará la parte interna de la pieza mientr as que la membrana formará la parte externa de la misma.

El formado de la pieza se realiza moviendo el pistón hacia arriba, y con ello el molde, a una velocidad constante (este movimiento incrementa la presión dentro del domo) y controlando la presión dentro del domo por me dio de la posición del vástago acoplado al regulador.

El proceso descrito anteriormente requiere que la presión, ejercida sobre la lámina que se desea formar, sea una función precisa del desplazamiento hacia arriba del pistón "y".

$$\text{Presión en el domo} = f(y)$$

La función $f(y)$ está determinada por la geometría del molde y por las ca racterísticas propias del material de la lámina que se pretende formar (ti po de metal, espesor, composición química, etc.); es única para cada tipo diferente de pieza y la llamaremos, de aquí en adelante, curva de calibraci ón.

1.1 Programación Mecánica de la Máquina (Sistema Anterior)

En el sistema original el vástago del regulador de la presión del domo si que el perfil de una leva variable, cuyo movimiento angular está mecánica mente determinado por el movimiento ascendente del pistón. La leva varia ble está constituida por un cilindro con 24 tornillos, igualmente espacia dos sobre su superficie, que sostienen una banda metálica que envuelve al cilindro, constituyendo, de esta forma, una leva programable por medio del ajuste de los 24 tornillos.

La programación de la leva determina la curva de calibración $f(y)$ para un molde, por medio de 24 presiones correspondientes a 24 distintas posi ciones "y" del pistón (aproximadamente cada media pulgada). La presión entre 2 puntos de la curva de calibración será la interpolación lineal de la presión fijada para esos puntos.

Cada vez que se desea producir un tipo distinto de pieza se debe calibrar al sistema (programar la leva), a fin de fijarla $f(y)$ correspondiente. Si la pieza ya fue producida anteriormente, su curva de calibración exis te en una tabla que relaciona un número de tornillo (correspondiente a una posición particular del pistón), con el ajuste que debe tener. El opera dor, con la tabla y un micrómetro, fija la posición de los 24 tornillos. Es necesario, además, probar el sistema completo y reajustar la curva de calibración (los 24 tornillos), por efecto de variaciones en los paráme tros (distinto espesor del material, etc.).

Cuando el sistema se encuentra perfectamente calibrado, las piezas produci das tendrán el acabado y apariencia deseadas.

La calibración del sistema es un procedimiento empírico de prueba y error, que mantiene a la máquina fuera de producción durante horas si la pieza se produjo con anterioridad, o por días, si es la primera vez que se desea producir.

1.2 Parámetros del sistema mecánico.

Para apreciar mejor las características del sistema mecánico conviene apuntar algunos de sus parámetros más importantes:

- i) La máquina de hidroformado tiene más de 6 metros de alto y pesa alrededor de 100 toneladas.
- ii) La presión del aceite dentro del domo puede alcanzar la magnitud de 10,000 libras/pulg.
- iii) La "membrana flexible" del domo, en realidad, es un cilindro de material plástico de 25 cms. de alto y de 85 cms. de diámetro.
- iv) La carrera del vástago del regulador, necesaria para incrementar la presión de 50 a 2250 libras/pulg², es tan solo de 0.9 milímetros.
- v) La máquina cuenta con tres distintas velocidades de ascenso del pistón 1.6 cm/seg., 1.9 cm/seg. y 2.2 cm/seg. medidas en vacío (cero presión en el domo). Estas velocidades se reducen un poco durante el formado de la pieza.
- vi) La carrera máxima del pistón es de 31 cms.
- vii) Las láminas metálicas a formar son circulares, con un diámetro de aproximadamente 70 cms.
- viii) Para el formado correcto de una pieza se requiere un control de la presión en el domo, con un error máximo de 40 libras/pulg² en baja presión (menos de 500 libras/pulg²), y un error máximo de 100 libras/pulg² en alta presión (más de 1000 libras/pulg²). Durante el proceso de formado el control de la presión en el domo resulta crítico, ya que, para cada posición "y" del pistón, un exceso de presión, fuera de tolerancia, ocasiona la ruptura de la lámina metálica que se pretende formar y carencia de presión, fuera de tolerancia, causa dobleces o arrugas en la hoja metálica, que pueden dañar la "membrana" flexible del domo.
- ix) Como la forma geométrica y las dimensiones de las piezas formadas están tan completamente determinadas por las características del molde en

pleado, es necesario, para cada distinto molde, detener la carrera del pistón cuando llegue a la "altura máxima" del mismo. Lo anterior se realiza mediante un tope mecánico. Existe otro tope mecánico que fija la "altura cero" del molde, cuando éste desciende. La tolerancia permitida al fijar los topes mecánicos está determinada por el proceso industrial que utiliza la pieza formada como elemento.

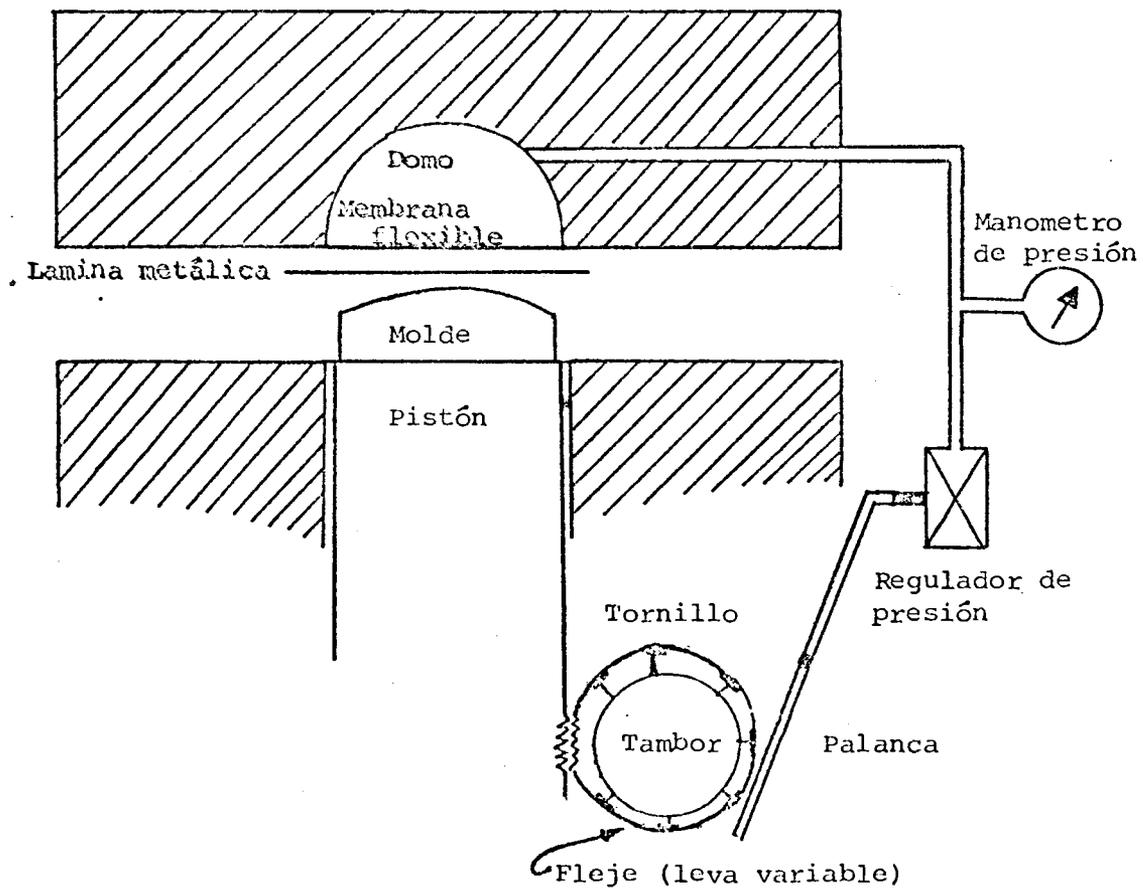


Figura 1. Sistema mecánico de la máquina de hidroformado.

2. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS AUXILIARES DEL SISTEMA CON CONTROL COMPUTARIZADO.

Por la descripción presentada en el capítulo anterior puede verse que la variable a controlar en el proceso es la presión en el domo lleno de aceite. Se debe apuntar, aquí, que una presión excesiva del aceite en el domo, fuera de control, puede causar la ruptura de la "membrana flexible" del domo y si el exceso es muy grande se puede romper el domo mismo.

Por otro lado, dado que la carrera del vástago del regulador de la presión en el domo es muy reducida, el proceso de programación mecánica original, además de laborioso, resulta peligroso. De aquí se planteó, como objetivo primario del diseño del sistema electrónico de control, proporcionar un mecanismo de programación rápido y confiable para la máquina de hidroformado.

Además, existía el requisito de evitar modificaciones mecánicas al sistema original, a fin de garantizar la programación mecánica de la máquina (leva variable), así, los elementos mecánicos del sistema electrónico de control deberían adaptarse a las condiciones mecánicas existentes.

Del análisis de los parámetros del sistema a controlar, resulta que los requerimientos de velocidad, en la toma de decisiones y cálculos aritméticos asociados, no son críticos. Lo anterior, se concluye básicamente de la velocidad relativamente baja con que asciende el pistón cuyo valor máximo es de 1.6 cm/seg y de la resolución deseada en la detección de la altura del pistón.

Así, para resolver el problema planteado, se pensó en diseñar un sistema digital basado en un microprocesador.

Este dispositivo electrónico, por su capacidad de computo y su velocidad de operación, satisface ampliamente la velocidad requerida en los cálculos y toma de decisiones, mencionada anteriormente. Los sistemas diseñados en base a microprocesadores tienen, como ventaja adicional, un costo relativamente bajo si se les compara con sistema de computo del tamaño de los minicomputadoras. El microprocesador es un elemento muy versátil, útil en

una gran cantidad de aplicaciones, que permite el diseño, a la medida, de sistemas digitales de propósito específico.

El sistema electrónico de control, para ser operativo, requiere de elementos auxiliares que le permiten realizar las siguientes funciones:

- i) La detección, durante todo el ciclo de formado de la posición del pistón.
- ii) La modificación de la presión en el domo lleno de aceite.
- iii) La detección de la presión dentro del domo.
- iv) El control del arranque y frenado del pistón.
- v) La comunicación con el usuario que proporciona los datos relativos a la pieza a formar.
- vi) El almacenamiento permanente de los datos de las piezas formadas exitosamente.

2.1 Detección de la posición del pistón

Para la detección de la posición del pistón se eligió un codificador angular óptico de posición. El dispositivo anterior ofrece un patrón binario en código Gray complementado de 8 bits y puede, así, discriminar 256 posiciones distintas de su eje. Se acoplaron dos engranes, uno sobre el tambor de la leva variable original y otro sobre el eje del codificador óptico con una relación aproximada de vueltas de 6 a 1. El movimiento del pistón mueve al engrane acoplado al tambor de la leva y mediante una cadena metálica, dicho movimiento se comunica al engrane del codificador de posición.

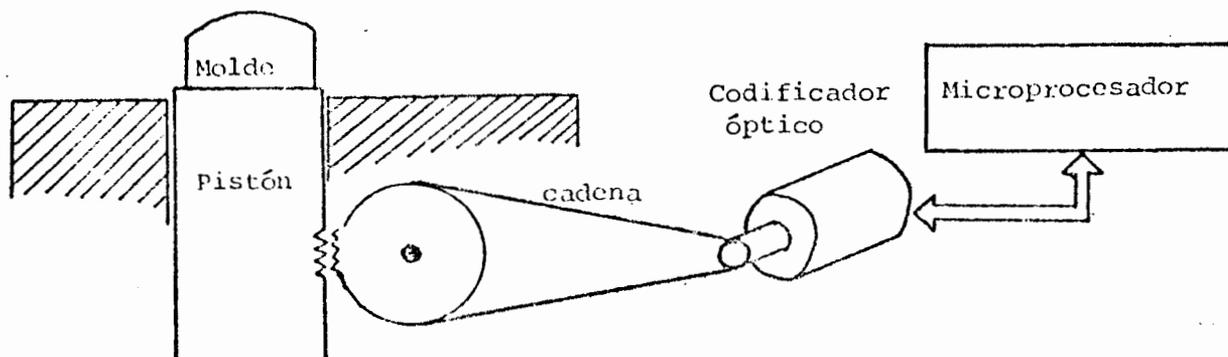


Figura 2. Detección de la altura del pistón.

Con el mecanismo anterior el microprocesador dispone, en todo momento, de un patrón binario que corresponde a una posición del pistón. Un programa de computadora aprovecha las propiedades del código Gray, para detectar patrones binarios incorrectos debidos a fallas del sistema o a ruido eléctrico propio de ambientes industriales y traduce el patrón binario recibido a un valor numérico de altura del pistón, de la siguiente forma:

- i) Resolución: al mover el pistón desde su posición más bajo (cero mecánico de altura), hasta su carrera máxima, ocurre un giro de 360° del engrane acoplado al tambor de la leva, esto genera seis vueltas completas del eje del codificador óptico de posición. Así, considerando el sentido de giro del eje del codificador y llevando la cuenta del número de vueltas efectuados por dicho eje, el programa de computadora dispone de 1536 patrones binarios distintos de 11 bits cada uno. Si se sabe que la carrera máxima del pistón es de 30.873 cms. se tiene una resolución de 2.01 décimas de milímetro.
- ii) Cero relativo: cada distinto molde, por su geometría, requiere una distinta posición del pistón en el inicio y fin del ciclo de formado. Lo anterior quiere decir que el dato de altura del pistón debe darse relativo a la posición de inicio del ciclo (cero relativo). Como no existe relación entre el cero mecánico del pistón y el cero relativo del molde, es necesario un proceso de calibración de altura del pistón para fijar el cero relativo. Conocido el dato del cero relativo, el programa de computadora refiere toda su información de altura a dicho valor.

2.2 Modificación de la presión en el domo

Para la modificación de la presión en el domo se utilizó un motor de pasos. Este dispositivo es un motor eléctrico que se comanda mediante dos líneas. En una de ellas, el nivel eléctrico de voltaje presente determina la dirección del giro del eje del motor. Por la otra línea, un pulso eléctrico origina un giro, de tamaño fijo, del eje del motor.

Así, el número de pulsos recibidos es igual al número de pasos angulares

recorridos por el eje del motor. El motor de pasos fué escogido en función de sus características del par angular, velocidad de operación y tamaño del paso en grados.

Al eje del motor de pasos se le acopló un sistema de rosca y tornillo para traducir su movimiento angular a movimiento axial; mediante un brazo de palanca, dicho movimiento se aplicó al vástago del regulador de la presión en el domo.

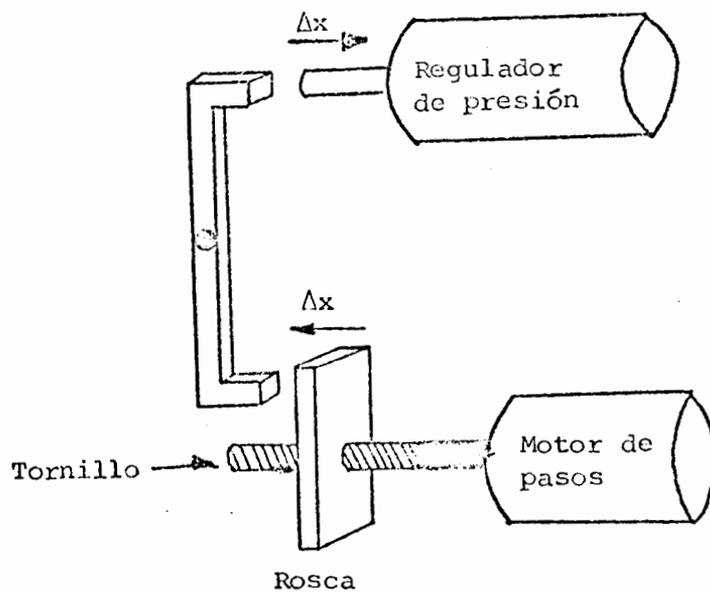


Figura 3. Modificación de la presión en el domo.

El sistema anterior es muy adecuado para comandarse por una microcomputadora digital. Se diseñó haciendo las siguientes consideraciones:

- i) El maquinado del tornillo (rosca) tiene un desplazamiento axial Δ_x

constante por cada paso del motor. Lo anterior, resulta ventajoso ya que existe una relación directa entre el número de pulsos enviados y el desplazamiento axial del tornillo.

- ii) Existe una relación inversa entre el par angular del motor y la frecuencia de los pulsos enviados al motor de pasos (frecuencia de operación).
- iii) La fuerza necesaria para accionar el vástago del regulador no es una variable crítica del sistema, por lo cual, se usó un brazo de palanca con una relación aproximada de 1 a 1.
- iv) También existe una relación inversa entre el número de pasos perdidos (no efectuados) y la frecuencia de los pulsos de comando. Como el par angular no es una variable crítica del sistema, el compromiso anterior se resolvió considerando que el motor de pasos debe ser comandado a una frecuencia que garantice la pérdida de tan solo un paso entre mil (F mil, se determinó experimentalmente).
- v) El desplazamiento axial por paso, de la rosca del tornillo (Δ_x), es un valor que resulta del compromiso entre la frecuencia de operación del motor y la carrera del vástago del regulador de la presión en el domo. Lo anterior tiene que ver con el número de pulsos que deben enviarse al motor de pasos para lograr un desplazamiento dado en el vástago del regulador. La magnitud de Δ_x determina la resolución del sistema.
- vi) Otra variable del sistema que debe considerarse es la velocidad de ascenso del pistón. Si a cada posición X del vástago del regulador le corresponde una presión en el domo, y se desea un valor de presión P_y a una determinada posición "Y" del pistón, entonces, la frecuencia de operación del motor de pasos debe ser suficientemente grande para garantizar el posicionamiento correcto del vástago del regulador (lograr la presión P_y), en un tiempo menor al tiempo t_y que tarda el pistón en alcanzar la altura Y.

Lo anterior, en forma de ecuaciones, puede escribirse:

t_x = tiempo de posicionamiento del vástago del regulador.

t_y = tiempo de posicionamiento del pistón.

$f \leq F \text{ mil} = 80 \text{ pasos por segundo}$

(número de pasos) $(\Delta_x) = X$

$$\frac{(\text{número de pasos})}{f} = t_x$$

$t_x < t_y$ para un molde particular.

Los perfiles presión altura para los moldes actualmente en producción, obtenidos mediante preprogramación mecánica, tienen incrementos de presión de hasta 200 libras/pulg² en un recorrido del pistón de un centímetro. Sin embargo, considerando el moldeado de nuevas piezas, se determinó que sería conveniente lograr incrementos de presión de 400 libras/pulg² en un recorrido del pistón de un centímetro.

De una caracterización experimental del vástago del regulador se obtuvo que para incrementar la presión en el domo de 50 a 2250 lb/pulg² se requiere un desplazamiento del vástago de 0.9 milímetros, lo que da un valor promedio de 2.444 lb/micra. Por lo anterior, el desplazamiento Δ_x del vástago del regulador por paso del motor, debe ser menor de 8.2 micras, si se desea una resolución menor de 20 libras/pulg² por paso, en promedio. Obviamente, una resolución menor siempre conviene. En el maquinado del sistema rosca-tornillo se logró un Δ_x entre 5 y 6 micras por paso, lo que nos da una resolución promedio ($\Delta_x = 5.5 \text{ micras/paso}$) de 13.444 libras/pulg² por paso.

Por otro lado, el pistón recorre un centímetro en $t_y = 0.625 \text{ seg.}$ si se considera la velocidad máxima de 1.6 cm/seg. Para incrementar 400 libras/pulg² en un ascenso de un centímetro del pistón se requiere un desplazamiento X del vástago de 163.666 micras (considerando 13.444 lb/ μ). Con esto:

$$\text{número de pasos} = \frac{X}{\Delta_x} = \frac{163.666 \mu}{5.5 \mu}$$

número de pasos = 30

como t_x debe ser menor que $t_y = 0.625$ seg resulta:

$$\frac{30}{f} < 0.625 \text{ seg}$$

$$f > \frac{30 \text{ pasos}}{0.625 \text{ seg}} = 48 \text{ pasos/segundo}$$

$$f > 48 \text{ pasos/seg.}$$

Considerando el tiempo que necesita el microprocesador para tomar decisiones respecto del comando del motor de pasos, se estableció una frecuencia de operación máxima de 67 pasos/seg, valor menor que F_{mil} , lo que condiciona el envío de un pulso cada 14 milisegundos.

Los pulsos al motor de pasos son generados por un programa de computadora, que además, controla la línea de dirección de giro del motor y garantiza el envío de pulsos a la frecuencia de operación establecida.

Finalmente, debe mencionarse que el vástago del regulador de la presión tiene una carrera total de 9 milímetros, de los cuales, 5 milímetros corresponden a una zona muerta (el vástago del regulador no ejerce ninguna acción). Por lo anterior, previo al inicio de un ciclo de formado es necesario posicionar el vástago del regulador después de la zona muerta. Para ésto, se incluyeron en el sistema dos microinterruptores, al principio y fin de la carrera del sistema rosca-tornillo del motor de pasos, éstos microinterruptores sirven a un programa de computadora que controla la calibración del motor de pasos (posicionamiento del vástago del regulador después de la zona muerta). Así, los microinterruptores informan al microprocesador cuando se alcanza el principio y el fin de la carrera del sistema rosca-tornillo acoplado al motor de pasos.

2.3 Detección del valor de la presión en el domo.

Para la detección del valor de la presión en el domo se empleó un transductor de presión. Este dispositivo, acoplado directamente al domo, ofrece

una señal analógica de voltaje de 0 a 5 volts para variaciones en la presión de 0 a 10000 libras/pulg². La resolución del transductor es menor al 0.02% (2 libras/pulg² a la escala completa), tiene un error máximo, debido a efectos térmicos, de 0.004% F (32 libras/pulg² a la escala completa y a 80° Fahrenheit) y un tiempo de respuesta menor de un milisegundo.

Es necesario, además, un sistema convertidor-analógico digital que convierta la señal de salida del transductor (0 a 5 volts) a una palabra digital manejable por el microprocesador.

El sistema convertidor se diseñó usando una técnica de aproximaciones sucesivas implementada mediante circuitos lógicos, así, no requiere la atención del microprocesador durante el proceso de conversión. Ofrece como salida una palabra digital de 10 bits con un error de ± 1 bit, con lo cual, puede discriminar 1024 valores distintos de presión, lo que da una resolución menor de 10 libras/pulg², y un error de ± 10 libras/pulg². El tiempo de conversión es el mismo, a cualquier valor de presión, y se fijó a un valor de 25 microsegundos.

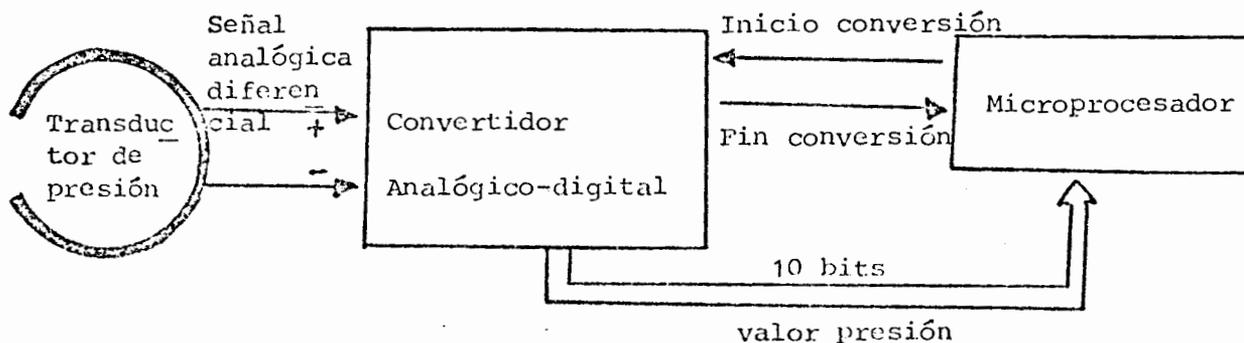


Figura 4. Adquisición del valor de la presión en el domo.

Un programa de computadora comanda la línea de "inicio de conversión" y detecta la línea "fin de conversión" una vez realizada ésta. Dicho programa procede, entonces, a leer la palabra digital del dato de presión y la afecta por un factor de escala de 10, para obtener su valor en libras/pulg².

2.4 Control del movimiento del pistón.

Como se ha mencionado antes, cada distinto molde tiene una posición precisa del pistón al principio y al fin del ciclo de formado. Esto es, cada molde tiene su "cero relativo de altura" y su "altura máxima" del pistón. Para garantizar el formado correcto de una pieza el microprocesador controla el movimiento del pistón, al principio y fin de su carrera, mediante el uso de válvulas solenoides. Estos dispositivos tienen un vástago cuyo movimiento está determinado por la fuerza electromagnética generada en un solenoide. Así, al energizarse el solenoide se desplaza el vástago cerrando la válvula.

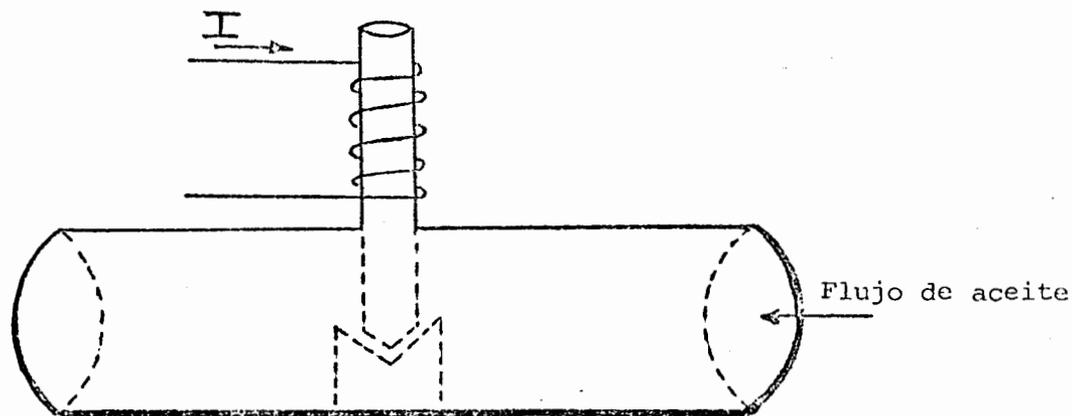


Figura 5. Válvula solenoide.

El movimiento del pistón se obtiene inyectando aceite a un depósito bajo el pistón mediante una bomba auxiliar. Las válvulas solenoides actúan sobre

el flujo de aceite generado por la bomba. Por las características mecánicas de la máquina de hidroformado se requieren dos válvulas solenoides, una de ellas impide el flujo del aceite que obliga al pistón a descender y la otra detiene el flujo del aceite que mueve el pistón hacia arriba.

Las válvulas solenoides empleadas operan con corriente alterna lo que hizo necesario el diseño de un circuito eléctrico de disparo. Este circuito tiene dos líneas de entrada, una para cada válvula solenoide, que son comandados por el microprocesador para accionar la válvula deseada. Un programa de computadora controla el comando de los solenoides mediante el envío de un pulso negativo (0 volts), de duración mínima de 32 microsegundos, al circuito de disparo.

El circuito de disparo transforma el pulso recibido (cambio su voltaje y su duración) para lograr energizar la válvula solenoide, con corriente alterna, durante varios segundos.

Las características de la máquina de hidroformado determinan el tiempo que las válvulas deben estar accionadas, este tiempo se fijó, en forma experimental, a 2 segundos aproximadamente.

El tiempo de respuesta total del sistema es del orden de 450 milisegundos, considerando un frenado lineal. Lo anterior genera un error de la altura de paro del orden de 36 decimas de milímetro. El error anterior se debe casi totalmente a efectos mecánicos e inerciales de las válvulas solenoides y de la máquina de hidroformado y es susceptible de reducción si el programa de computadora genera por anticipado el comando de paro.

2.5 Comunicación con el usuario.

Es labor del usuario proporcionar al microprocesador la información de la presión deseada a cada altura del pistón en incrementos de 1 cm. Por otro lado, durante el ciclo de formado el microprocesador informa al usuario de la altura del pistón y de la presión en el domo. Para esto, se diseñó un tablero de control del sistema que sirve además para realizar las labores de calibración y diagnóstico de fallas del sistema. El tablero de control

consta de un teclado (12 teclas), 14 dispositivos de despliegue de dígitos numéricos, 19 diodos emisores de luz, un interruptor de 4 posiciones y dos interruptores retráctiles.

Un programa de computadora se encarga del manejo del tablero de control, es to es, realiza un barrido sobre el teclado para detectar la introducción de información, enciende o apaga los diodos mencionados para indicar al usua rio que tipo de función se realiza (diagnóstico, calibración, programación o ejecución) y cual es el dato esperado para la función. Además, comanda el despliegue de la información numérica de presión y altura (real o progra mado) y controla la secuencia de operación dentro de cada función. El cam bio de función también lo controla un programa de computadora, usando por ello la acción de los 3 interruptores mencionados.

2.6 Almacenamiento permanente de perfiles presión-altura.

Se agregó al sistema un bloque de memoria permanente (4 kilobytes de 4 bits de núcleos de ferrita) para permitir el almacenamiento de los pre sión-altura que correspondan a moldes formados exitosamente. Para lo ante rior, fué necesario el diseño de una interfaz entre el microprocesador y el bloque de memoria de ferrita que hiciera compatibles los ciclos de lectu ra y escritura de ambas partes (problema debido principalmente al tiempo de acceso de la información en la memoria de ferrita).

Por otro lado, la incompatibilidad entre la longitud de los bytes del micro procesador (8 bits) y la de los bytes de la memoria de ferrita (4 bits), fué resuelta mediante un programa de computadora que realiza los acomodos necesarios cada vez que se lee ó se escribe a la memoria de núcleos.

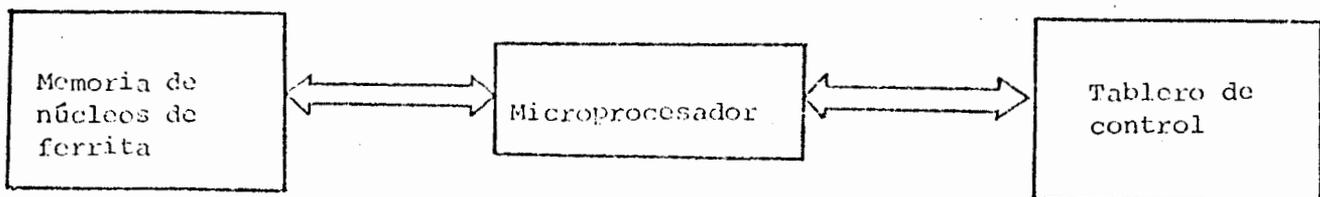


Figura 6. Sistema de almacenamiento permanente.

3. CONTROL COMPUTARIZADO DE LA MAQUINA DE HIDROFORMADO DE METALES (SISTEMA OPERATIVO).

El cerebro, controlador de todo el sistema, es el microprocesador, que ejecuta las instrucciones de un programa de computadora (sistema operativo) que controla y coordina cada una de las funciones de los elementos sensores y actuadores del sistema, controla la comunicación con el operador y contiene el algoritmo de control para el ciclo de formado.

Debe quedar claro que la estrategia de control, usada en el algoritmo, condiciona los parámetros (resolución, precisión, etc.) con que deben realizarse la detección y modificación de las variables del sistema.

El "sistema operativo" es un programa de computadora escrito a la medida para el sistema. Se diseñó en función de las capacidades deseadas en el sistema final y es el elemento fundamental del proyecto.

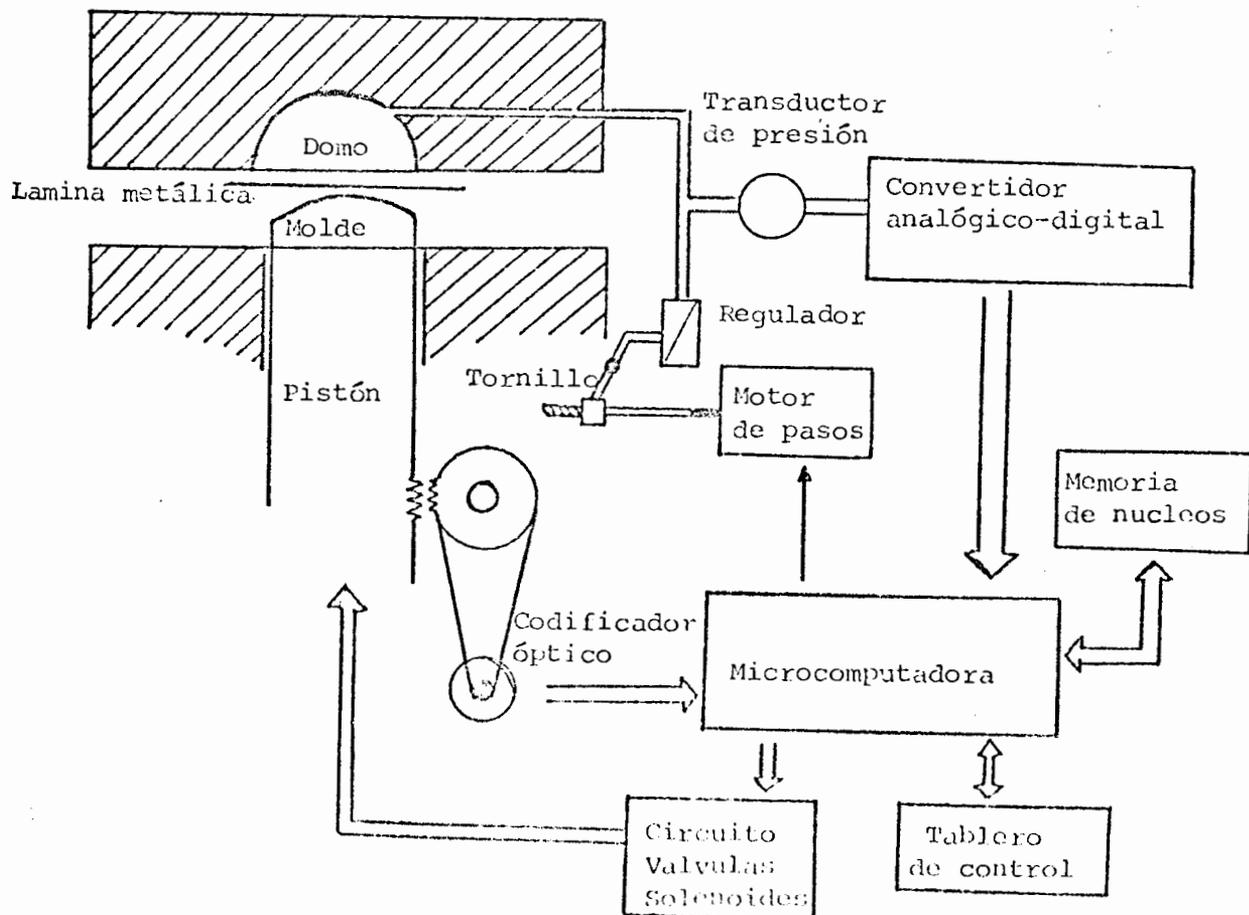


Figura 7. Sistema electrónico de control.

Las labores desarrolladas por el sistema operativo pueden dividirse en 4 funciones principales: diagnóstico, programación, calibración y ejecución. Para realizar las funciones anteriores se hace uso de las rutinas que comandan los elementos auxiliares del sistema, mencionadas anteriormente, además de rutinas de servicio que realizan conversiones de código, cálcu los aritméticos, despliegue de información, etc.

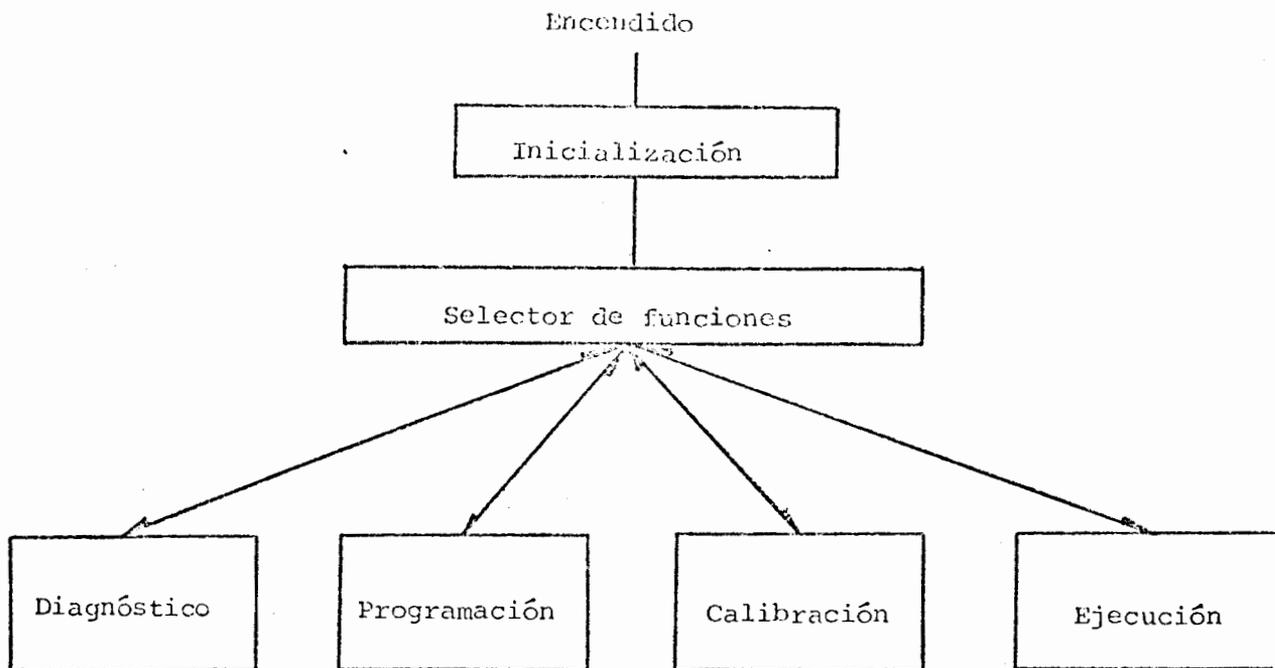


Figura 8. Diagrama de bloques del sistema operativo.

3.1 Diagnóstico.

Para garantizar el funcionamiento de algunos de los elementos auxiliares, un programa de computadora permite realizar tres distintas pruebas de falla. Debe resultar obvio que una falla catastrófica del sistema impide realizar cualquier prueba de los elementos auxiliares, así, en cierta forma se está verificando el funcionamiento total del sistema.

Las pruebas mencionadas son:

- i) diagnóstico del tablero de control: se verifica el encendido de los diodos emisores de luz y de los dispositivos de despliegue numérico.

Se verifica además el funcionamiento de cada una de las teclas y de los interruptores.

- ii) diagnóstico del codificador óptico de posición: se mueve el pistón hacia arriba y con ésto el codificador de posición y se verifica que existen 256 patrones binarios distintos en una vuelta completa del codificador. Además, se verifica que cualquier pareja de patrones binarios consecutivos, difiera en una sola posición (propiedad del código Gray).
- iii) diagnóstico del motor de pasos: se posiciona el sistema rosca-tornillo acoplado al rotor de pasos al inicio de la carrera (cero mecánico de terminado por un microinterruptor). Se envía un tren de pulsos al motor de pasos, a la frecuencia máxima de operación, contando el número de pulsos necesarios para alcanzar el microinterruptor al final de la carrera del sistema rosca-tornillo. Se cambia la dirección de avance del motor de pasos y se envía un tren de pulsos, a la frecuencia anterior, hasta que el sistema rosca-tornillo alcance el microinterruptor que señala el cero mecánico de la carrera. Se obtiene y se despliega en el tablero de control la diferencia en pulsos existente entre los dos desplazamientos anteriores. El valor desplegado indica el número de pulsos perdidos (no efectuados) en el motor de pasos.

3.2 Programación

La labor de programación tiene como objetivo fundamental la introducción de los datos relativos a cada molde, esto es, la introducción al sistema del perfil presión-altura y del valor de "altura máxima" del molde. Solo la primera vez que se desea producir un nuevo tipo de formado se debe programar el perfil presión-altura, ya que, dicho perfil es almacenado en la memoria permanente (ferrita) del sistema, con lo cual, siempre se encuentra disponible. Se usa el teclado numérico del tablero de control para introducir un máximo de 31 parejas de valores presión-altura, en incrementos de un centímetro. El sistema operativo controla el proceso, desplegando en el tablero de control un valor de altura y solicitando al operador el valor de presión correspondiente deseado. Todo valor de presión intro

ducido por el usuario es desplegado en el tablero de control y es susceptible de modificación. La labor anterior no consume más de 3 minutos del tiempo del operador.

Como característica extra del sistema, es posible realizar "paros" durante el ciclo de formado, a fin de verificar si el moldeado de una pieza metálica va por buen camino. También es posible realizar, durante dicho ciclo de formado, "ciclos de remodelado" retrocesos del movimiento del pistón a presión constante en el domo; esto sirve para remarcar el moldeado de secciones del molde con cambios muy abruptos de forma.

El sistema operativo, durante el proceso de programación, permite introducir hasta 5 valores de altura del pistón donde debe realizarse un "paro" y 5 valores más para "ciclos de remodelo" durante el ciclo de formado. En éste último caso, cada valor de altura se acompaña con el valor, en décimos de milímetro, de la magnitud del "ciclo de remodelo".

3.3 Calibración.

El proceso de calibración permite introducir, a la memoria de la microcomputadora, el patrón binario que ofrece el codificador de posición cuando el pistón se encuentra en la posición correspondiente al cero-relativo del molde. La posición del pistón mencionada depende de las características físicas del molde y del aro que lo sujeta al pistón. Así, una vez posicionado el molde en su cero-relativo de altura, el operador oprime una tecla particular y un programa de computadora adquiere el patrón binario enviado por el codificador de posición. El patrón binario anterior es la referencia necesaria para poder manejar desplazamientos positivos y negativos del pistón y llevar la cuenta del número de vueltas completas efectuadas por el codificador cuando se desplaza el pistón.

El proceso de calibración permite, también, posicionar el vástago del regulador al fin de la zona muerta de su carrera total. Para lo anterior, el operador por prueba y error introduce al sistema el número de pasos, relativos al inicio de la carrera del sistema rosca-tornillo (microinterruptor),

necesarios para desplazar el vástago del regulador a una posición tal que genere 40 libras/pulg² de presión en el domo (valor mínimo de presión, necesaria en el domo, al inicio de un ciclo de formado). Para introducir el número de pasos el operador usa el teclado; el sistema operativo despliega el valor correspondiente de presión en el tablero de control.

El proceso completo de calibración no consume más de 5 minutos y sólo es necesario al inicio de la jornada diaria de producción.

3.4 Ejecución

Los esfuerzos mayores en el diseño del sistema operativo se concentraron en ésta función. Esta parte del sistema operativo es la responsable del control del ciclo de formado. Es aquí donde entran en juego todos los elementos del sistema y donde se encuentra programada la estrategia de control empleada.

3.4.1 Estrategia de control.

En un principio, se pensó en realizar un sistema de lazo cerrado de control, y dado que se contaba con un modelo muy pobre del comportamiento de la máquina de hidroformado, se planteó la necesidad de una caracterización completa de dicha máquina. Son múltiples las variables en juego durante el ciclo de formado y algunos de ellas difíciles de controlar. Las más importantes son:

- i) La forma del molde determina un incremento de presión en el domo, al reducir el volumen real del mismo cuando el molde se introduce por la membrana flexible.
- ii) La velocidad del pistón determina la rapidez con que ocurren cambios de presión en el domo debidos a la forma del molde y determina la rapidez con que debe ser realizado el control de la presión en el domo.
- iii) La relación desplazamiento del vástago del regulador-presión en el domo no es lineal y además se desconoce.

- iv) El retraso del regulador de la presión es no lineal y desconocido.
- v) El formado de una pieza se logra trabajando sobre el límite elástico del material empleado. Así, el tipo de aleación y granulosidad del material determinan el número de piezas mal formadas (rotas o con arrugas y dobleces).
- vi) Una pieza metálica ya formada tiene en su periferia una parte plana que corresponde al excedente de material que no penetra al domo a través de la membrana flexible. Este excedente de material actúa como freno al désplazamiento de la lámina metálica al formarse. Se emplean láminas metálicas circulares para equilibrar esfuerzos. El excedente de material mencionado incide, también fuertemente, en el número de piezas mal formadas.

La búsqueda de un modelo de comportamiento de la máquina de hidroformado es un problema muy serio que involucra una gran cantidad de esfuerzo. Por otro lado, no se dispone de información precisa del funcionamiento de la máquina (especificaciones, planos, etc., dados por el fabricante).

Si a todo lo anterior se agrega el hecho de que la forma de los moldes es francamente caprichosa y que el perfil presión-altura correspondiente a cada molde es totalmente desconocido (en el sistema mecánico original se encuentra por prueba y error), se comprenderá, perfectamente, por qué se abandonó el sistema total de lazo cerrado de control y se sustituyó por un sistema de control de lazo abierto.

Durante los intentos de caracterización de la máquina de hidroformado se obtuvo una curva posición del vástago del regulador contra presión en el domo. Esta curva fué obtenida en base a un molde típico. Posteriormente, se obtuvieron curvas similares para otros moldes y se observó que existían variaciones entre ellas que no eran demasiado grandes. Se obtuvo una curva promedio de las curvas anteriores que llamaremos "curva estática" del regulador de la presión en el domo. Considerando el désplazamiento del vástago del regulador, por pulso enviado al motor de pasos, se generó una curva piezolineal número de pulsos al motor de pasos contra presión en el domo. Es

ta curva fué tabulada y almacenada en la memoria permanente (PROM) de la microcomputadora.

3.4.2 Algoritmo de control.

En base a la curva estática anterior se planteó el control de la máquina de hidroformado considerando un sistema de control de lazo abierto.

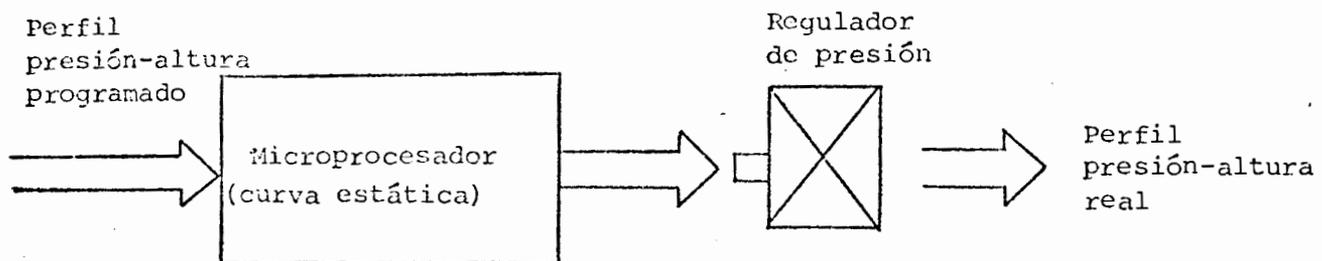


Figura 9. Sistema de control de lazo cerrado.

Así, antes de iniciar el ciclo de formado la microcomputadora procede a realizar una conversión del perfil presión-altura programado, a una tabla de control de 775 puntos, donde cada punto corresponde a una distinta posición del pistón (cada 4.02 décimas de milímetro). La tabla anterior se forma en base a la "curva estática" del motor de pasos mencionada y al perfil presión-altura programado, utilizando interpolación lineal para generar 25 puntos presión-altura entre cada dos puntos del perfil presión-altura programado por el operador.

La tabla de control contiene un 1 en aquellos puntos de control donde debe enviarse un pulso al motor de pasos, y un 0 en los puntos de control donde

**CONTROL, MEDIANTE UN MICROPROCESADOR
DE UNA MAQUINA DE HIDROFORMADO DE METALES**

Roberto Daza - Gómez Torres

Sección de Electrónica de la División de Estudios de Posgrado de la
Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México

MAYO - 1982

no debe hacerse. Esta tabla se crea cada vez que se modifica, por el operador, el perfil presión-altura programado. Una vez realizada la tabla anterior la microcomputadora está lista para controlar el ciclo de formado y lo indica así, al operador, por medio de un diodo emisor de luz.

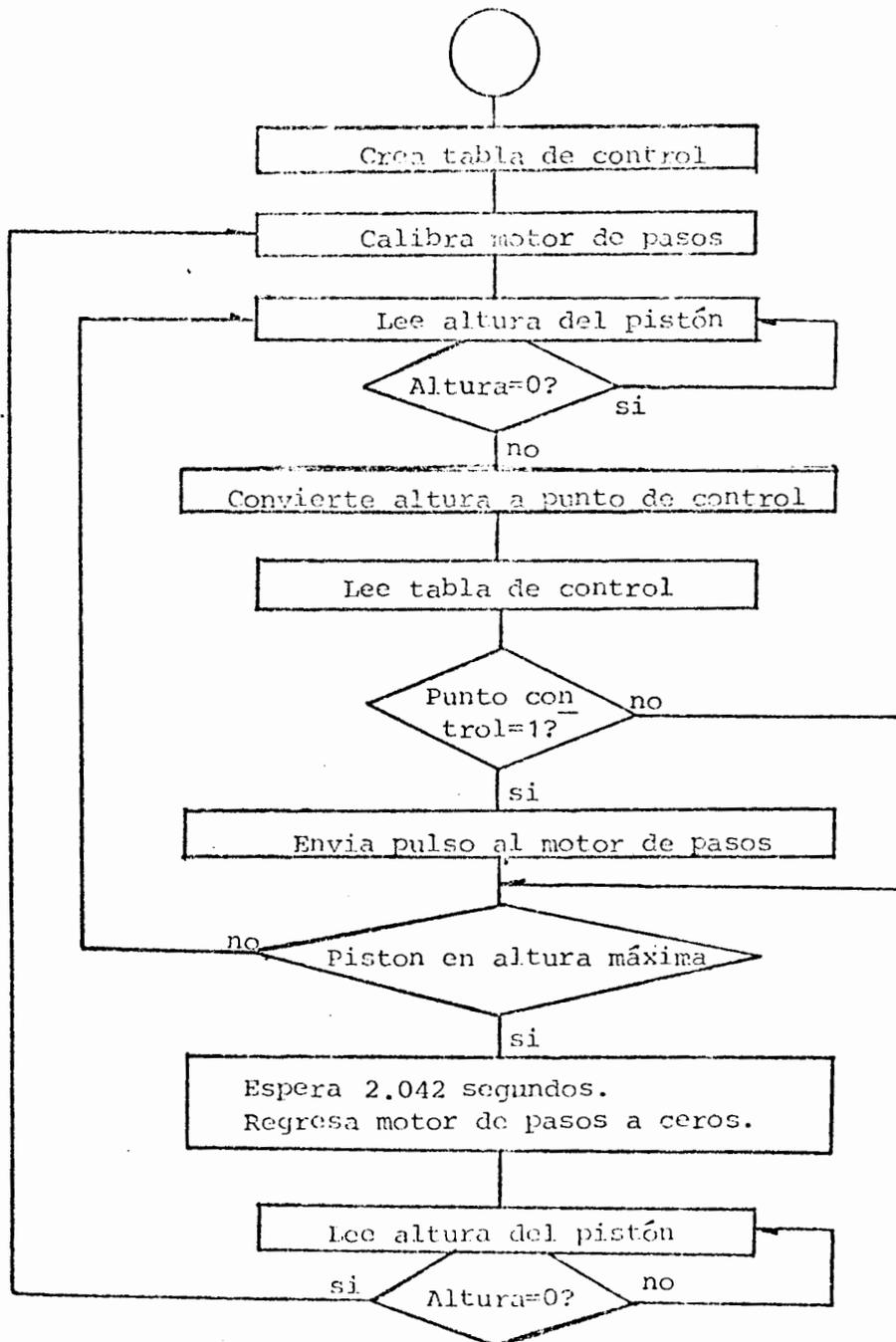


Figura 10. Diagrama de flujo del algoritmo de control

El ciclo de formado comienza cuando el operador inicia el movimiento ascen

dente del pistón. La microcomputadora detecta continuamente la posición del pistón y la presión en el domo desplegandolas en el tablero de control. El dato de la altura del pistón es transformado a un número de punto de control (múltiplo de 4.02 décimas de milímetro), con el cual, se accesa la tabla de control que indicará si se envía o nó un pulso al motor de pasos. En caso afirmativo se envía el pulso y se vuelve a detectar y desplegar la altura del pistón y la presión en el domo, repitiéndose la secuencia durante todo el ciclo de formado. Cuando el pistón alcanza la "altura máxima" del molde, la microcomputadora envía una señal de comando a la válvula solenoide que detiene el movimiento ascendente del pistón. Una vez detenido el pistón, espera un tiempo de 2.04 segundos y envía un tren de pulsos al motor de pasos para posicionar el sistema rosca-tornillo acoplado a él, en el cero mecánico de su carrera; la acción anterior libera cualquier presión existente en el domo. El operador mueve, ahora, el pistón hacia abajo; cuando el pistón alcanza el cero relativo de altura del molde, la microcomputadora envía una señal de comando a la válvula solenoide que detiene el movimiento descendente del pistón. Una vez detenido el pistón, el operador rescata la pieza formada, mientras la microcomputadora procede a posicionar el vástago del regulador al fin de su zona muerta, quedando lista para el siguiente ciclo de formado.

Si el acabado de la pieza formada no es correcto, el operador puede modificar el perfil presión-altura programado (y con ésto, la tabla de control) corrigiendo los defectos encontrados. Esta modificación no consume más de dos minutos.

El algoritmo de control descrito no contempla variaciones debidas a las formas de los moldes, a la velocidad de ascenso del pistón, ni al tipo de material empleado. Sin embargo, es susceptible de modificaciones que tiendan a disminuir dichas variaciones. Es posible, además, establecer un sistema de control supervisorio que tome acción cuando dichas variaciones excedan en cierto límite.

3.5 Protección

Una presión excesiva dentro del domo da lugar, durante el ciclo de formado,

a la ruptura de la pieza metálica que se forma. Esto puede causar daños a la membrana flexible y para evitarlos, el sistema electrónico de control cuenta con un interruptor, localizado físicamente junto al operador, que al ser accionado, arranca la ejecución de un programa de computadora que protege al sistema (obviamente se suspende el programa de computadora que controla el ciclo de formado).

El programa de protección envía un pulso a la válvula solenoide que detiene el movimiento del pistón. Procede entonces a liberar la presión en el domo, mediante el envío de un tren de pulsos al motor de pasos. El tiempo necesario para efectuar las labores de protección no es mayor de 300 milisegundos.

4. RESULTADOS OBTENIDOS.

El sistema de control de lazo abierto, descrito anteriormente, da lugar a diferencias, a veces grandes, entre la presión real obtenida en un punto y la presión programada. Sin embargo, se ha empleado con éxito en una do cena de moldes distintos, obteniéndose diferencias de presión real y pro gramada dentro del 10% de tolerancia.

Comparado con el sistema de programación mecánico original (leva variable) el sistema de control con microcomputadora tiene las siguientes ventajas:

- i) Mejora el acabado de las piezas formadas.
- ii) Reduce el tiempo de programación de horas a minutos.
- iii) Ha hecho posible trabajar con moldes con cambios de forma abruptos imposibles de trabajar con el sistema mecánico original.
- iv) El tiempo empleado en la búsqueda del perfil presión-altura para un molde "difícil", producido por primera vez, se redujo de días y a ve ces semanas, a un par de horas como máximo. En general, este tiempo no es mayor de 20 minutos.
- v) El nuevo sistema permite programar "paros" en el ciclo de formado para revisar las piezas.
- vi) Permite realizar "ciclos de remoldeo" (retrocesos del pistón a presión constante).
- vii) Para ayudar a la búsqueda de un pérfil presión-altura desconocido, pa ra un nuevo molde, la microcomputadora almacena el perfil presión real-altura obtenido en el ciclo de formado inmediato anterior. Este per fil es consultado por el operador como guía.

Por los puntos anteriores puede verse que el sistema electrónico de control ha mejorado sustancialmente el proceso de hidroformado de metales, aumentan do la producción y disminuyendo el material de desperdicio, resultado de piezas mal formadas.

5. CONSIDERACIONES FINALES

Para el desarrollo del sistema mostrado se utilizó como herramienta un sistema EXORCISER de Motorola.

Las características fundamentales de la microcomputadora diseñada son:

- i) 4 kilobytes de memoria PROM donde reside el sistema operativo.
- ii) 1 kilobyte de memoria RAM.
- iii) 2 kilobytes de 4 bits de memoria de núcleos.
- iv) 4 puertos de entrada y salida para manejo de los sensores y actuadores del sistema (32 líneas).
- v) 12 puertos de entrada y salida para manejo del tablero de control.
- vi) Un microprocesador M6800.

La aplicación mostrada ilustra las facilidades que ofrece el uso de microcomputadoras como controladores especializados. La variedad de funciones que pueden realizar, además de la labor primaria de control, muestra la versatilidad y poderío del microprocesador. Podemos concluir que el diseño de sistemas de control "a la medida", con múltiples grados de sofisticación, es posible de realización, empleando componentes estándar de microcomputadoras, convertidores analógico-digitales, sensores y actuadores comerciales, concentrando la labor del diseño en la escritura del sistema operativo.

APENDICE I

MANUAL TECNICO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

Sistema de control de una máquina de
hidroformado de metales.

SECCION DE ELECTRONICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA - UNAM

- I. INTRODUCCION
- II. DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA
- III. OPERACION DEL SISTEMA
 - III.1 Descripción del tablero
 - III.2 Encendido y selección de modo
 - III.3 Modos de operación
- IV. RESUMEN DEL HARDWARE DEL SISTEMA
 - IV.1 El EXORCISER como sistema general de desarrollo
 - IV.2 Adaptaciones al sistema de desarrollo
 - IV.3 Descripción de módulos (CPU, memoria, I/O)
 - IV.4 Descripción de interfaces.
 - IV.4.1 Tablero de control
 - IV.4.2 Memoria de núcleos
 - IV.4.3 Transductor de presión
 - IV.4.4 Convertidor analógico-digital
 - IV.4.5 Solenoides
 - IV.4.6 Codificador de posición angular
 - IV.4.7 Motor de pasos
 - IV.5 Fuente de Poder
 - IV.6 Asignación de conectores y tabllas de circuito impreso
- V. RESUMEN DEL SOFTWARE DEL SISTEMA
 - V.1 Descripción general del software del sistema
 - V.1.1 Inicialización
 - V.1.2 Diagnóstico
 - V.1.3 Ejecución
 - V.1.4 Calibración
 - V.1.5 Programación
 - V.1.6 Ruptura/cambio de modo
 - V.2 Mapa de memoria general
 - V.3 Diagrama de bloques del software del sistema
- VI. DETALLES DEL HARDWARE DEL SISTEMA

- VI.1 Distribución y conexiones del tablero de control
- VI.2 Tarjeta de interfaz para el tablero de control
 - VI.2.1 Consideraciones de programación
- VI.3 Memoria de núcleos
 - VI.3.1 Descripción general
 - VI.3.2 Descripción detallada de la interfaz
 - VI.3.2.1 Descripción de sus funciones
 - VI.3.2.2 Direccionamiento
 - VI.3.2.3 Lógica de control
 - VI.3.2.4 Mecanismo de lectura y escritura
 - VI.3.2.5 Observaciones y conclusiones
- VI.4 Convertidor A/D.
 - VI.4.1 Amplificador diferencial
 - VI.4.2 Filtro
 - VI.4.3 Convertidor analógico digital
 - VI.4.4 Interfaz al microprocesador
 - VI.4.5 Procedimiento de calibración para las etapas de entrada diferencial y filtrado.
- VI.5 Actuador de solenoides
 - VI.5.1 Descripción del funcionamiento
 - VI.5.2 Asignaciones de conexión
 - VI.5.3 Lista de componentes
 - VI.5.4 Consideraciones sobre ajuste
- VI.6 Interfaz para el codificador de posición, motor de pasos, comando de solenoides y convertidor analógico digital
 - VI.6.1 Relación de líneas del conector interno del codificador de posición.
 - VI.6.2 Relación de líneas del conector externo del codificador de posición.
- VI.7 Fuente de alimentación para el motor de pasos
 - VI.7.1 Lista de componentes

VI.8 Transductor de presión

VI.9 Tablilla de memoria EPROM (4K palabras)

VI.9.1 Direccionamiento del bloque de memoria

VI.9.2 Lista de componentes

VII. DETALLES DEL SOFTWARE DEL SISTEMA.

VII.1 Descripción detallada del mapa de memoria.

VIII. CALIBRACION Y MANTENIMIENTO DE LOS SENSORES Y ACTUADORES

VIII.1 Calibración y mantenimiento del transductor de presión.

VIII.2 Calibración y mantenimiento del motor de pasos.

VIII.3 Calibración y mantenimiento del codificador de posición.

IX. DIAGRAMAS Y LISTAS DE CONEXIONES.

IX.1 Diagrama de conexiones del "mother board" de EXORCISER al circuito de interfaz y de éste al conector de salida J₂.

IX.2 Lista de conexiones para el chasis posterior.

IX.3 Lista de funciones en el peine y conector.

I. INTRODUCCION

En este manual se describe el sistema en general, así como cada una de sus partes en forma detallada. Se ha tratado de simplificar este manual con el objetivo de que ayude a entender el funcionamiento general del sistema, así como también al mantenimiento del mismo en su parte electrónica.

Se dividió en general en dos bloques: uno con referencia al hardware, y otro al software para mayor comprensión del mismo. Se hace también hincapié en algunos detalles del hardware del sistema en el capítulo IV.

II. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.

La máquina de hidroformado es una máquina que procesa metal laminar en frío dando al mismo, una forma preescogida.

Para realizar lo anterior requiere de un troquel el cual contiene la forma escogida y que podemos designar como el macho, debido a que conforma la parte interna de la pieza formada. También usa una membrana flexible de hule crudo que se encuentra instalada en la parte superior de la máquina, la cual en el momento de formar una pieza se encuentra bajo una fuerte presión variable de aceite y hace las veces de hembra, dado que conforma la parte externa de la pieza. Fig. II.1.

Para producir una pieza, la parte superior de la máquina (Domo) se llena de aceite. La máquina principia a formar en el momento en que el macho es empujado a velocidad constante por un pistón, dentro de la membrana de hule, incrementando obviamente la presión dentro de la misma la cual es controlada por una válvula de control que da la presión adecuada para el formado de la pieza.

Para todo lo anterior el sistema debe ser programado de tal manera que la presión del domo sea función de la altura del pistón. Obviamente dicha función depende de la forma geométrica del macho con lo cual vemos que para cada pieza en particular la función:

$$P_{\text{Placa}} = f(y)$$

P_{Placa} - presión sobre el domo

$f(y)$ - función en la altura y la función geométrica

Varía, por lo tanto, tenemos una curva diferente de presiones. Para controlar esta presión por medio de la válvula se tiene acoplado al pistón un cilindro el cual al girar 360°, corresponde al viaje total del pistón a lo largo del domo. Este cilindro tiene en su superficie 24 tornillos distribuidos uniformemente a lo largo de toda la vuelta los cuales sujetan un fleje, manteniéndolo en tensión adecuada para hacer de él una leva variable. Dado que el cilindro está acoplado por medio de una palanca a la válvula de presión, ésta determina la presión existente en el domo a cierta altura del pistón. Fig. II.1.

Como vemos, la programación de alguna leva en particular se realiza ajustando los tornillos que conforman el fleje para dar las presiones deseadas. De esta manera se pueden seleccionar 24 puntos de presión diferente y la presión entre dos de estos puntos es una interpolación dada por el esfuerzo del fleje. Como vemos el método de ajustar tornillos consume bastante tiempo dado que esto se debe realizar al cambiar a una pieza nueva. Para obtener una pieza con la calidad y apariencia requeridas es necesario tener la curva de calibración correcta, la cual sólo puede ser obtenida después de muchas horas de prueba y en las que la máquina no produce.

En base a las desventajas anteriores se ha realizado el nuevo sistema que fue basado en el μ procesador 6800. Fig. II.2.

Este trabaja en base a un lazo abierto de control. La curva de calibración es obtenida por medio de un teclado. El shaft encoder, el cual se encuentra acoplado al cilindro, da la información de la altura instantánea del pistón al μ procesador, el cual también obtiene la información de la presión por medio de los transductores y de esta manera compara

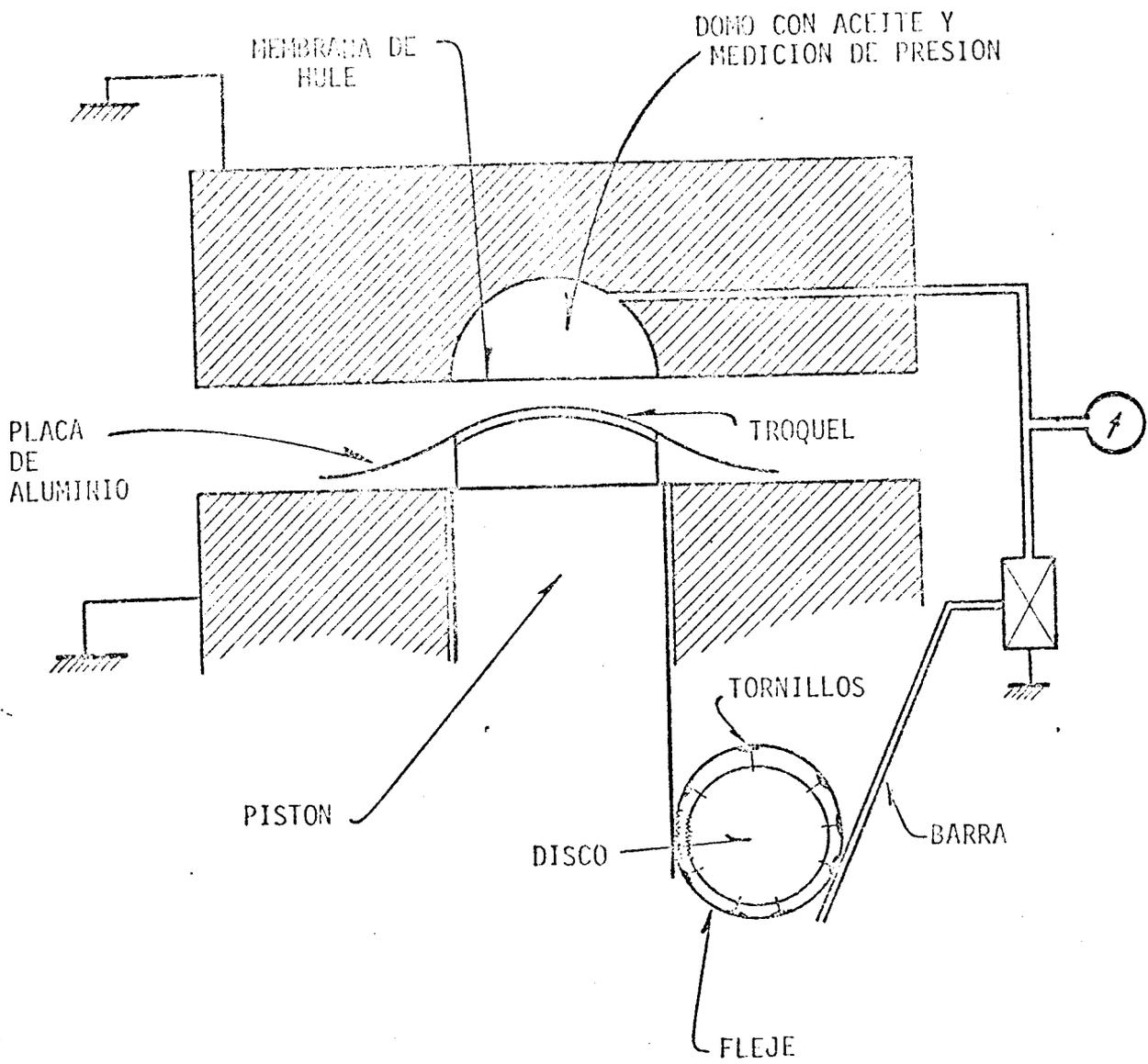


Figura II.1 Sistema Mecánico.

con la curva almacenada, tomando acción para obtener presión deseada en esa altura por medio del motor de pasos que controla a la válvula por medio de una palanca. Fig. II.2.

Esta misma filosofía tiene también la ventaja de tener mucho mayor precisión debido a la naturaleza del shaft, que genera 256 palabras diferentes dependiendo de su posición, y que con respecto a los 24 tornillos que determinaban también la posición del pistón, lo hace más preciso.

Otras flexibilidades del sistema son:

- a) El almacenamiento de las curvas de calibración en memoria de núcleos.
- b) Despliegue de las variables de presión y altura durante el proceso.
- c) En caso de ruptura de la pieza almacena la altura y presión en que la pieza se rompió.
- d) Realiza también una autodiagnosic con cuatro pruebas diferentes que pueden ser ejecutadas cada vez que la máquina se encienda. Estas son:

Prueba 1: prueba todas los leds del tablero

Prueba 2: prueba display's y teclado.

Prueba 3: prueba el código del shaft encoder

Prueba 4: prueba funcionamiento del motor de pasos.

que son necesarias y básicas para el buen funcionamiento del μP .

La operación del sistema queda detallada en el manual de operación, el cual fue realizado conjuntamente con éste. Por lo tanto se recomienda que sea leído antes de encender la máquina.

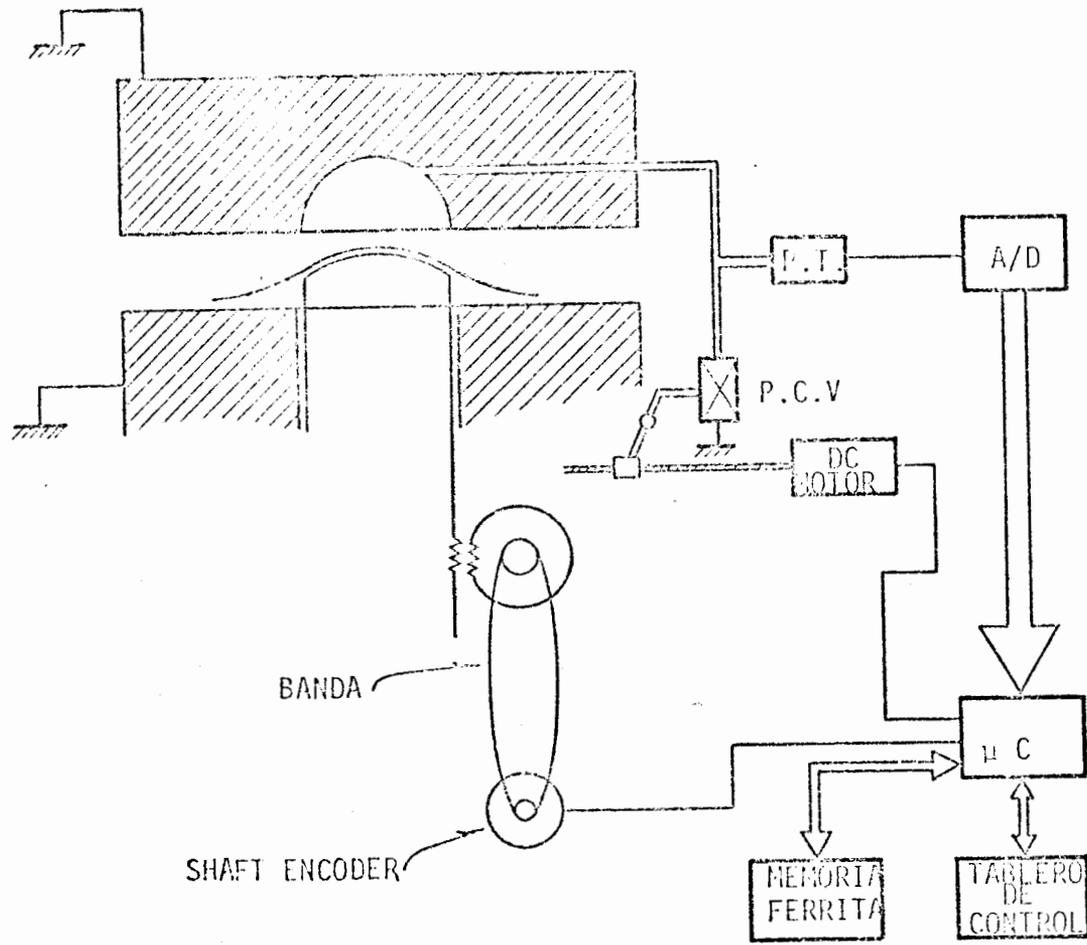


Figura II.2. Sistema de Control Computarizado.

III. OPERACION DEL SISTEMA

III.1 Descripción del tablero

La figura III.1 muestra una vista superior del tablero de control. A lo largo de este capítulo se harán referencias a esta figura sin indicarlo expresamente.

El tablero de control ofrece básicamente 2 funciones:

1. Capacidad de aceptación de datos y comandos relativos al sistema.
2. Indicación de "status" del sistema y despliegue de variables.

Entrada de datos. Se produce únicamente por medio de las teclas numéricas (0-9) del teclado. Dichos datos pueden representar: número de pieza o de prueba, presión, altura, número de pasos al motor, etc., dependiendo del status del sistema.

Entrada de comandos. Se produce únicamente por medio de los switches (SW1, SW2, SW3) y por las teclas "*" y "#" del teclado.

SW1 (selector de modo) es un selector con 4 posiciones válidas que permite al usuario seleccionar uno de los cuatro posibles modos del sistema.

SW2 (botón "entrada modo") es un switch tipo "push button" por medio del cual el sistema es forzado a entrar al modo seleccionado previamente por SW1.

SW3 (botón "cambio de modo/ruptura") es un switch tipo "push button" que ofrece al usuario la posibilidad de cambiar de modo de operación. Considerando a los switches SW1 y SW2, el mecanismo se detalla en capítulos IV y K del manual de usuario.

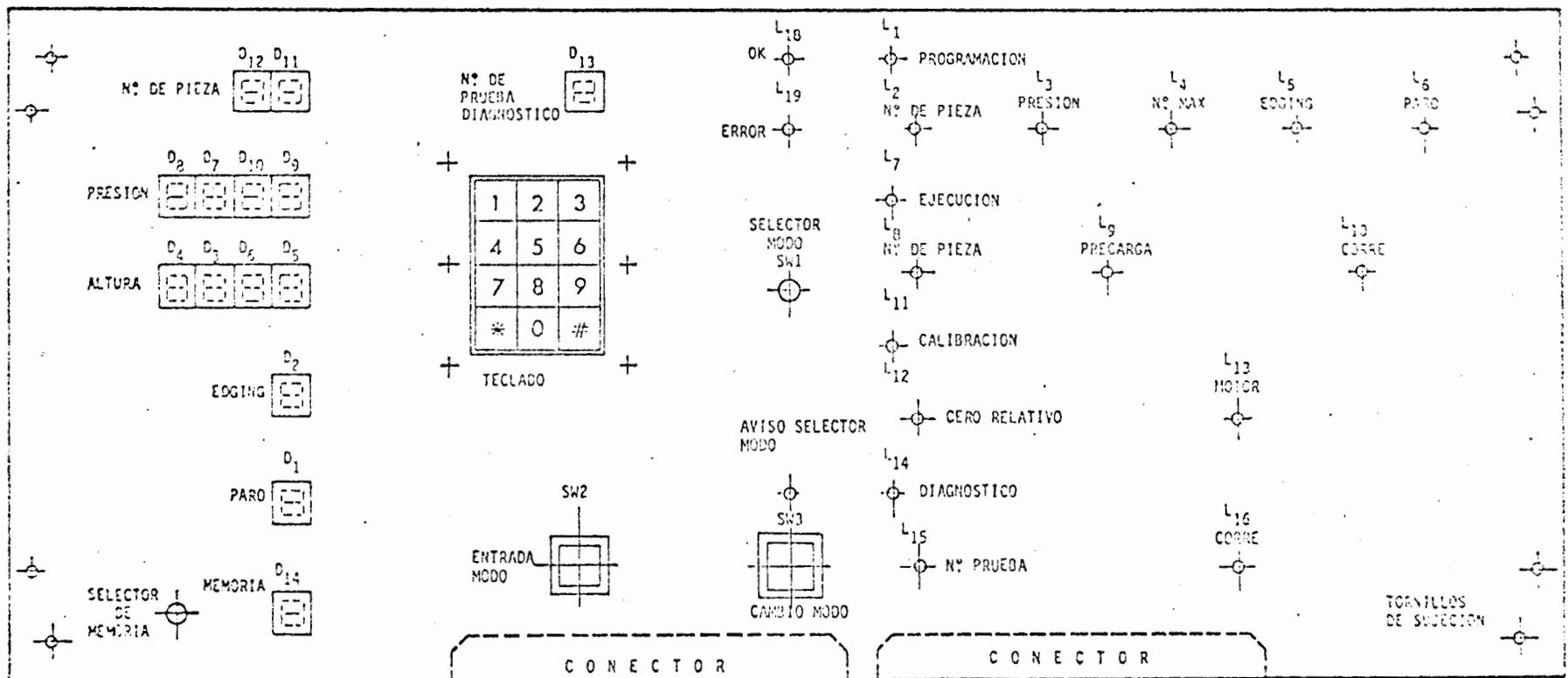


Figura III.1 Tablero de control.

En el caso de ruptura de material durante el proceso de formado, este mismo botón permite al usuario suspender completamente el proceso.

(Ver cap. IX del MANUAL DE USUARIO.)

Tecla "*" (cambio de parámetros). Se emplea para comandar al sistema cada vez que se desea pasar de un sub-modo a otro (secuencialmente) (ver capítulo V a VIII del MANUAL DE USUARIO).

Tecla "#" (entrada dato). Se emplea para indicar al sistema que el dato tecleado previamente es válido y ha de ser tomado, (ver capítulos V a VIII del MANUAL DE USUARIO).

III.2 Encendido y selección de modo.

El encendido del sistema se logra girando la llave localizada en la parte frontal de EXORCISER. Una vez encendido, la circuitería de "autoinicio" sitúa al sistema directamente en "selecciona modo", lo cual puede apreciarse al encender intermitentemente la lámpara verde. Una vez en esta situación, el usuario está en posibilidad de definir el modo de operación deseado. Esto se logra girando el "selector de modo" (SW1, fig. III.1) hasta ubicarlo correctamente apuntando el modo deseado. Acto seguido el usuario presionará el botón "entrada modo" (SW2, fig. III.1) con lo cual el sistema apagará la lámpara "selecciona modo" y encenderá la correspondiente al modo seleccionado además de la primera lámpara (de arriba hacia abajo) indicativa del sub-modo que el usuario ha de atender inicialmente.

III.3 Modos de operación.

El sistema presenta 4 modos de operación funcionalmente independientes en

tre sí, diseñados de tal forma que provean al usuario de un mecanismo de acceso modular, libre de redundancias, a todas las variables involucradas en el proceso.

A su vez, cada modo de operación cuenta con una serie de sub-modos los cuales comprenden la totalidad de actividades que el usuario ha de llevar a cabo. El acceso a cada uno de dichos submodos se lleva a cabo secuencialmente, bajo control del usuario.

La figura III.2 presenta a nivel de bloques, la relación existente entre los diferentes modos de operación desde el punto de vista de protocolo requerido para su acceso.

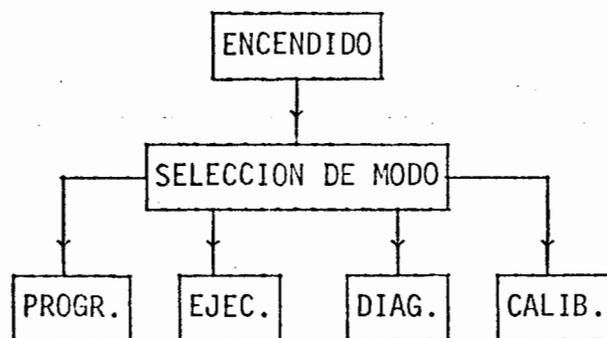


Figura III.2 Diagrama de bloques de la operación del sistema.

Modo programación. Este modo permite al usuario la inserción por teclado de la siguiente información:

- i) Número de pieza. Es el número de identificación para el molde. A cada molde le será asignado por el usuario un número diferente.
- ii) Presión/altura. Esta información es la relativa al perfil de presiones del molde en cuestión. El usuario inserta los datos de presión (PSI) requerida a cada centímetro de altura del molde.

- iii) Altura máxima. Este dato indica al sistema el término de una operación de formado. Debe ser insertado por el usuario como una magnitud en centímetros y ésta representa la altura del molde.
- iv) Edging. Es un dato opcional para aquellos moldes que requieran este tipo de proceso. En su caso, el usuario inserta, como una magnitud en cm., la altura a la cual desea que se produzca este efecto. Acto seguido debe insertarse el dato, en décimas de mm (0-9), de la profundidad del edging deseado. El sistema acepta edging múltiple (hasta 4).
- v) Paros. Es un dato opcional para el usuario que desea detener el proceso de formado, ya sea para observación o para actividades especiales. El sistema permite al usuario descubrir el molde para luego continuar con el proceso en condiciones normales. El dato se inserta en cm. y corresponde a la altura en la cual se desea producir el paro. El sistema acepta paros múltiples (hasta 4).

Modo ejecución. Este es el modo fundamental del sistema, ya que es el que supervisa y maneja las variantes involucradas durante el proceso de formado de piezas.

El usuario ha de insertar por teclado el número de pieza deseado. Acto seguido, el proceso de formado está listo para iniciarse una vez que el usuario así lo desee. Una vez terminado el formado de una pieza, el sistema se reinicializa automáticamente y esperará el reinicio del ciclo de formado de una pieza nueva.

Modo de calibración. Existen aún un par de datos relativos a cada molde, los cuales, por su naturaleza, son considerados como variables que han de

Insertarse al sistema cada vez que un nuevo molde es acoplado a la máquina, tales son:

- i) Cero pistón. Este dato, leído por el sistema del codificador de posición, indica el punto de inicio de una pieza. El usuario ha de ajustar la posición del molde al punto de inicio del formado, acto seguido, comandar al sistema para que éste a su vez considere tal situación como su "cero relativo".
- ii) Cero motor. Este dato se inserta por teclado y corresponde al número de pasos que el motor ha de recorrer para posicionar el regulador de control de presión en el punto de "precarga" o de presión de altura "cero" requerida por el sistema para iniciar propiamente el proceso de formado.

Modo diagnóstico. Este modo tiene como única finalidad la de indicar al usuario si los elementos constitutivos del sistema operan propiamente. No tiene ninguna ingerencia con el proceso de formado de piezas. El usuario ha de insertar el número de prueba deseado (tablero, motor o "shaft encoder"), y seguidamente verificar su funcionamiento.

NOTA: Para mayor información sobre este capítulo ver MANUAL DE USUARIO.

IV. RESUMEN DEL HARDWARE DEL SISTEMA .

IV.1 El EXORCISER como sistema general de desarrollo.

Un sistema de desarrollo del tipo EXORCISER [1] (ver ref. 1) tiene como finalidad fundamental la de simplificar la tarea de llevar un proyecto que involucre microprocesadores a una terminación exitosa. Este tipo de sistemas son diseñados de tal manera que ofrezcan al diseñador una serie de herramientas que le permitan emplear el potencial de una computadora en la evaluación de las diferentes etapas que constituyen un proyecto de la naturaleza mencionada.

En cualquier proyecto que involucre microprocesadores, el diseñador debe enfrentar dos aspectos fundamentales: Software y Hardware.

Las facilidades que un sistema de desarrollo como EXORCISER ofrece al diseñador para el desarrollo de los aspectos señalados, pueden resumirse en las siguientes:

- i) Herramientas para la "creación" del sistema operativo del usuario, esto es, editores, ensambladores, etc.
- ii) Herramientas para la depuración del sistema operativo, esto es, programas de búsqueda de errores de programación.
- iii) Herramientas para el desarrollo del Hardware del usuario, tales son tarjetas para wire-wrap compatibles con el sistema, espacio físico disponible, fuente de poder capaz de soportar los circuitos del usuario además de los propios del sistema, etc.
- iv) Herramientas para evaluar el hardware del usuario, tales son tarjetas tipo extender, capacidad de emulación del sistema del usuario, etc.

Las ventajas que definitivamente se obtienen al emplear un Sistema de Desarrollo se pueden resumir en:

- i) Ahorro sustancial de tiempo de desarrollo.
- ii) Disminución de costos de diseño.

IV.2 Adaptaciones al Sistema de Desarrollo.

La decisión de emplear EXORCISER como elemento central del proyecto "Bekolite", simplificó notablemente la cantidad de Hardware requerido. Al intentar estandarizar el proyecto a los requerimientos de EXORCISER, sólo unos cuantos aspectos, que debido a su naturaleza son incompatibles con el sistema, tuvieron que ser manufacturados como "adaptaciones al sistema de desarrollo". Tal es el caso de:

- i) Tablero de control
- ii) Módulo de Memoria de Núcleos
- iii) Fuente de Poder para Motor de Pasos
- iv) Circuito convertidor analógico-digital
- v) Circuitos de Comando para solenoides.

Dichas adaptaciones se realizaron de la siguiente manera:

- i) Tablero de control: consiste en una placa frontal colocada sobre la parte superior del panel general el cual contiene al EXORCISER en la parte inferior. Consta de los elementos necesarios para operar como la interface hombre-máquina durante la operación normal del sistema. Figs. IV.1 y IV.2.

El resto de los elementos incompatibles señalados anteriormente se ubican

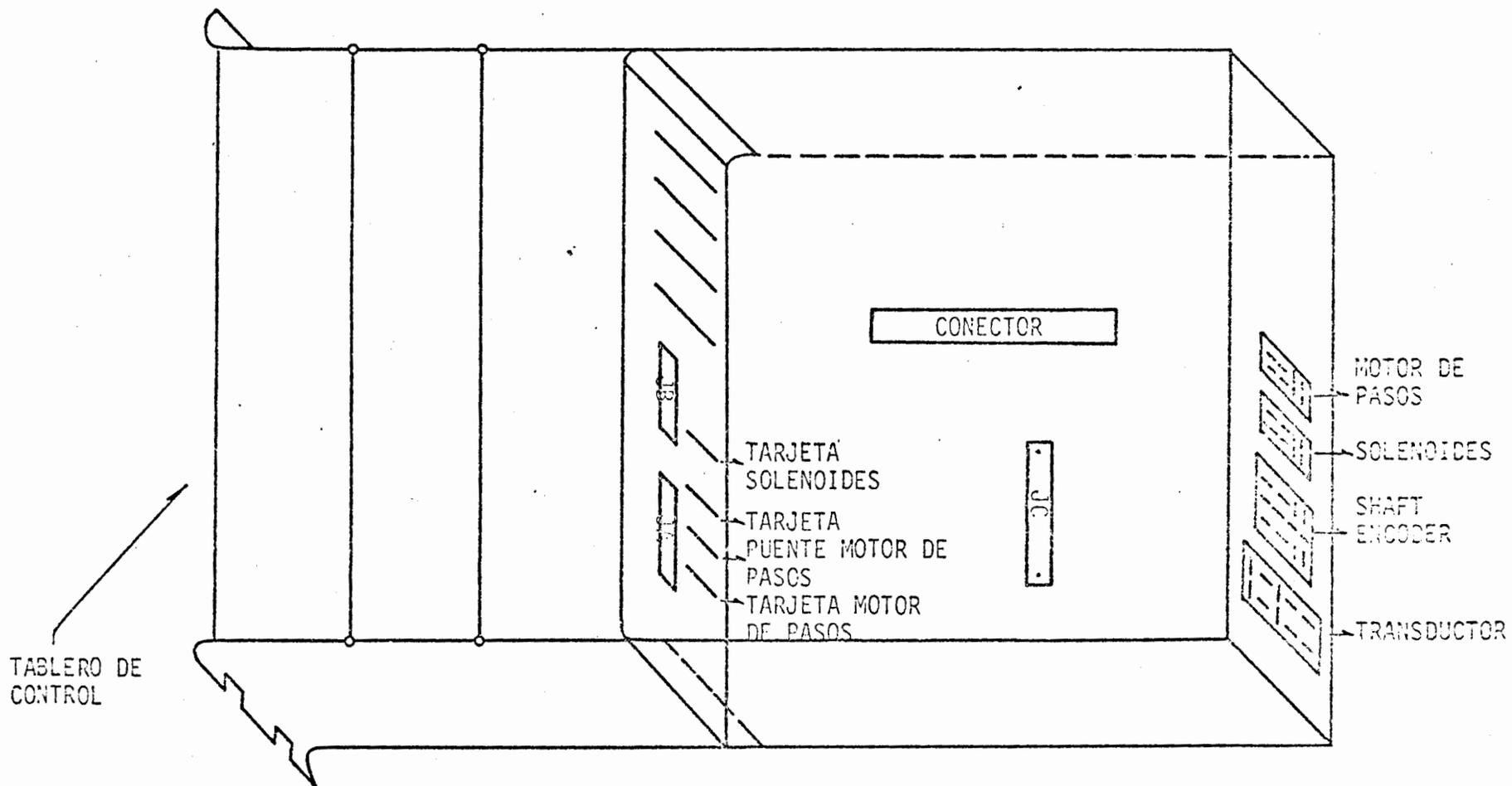


Figura IV.2. Localización física de los componentes del sistema.

sobre un chasis especial construido sobre la parte superior del panel general. Aparte de contar con los elementos mencionados, esta adaptación posee adicionalmente transformadores, relevadores y tiras de terminales, todas ellas necesarias para realizar las funciones propias de los módulos y la interface requerido por EXORCISER.

La descripción detallada de dichos elementos se realizará posteriormente en este trabajo.

IV.3 Descripción de Módulos.

Desde el punto de vista del proyecto, EXORCISER ofrece 3 módulos cuya operación es fundamental en el sistema.

- i) CPU
- ii) Memoria
- iii) I/O (entrada/salida)

i) CPU

Fundamentalmente, el módulo del CPU opera como el "cerebro" del Sistema de Desarrollo (ver ref. 1). Este mismo módulo hará las veces de "cerebro" del sistema "Bekolite" sin alteraciones físicas.

ii) Memoria

El sistema de Desarrollo EXORCISER consta de un módulo de memoria de tipo RAM estática de 2K palabras (8 bits) de capacidad [2]. La función primordial del modulo dentro del Sistema de Desarrollo es la de almacenar programas tales como editores, ensambladores, etc., que normalmente residen en disco cuando el usuario requiere de su utilización.

Otra función importante del módulo es la de almacén de programas del usuario durante la etapa de depuración, previa a la etapa de grabado de dichos programas en PROM, una vez depurados.

El sistema "Bekolite" requiere menos de 1K palabras de memoria tipo RAM para operar, por lo que este módulo presenta una capacidad excesiva. Actualmente dicho módulo se puede emplear como RAM del sistema.

iii) I/O (entrada/salida)

El módulo de I/O (Mex 6820) [3] es una herramienta de gran utilidad en la configuración del sistema de entrada/salida, ya que ofrece la versatilidad de configurar por medio de wire-wrap los puertos de entrada/salida (PIA'S), según las necesidades del usuario.

El sistema "Bekolite" emplea uno de estos módulos para el manejo de: Shaft Encoder, Motor de pasos, comando de solenoides y control del sistema de adquisición de datos de presión. Una descripción detallada de dicha interface se ofrece posteriormente en este trabajo.

Referencias:

1. M6800 EXORCISER User's Guide; Motorola.
2. MEX 6812-1 2k Static RAM Module Supplement; Motorola.
3. MEX 6820 Input/output module supplement; Motorola.

IV.4 Descripción de interfaces

IV.4.1 Tablero de control.

El tablero de control localizado en la parte superior del panel general (Fig. III.1 y IV.3), consta de los siguientes elementos:

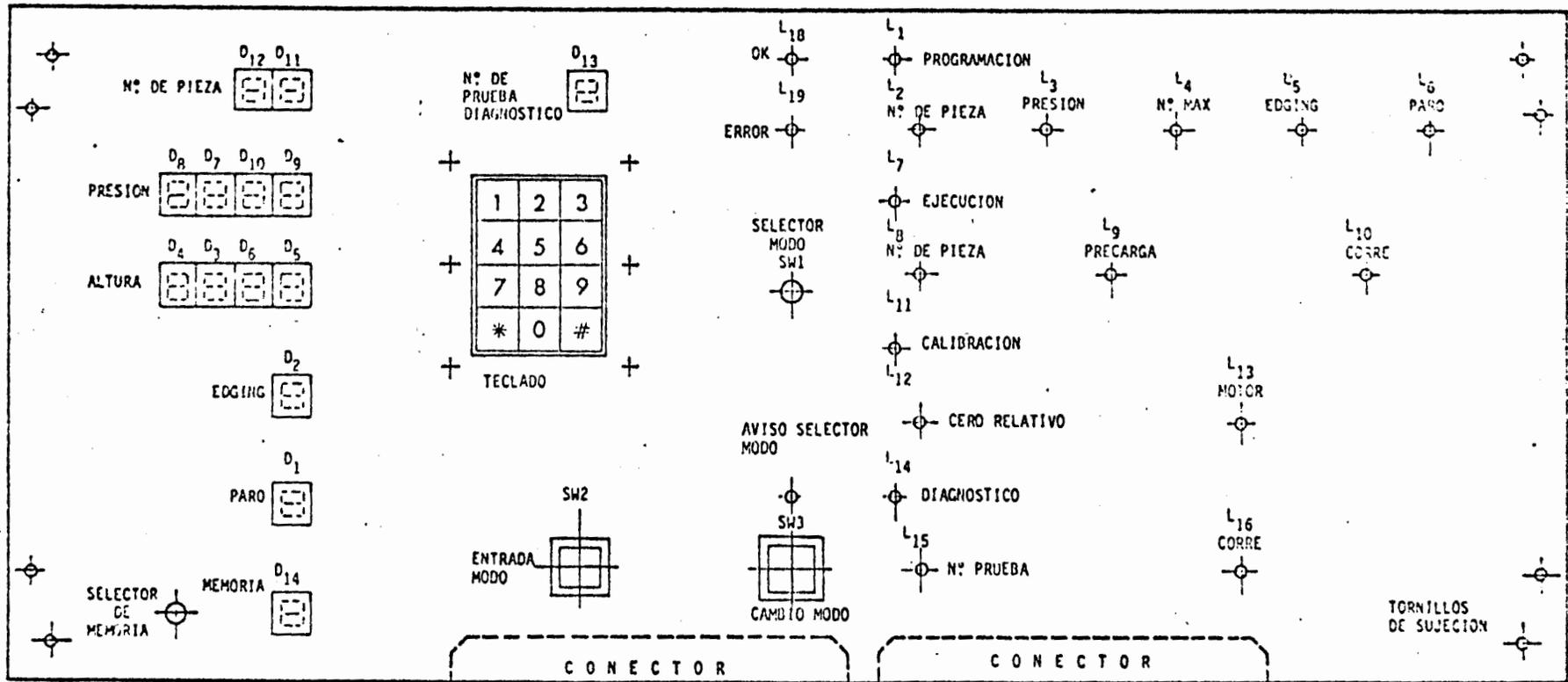


Figura IV.3 Tablero de control.

↳ Un teclado de propósito general

- Displays numéricos: dos juegos de cuatro dígitos cada uno, para despliegue de información. Un conjunto de dos dígitos, más dos dígitos aislados (los cuatro para propósitos específicos).
- 19 diodos luminosos
- 1 selector de modo
- 1 botón para cambio de modo
- 1 botón para ruptura
- 1 botón para cambio de Tarjeta de Memoria

Las funciones principales del tablero de control son:

- Capacidad de programar y corregir piezas.
- Capacidad de autodiagnosticar al propio sistema.
- Lectura de presiones y alturas reales.
- Capacidad de calibración del sistema general.

IV.4.2 Memoria de Núcleos.

La programación de perfiles de presión que haya resultado adecuada para la buena formación de una pieza puede almacenarse en una memoria no volátil, con la finalidad de reproducir dichos perfiles tiempo después.

El sistema tiene capacidad para cuatro tarjetas de memoria de núcleos de 2k x 4, lo cual es suficiente para almacenar 64 diferentes perfiles de presión (16 por cada una). En dado caso que se desee una mayor capacidad de almacenamiento de perfiles, se recomienda eliminar las tarjetas existentes e insertar otras con mayor capacidad. En este caso sería

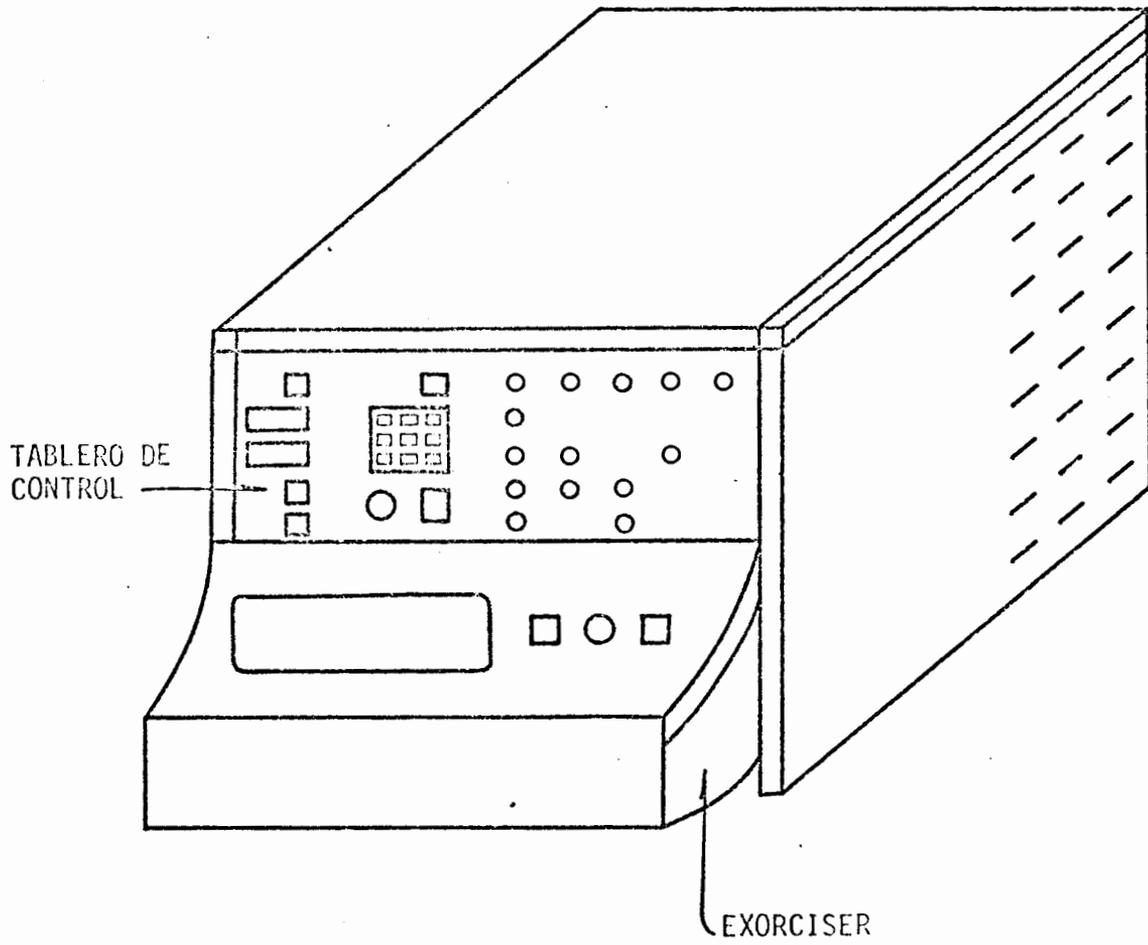


Figura IV.1 Vista exterior del sistema

necesario numerar cada tarjeta nueva y crear un archivo aparte de la perfecta identificación de los perfiles de presión deseados. Con este sistema, la capacidad de almacenamiento de perfiles es muy grande.

IV.4.3 Transductor de presión.

La presión real dentro del domo es monitoreada por un transductor de presión, el cual convierte en voltaje la presión leída. El rango dinámico del transductor es de 0 - 10⁴ p.s.i.g., el voltaje de salida del transductor dentro de este rango es de 0 - 5 volts.

IV.4.4 Convertidor analógico-digital

El sistema utiliza un convertidor analógico-digital de 9 bits, para transferir la lectura real de presión dada por el transductor de presión, a una palabra digital de 9 bits entendible por el procesador. Dicho convertidor es de 20 p.s.i.g. \pm 10 p.s.i.g.

Un filtro activo de segundo orden a la entrada del convertidor, con frecuencia de corte de 20Hz, limita la frecuencia de las señales a convertir, con la finalidad de evitar señales erróneas producidas por ruido y línea.

IV.4.5 Solenoides

El control de paros, tanto de "subida" como de "bajada" se realiza por 2 solenoides (uno para cada función); dichos solenoides están normalmente abiertos y controlados por el procesador, a través de una etapa de potencia.

IV.4.6 Codificador de posición

El procesador requiere información acerca de la posición y forma cuantitativa del movimiento del "pistón".

Un transductor óptico acoplado por cadena y cremallera al "pistón", proporciona información al procesador en forma de una palabra de 8 bits en código Gray invertido, acerca del movimiento del pistón.

IV.4.7 Motor de pasos

El movimiento del vástago del regulador de presión se efectúa mediante un mecanismo de palanca el cual es activado por un motor de pasos. Dicho motor de pasos es controlado por el procesador a través de una etapa de potencia.

La conversión de movimiento rotacional, proporcionada por el motor de pasos, a lineal, necesaria para el vástago del regulador se efectúa mediante un juego de tornillo-tuerca, con una resolución de 5.5 micras.

IV.5 Fuente de poder

El Hardware del sistema está diseñado de tal forma que los voltajes requeridos para polarizarlo son los mismos de los que dispone el Exorciser, esto es:

+ 12 V. C.D.

- 12 V. C.D.

+ 5 V. C.D.

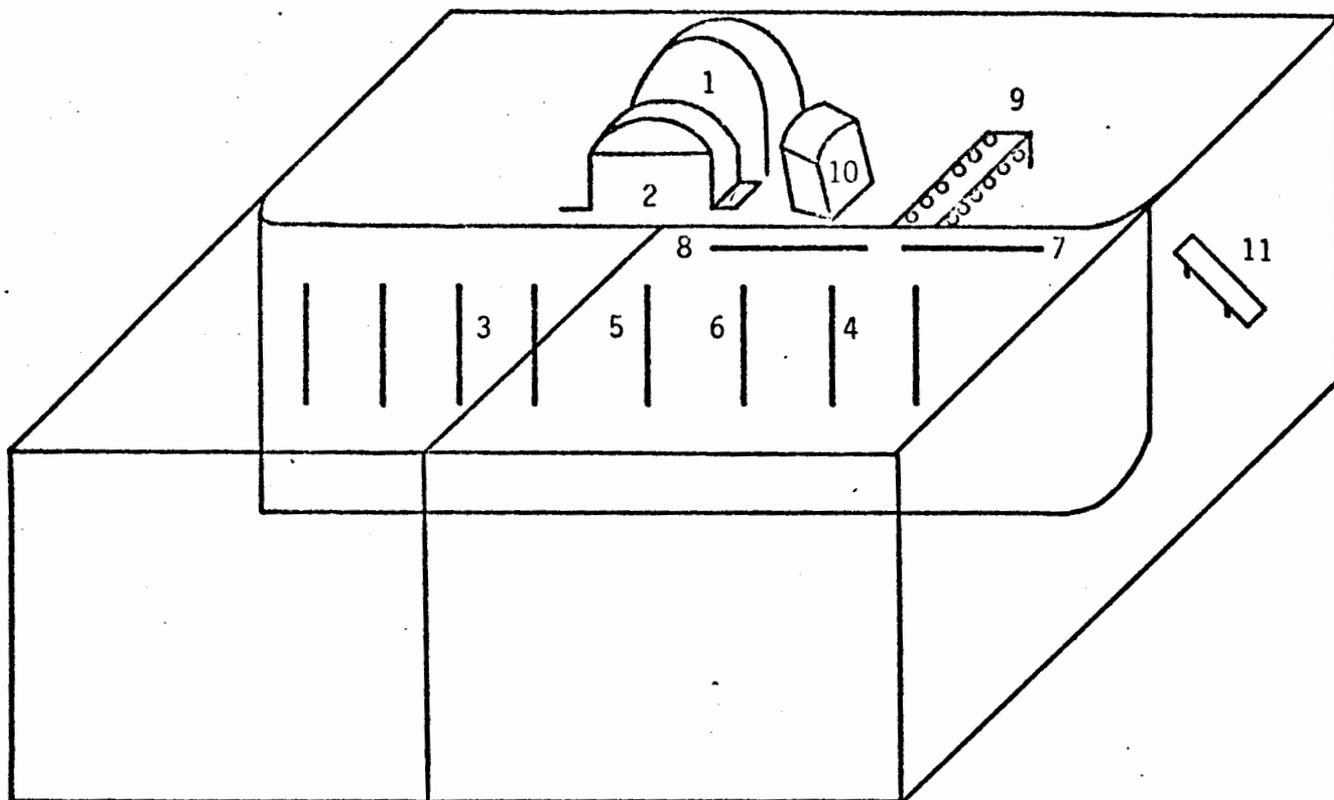
Sin embargo, las etapas de más potencia tienen diseñadas sus propias fuentes aisladas. Tal es el caso del Motor de pasos y de los solenoides,

que tienen sus propios transformadores conectados a la línea a través del switch del Exorciser, los cuales se actúan cuando enciende el sistema.

IV.6 Asignación de conectores y tablillas de circuito impreso.

La asignación de conectores y tablillas de circuito impreso dentro del sistema, queda mejor explicada mediante la figura IV.4.

En las figuras IV.5, IV.6 y IV.7 se encontrarán más detalles de los circuitos del sistema total.



1. Transformador solenoides
2. Transformador stepping motor
3. Tableta de memoria de núcleos
4. Tableta de Drive del Stepping Motor (conector)
5. Tableta de control de solenoides (conector)
6. Tableta de fuente para el stepping motor (conector)
7. Conector de interface con el Exorciser (cable plano)
- *8. Conector de interface con el Exorciser (cable plano)
- *9. Conector de potencia (uso general)
10. Transformador transductor
11. Conector de salida a solenoides, stepping motor, Transductor Shaft encoder. (JC).

NOTAS: *Conector 7 corresponde al codificador de posición, comando del motor de pasos y solenoides y transductor de presión (JA).

*Conector 8 corresponde a memoria de núcleos (JB).

Figura IV.4 Asignación de conectores y tablillas de circuito impreso.

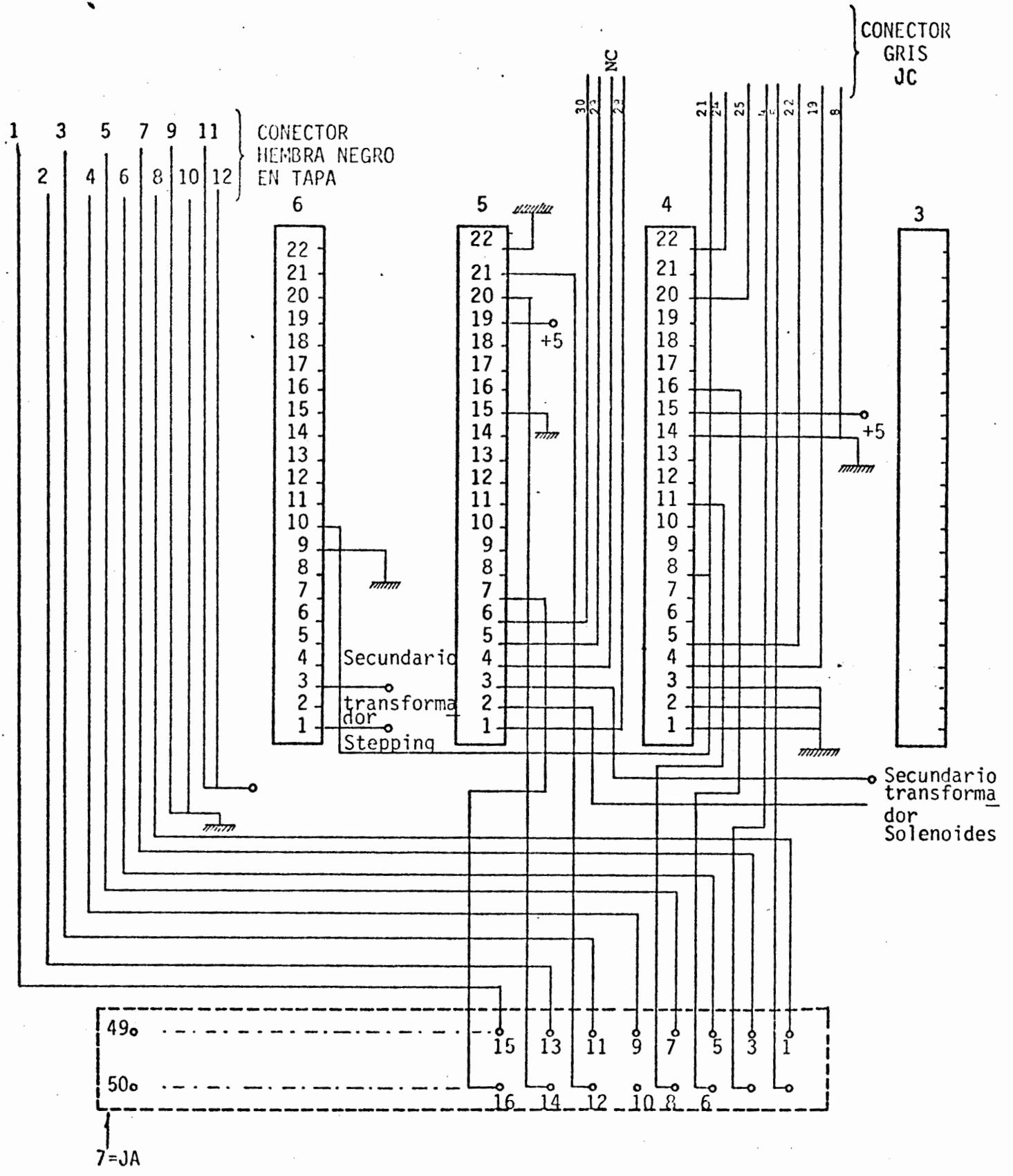


Figura IV.5. Diagrama de Conexiones del conector 7.

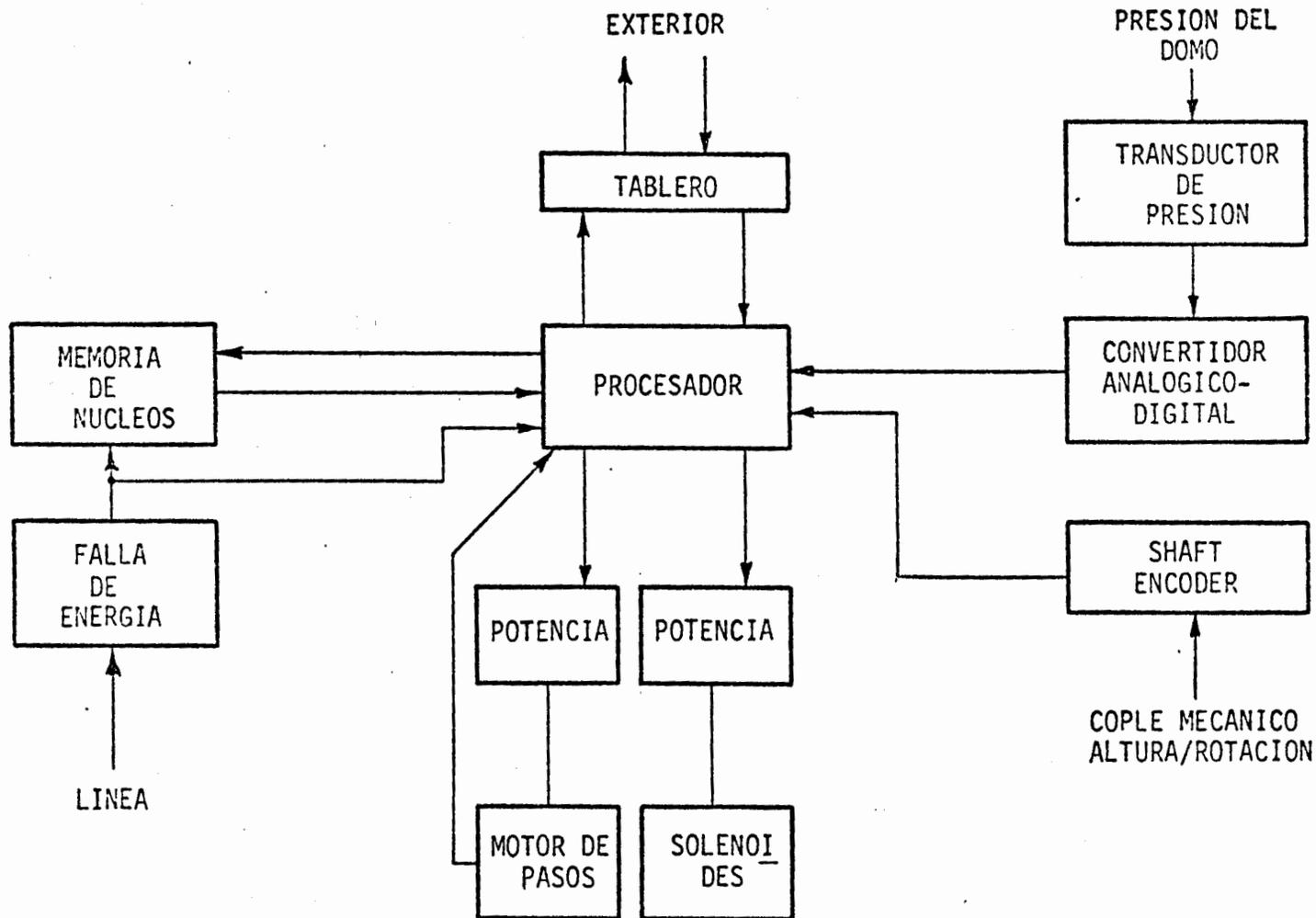


Figura IV.6 Diagrama de bloques del hardware del sistema.

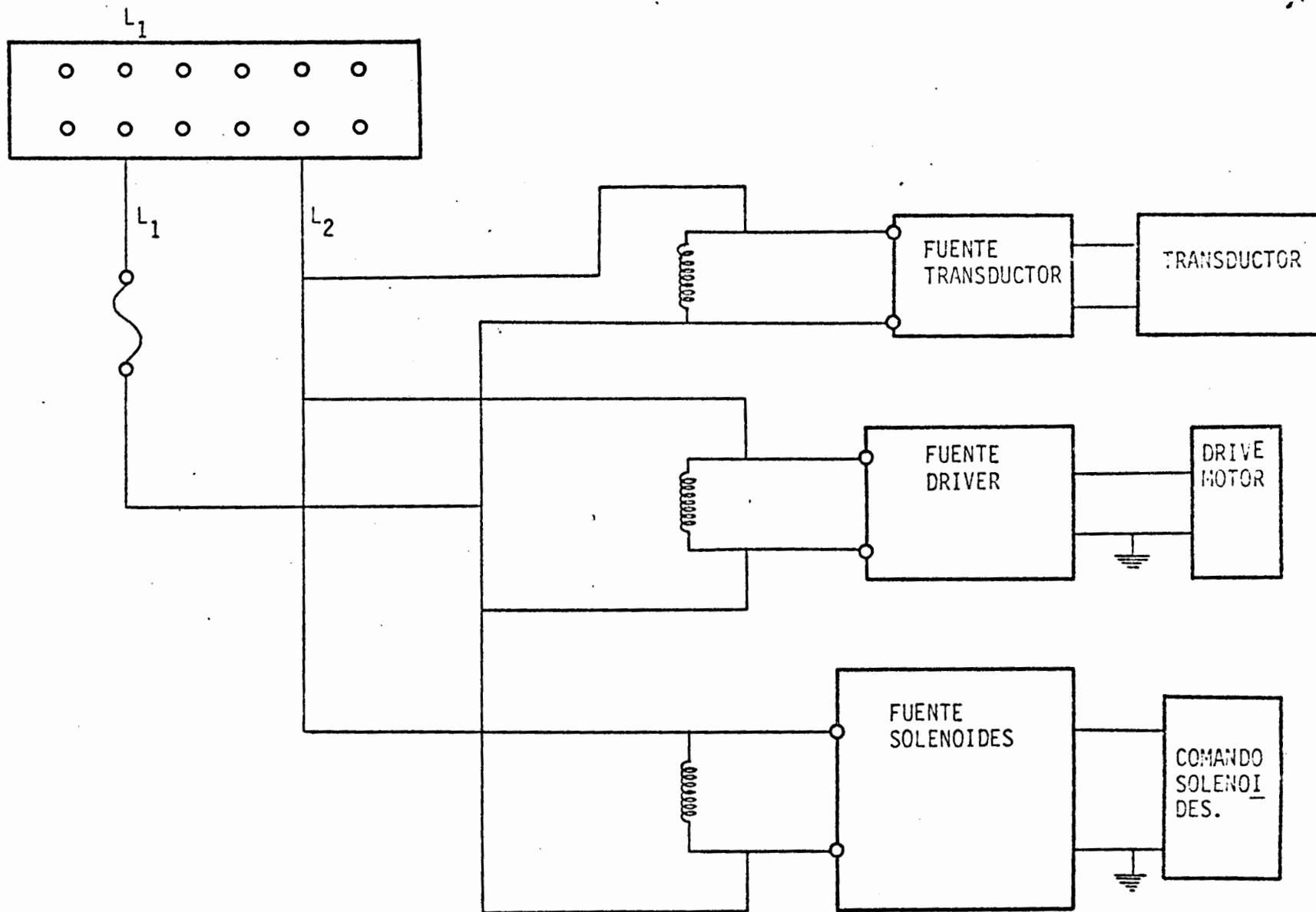


Figura IV.7. DIAGRAMA DE LAS FUENTES DEL SISTEMA

V. RESUMEN DEL SOFTWARE DEL SISTEMA

V.1 Descripción general del Software del Sistema

El software del sistema puede dividirse en cinco bloques principales en función de la tarea que realizan. Esto es:

- INICIO - INIC
- DIAGNOSTICO - DIAGN
- CALIBRACION - CALIB
- PROGRAMACION - PROGR
- EJECUCION - EJEC

Al final de esta sección se muestra un diagrama operativo del Software del sistema. Cabe mencionar que el bloque denominado SELEC (selección a modo), consiste de una rutina encargada de dirigir el flujo del programa al bloque del software del sistema encargado de ejecutar el modo seleccionado por el usuario.

Existen además, dos bloques de rutinas de apoyo: en uno de ellos se encuentran incluidas todas las rutinas de apoyo al modo ejecución, en el otro se encuentran rutinas de apoyo a los tres modos de operación restantes.

V.1.1 Inicialización

Esta rutina es la encargada de realizar todas las inicializaciones necesarias para el correcto funcionamiento del sistema a partir del encendido del mismo.

La inicialización consiste en:

- i) Apagar todos los display's y led's del tablero
- ii) Limpiar las áreas de trabajo en memoria RAM
- iii) Programar convenientemente los puertos de entrada y salida
- iv) Iniciar variables globales del sistema
- v) Definir vectores de interrupción
- vi) Habilitar interrupciones

V.1.2 Diagnóstico

Esta rutina se encarga de ejecutar el diagnóstico de los elementos: teclado y display's, codificador de posición, motor de pasos, y led's del tablero.

Para lo anterior, la rutina está formada por cuatro subrutinas, donde cada una comanda uno de los cuatro diagnósticos mencionados.

Estas subrutinas son:

- MDLED - Prueba led's del tablero
- KYDSP - Prueba teclado y display
- SHAFT - Prueba codificador de posición
- MOTOR - Prueba motor de pasos

V.1.3 Ejecución

Esta rutina es la encargada del control del proceso de formado. La presión dentro del domo es la variable a controlar, y para esto, forma una tabla de control en base al perfil de presiones deseado por el usuario y en base a la curva estática del motor de pasos. Esta tabla se forma antes de que el pistón se mueva, se calcula una sola vez para cada pieza tecleada y durante el cálculo se valida el perfil de presiones tecleado, ya que

el sistema marca error si la presión no es una función monótonamente creciente de la altura. El formato de una pieza requiere además de un valor inicial de presión denominado precarga. Esta rutina vigila también que el valor deseado de precarga se genere dentro del domo antes de iniciar el ciclo. Para realizar todas sus funciones esta rutina se auxilia de subrutinas encargadas de paros específicos del proceso de formado. Estas subrutinas son:

TABLA - Forma la tabla de control

FORMA - Controla el ciclo de formado desde que el pistón cruza el cero relativo hasta que el punto llega a la altura máxima.

FORFIN - Controla el ciclo de formado desde que el pistón llega a la altura máxima hasta que regresa al cero relativo.

V.1.4 Calibración.

Esta rutina tiene como objeto adquirir el dato del cero relativo del "pistón", y colocar al motor de pasos en una posición inicial de operación, a partir del primer interruptor.

Esta rutina se accesa por medio del botón de selección de modo, la rutina que le transfiere el control deberá cargar la palabra 03H en la localidad "X+CAL". Una vez accesada, manipulará los leds del tablero para indicar el punto de operación.

Primero tomará el cero relativo del "pistón", para ello esperará a que sea oprimida la tecla "ENTER"; en cuanto la haya recibido, tomará el dato de altura del "shaft encoder", lo guardará en las localidades X+116,

X+H7, y desplegará ceros en el "display" correspondiente a altura. A continuación esperará una nueva tecla.

Si la tecla oprimida corresponde a un dígito, éste será ignorado; si corresponde a C.P., procederá a la calibración del motor.

La segunda parte de la rutina posiciona al motor de pasos. Para ello, tomará un número de pasos de "default" (256 inicialmente) y esperará por una tecla; si es un dígito, substituirá el número de pasos del motor por el que se introduzca en esta etapa (número máximo de pasos: 9999), si es "ENTER" avanzará el motor de pasos de acuerdo con el número actual de éstos y esperará una nueva tecla; si es un C.P., procederá a tomar el cero relativo del "pistón".

La rutina solo puede abandonarse por medio del botón de ruptura. A continuación, muéstrase el diagrama de flujo.

Explicación de parámetros:

Dirección de movimiento del motor

SENEG = 00 Retroceso

SEPOS = 20 Avance

Número de pasos de default:

AVANI (MSB)

AVAN2 (LSB)

Valor máximo: 9999

Número de pasos de avance: corresponde al valor de default o al introducido, según el caso. Se almacena en las localidades:

X+PAS01 (MSB)

X+PAS02 (LSB)

V.1.5 Programación

Tiene como función introducir a memoria los datos del perfil de la pieza a formar. La rutina está dividida en seis submodos, cuyo orden secuencial de ejecución es el siguiente:

- i) número de pieza
- ii) altura inicial de presiones a programar
- iii) presiones
- iv) altura máxima
- v) "edging"
- vi) paros

La rutina se accesa por medio del botón "selección de modo"; al transferirse el control deberá cargarse la palabra "Ø3H" en la localidad "X+PROG". Para pasar de un submodo al siguiente es necesario oprimir la tecla de "cambio de parámetro", excepto en el paso del submodo "ii" al "iii", que es automático. La operación de los submodos, excepto "ii", es circular v.g.: a continuación del paso # 4 se programará el paso # 1.

De manera análoga, a continuación del submodo "vi" se ejecutará el submodo "i". La única manera de abandonar la rutina es por medio del botón de "ruptura".

A todos los submodos, excepto "ii" y "iii", les corresponde un led en el tablero; a los submodos "ii" y "iii" les corresponde el led etiquetado "presiones".

El protocolo para introducir los datos es el mismo para todos los submodos. El sistema mostrará en el display correspondiente el valor actual del parámetro (para aquéllos que no son almacenados en núcleos, el valor inicial es cero); estos valores pueden validarse tecleando "ENTER" o "C.P."; o substituirse tecleando el nuevo valor seguido de la tecla "ENTER". Para validar el nuevo valor es necesario oprimir la tecla "ENTER".

Durante los accesos a memoria de núcleos, se deshabilitan las interrupciones.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo de la rutina.

Explicación de variables y localidades reservadas:

Presión: Presión programada en el punto actual. Su valor binario se almacena temporalmente en las localidades:

X+PRE1 (MSB)

X+PRE2 (LSB)

Valor máximo = 9999

Altura: Dependiendo del submodo, puede corresponde a un punto del perfil de presiones, altura máxima, altura de ocurrencia de edging o altura de ocurrencia de paro. Su valor binario se almacena temporalmente en las localidades:

X+ALT1 (MSB)

X+ALT2 (LSB)

Valor máximo = 3199

Número de pieza: Número de pieza actualmente programándose. Su valor binario se almacena en:

X+PIEZ

Valor máximo = 15

AH: Incremento de altura del edging actualmente programándose. Su valor binario se almacena temporalmente en la localidad:

X+AH

Valor máximo = 9

NEP: Número de edging o paro, actualmente programándose, según el submodo de operación. Valor binario almacenado en la localidad:

X+NEP

Valor máximo = 4

S: Contador de puntos de presión programados valor binario almacenado en la localidad:

X+S

Valor máximo = 31

Pila: Pila circular de 5 palabras de capacidad. Se usa como almacén temporal de los dígitos introducidos.

Localidad de inicio: X+PILIN

Localidad final: X+PILFI

Apuntador de pila circular en las localidades:

X+SALVA (MSB)

X+SALVE (LSB)

El funcionamiento de la pila es: guarda dígito y después incrementa contador.

Apuntador de núcleos: Este apuntador se determina inicialmente a partir del número de pieza introducido al sistema.

Se almacena en las localidades:

X+TB1 (MSB)

X+TB2 (LSB)

Tabla de leds: Esta tabla está en las localidades:

X+PROG

X+EJEC

X+CAL

X+DIAG

Cada localidad de la tabla corresponde a un modo de operación del sistema, como sigue:

X+PROG: Corresponde al modo de operación

X	X	S _{m₅}	S _{m₄}	S _{m₃}	S _{m₂}	S _{m₁}	M
---	---	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	---

M: Led identificador de modo (Led verde en el tablero)

S_{m₁}: Submodo número de pieza (Leds rojos en el tablero)

S_{m₂}: Submodo altura inicial

S_{m₃}: Submodo presiones

S_{m₄}: Submodo edgings

S_{m_5} : Submodo paros

X: Irrelevantes.

X+EJEC: Corresponde al modo de ejecución

X	X	X	X	S_{m_3}'	S_{m_2}'	S_{m_1}'	M'
---	---	---	---	------------	------------	------------	------

M' : Identificador de modo

S_{m_1}' : Submodo número de pieza

S_{m_2}' : Submodo corre

S_{m_3}' : Submodo precarga

X+CAL: Corresponde al modo de calibración

X	X	X	X	X	S_{m_2}''	S_{m_1}''	M''
---	---	---	---	---	-------------	-------------	-------

M'' : Identificador de modo

S_{m_1}'' : Submodo cero relativo del punch

S_{m_2}'' : Submodo inicialización del motor de pasos

X+DIAG: Corresponde al modo de diagnóstico

X	X	X	X	X	S_{m_2}'''	S_{m_1}'''	M'''
---	---	---	---	---	--------------	--------------	--------

M''' : Identificador de modo

S_{m_1}''' : Submodo número de prueba

S_{m_2}''' : Submodo corre prueba

En todos los modos, sólo un submodo puede estar encendido a la vez. De manera análoga, sólo un modo puede estar encendido.

Formato de los datos de perfiles de las piezas.

El sistema sólo acepta una tarjeta de memoria de núcleos a la vez. Las tarjetas tienen una organización de 2K x 4 bits; en cada una de ellas pueden almacenarse los datos relativos a 16 piezas, correspondiendo a cada pieza 128 nibbles, conectados a la parte menos significativa del canal de datos.

La dirección de inicio de cada pieza está dada como sigue: Sean "N" el número de pieza e "IN" la primera localidad de memoria asignada a núcleos, entonces la dirección de inicio de la pieza (DP) es:

$$DP = IN + N * 128$$

Para cada pieza, pueden programarse los siguientes datos:

i) 32 valores de presión ($0000 \text{ psi} \leq p \leq 9999 \text{ psi}$) a intervalos de un centímetro (punto inicial = 00 cm; punto final = 31 cm). Cada valor de presión es almacenado en 3 nibbles consecutivos como se muestra:

F	X	b ₉	b ₈
b ₇	b ₆	b ₅	b ₄
b ₃	b ₂	b ₁	b ₀

donde: b₀ a b₉ = valor binario de presión

X = irrelevante

F = bandera de escala

Si la presión es menor a 1000 libras, entonces F = 0 y la presión almacenada corresponderá exactamente a la programada. Si la presión es ma

Mayor o igual a 1000 libras, entonces $F=1$ y la presión almacenada será una décima parte de la presión programada; ie:

Sean: P_a = presión almacenada

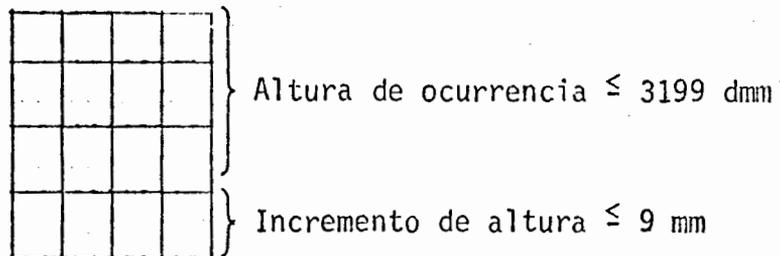
P_p = presión programada

Si $P_p < 1000$ psi $\rightarrow P_a = P_p$; $F = 0$

Si $P_p \geq 1000$ psi $\rightarrow P_a = P_p/10$; $F = 1$

ii) Altura máxima de perfil. Esta altura máxima está dada en décimas de milímetro y se almacena en tres nibbles consecutivos. La altura máxima posible es 4196 dmm; la permisible es 3199 dmm.

iii) Cuatro puntos de edging. Para cada edging, se tiene la altura de ocurrencia en dmm, y el incremento de altura deseado en mm; su formato es como sigue:



iv) Cuatro puntos de paro, para cada punto se tiene la altura de ocurrencia en dmm, almacenada en tres nibbles consecutivos. La altura deberá ser igual o menor a 3199 dmm.

V.1.5 Ruptura/cambio de modo

Esta rutina, accesada por medio de la interrupción enmascarable, cumple la función de abandonar el modo actual de operación, regresando a selección de modo.

Las acciones realizadas son las siguientes:

En el modo "Ejecución":

- i) Libera presión en el domo
- ii) Detiene "punch", ya sea subiendo o bajando
- iii) Despliega presión de ruptura
- iv) Reinicializa parcialmente el sistema, sin perder datos de calibración, y entra a selección de modo.

En los modos restantes:

- i) Reinicialización parcial del sistema, y entrada a selección de modo.

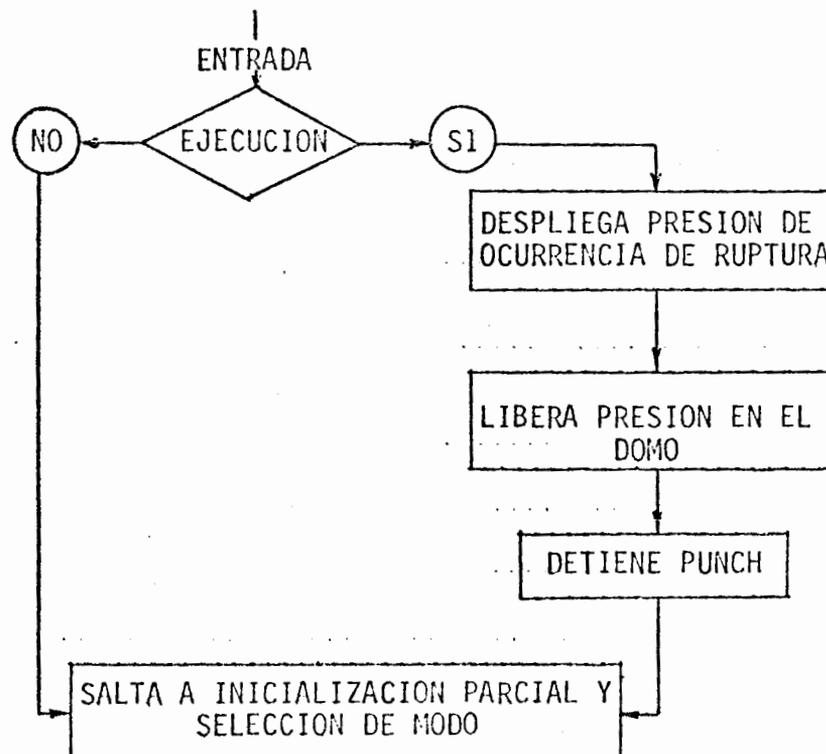


Figura V.1 Diagrama de flujo ruptura/cambio de modo

NOTA: Inicialización parcial y selección de modo es parte de la rutina "INIC".

V.2 Mapa de Memoria General

El software total del sistema se encuentra en las siguientes localidades de memoria EPROM:

INIC - Inicialización	4000
SELEC - Selecciona modo	4095
DIAGN - Diagnóstico	40E7
PROGR - Programación	4280
CALIB - Calibración	43F9
EJECU - Ejecución	44A0
APOY - Rutinas de apoyo generales	4800
ACTU - Rutinas de apoyo ejecución	4B60
BETU - Rutinas de apoyo ejecución	4D30
RUPT - Rutinas de interrupción (ruptura)	4E00

V.3 Diagrama de bloques del software del sistema

En las figuras V.2 a V.6 se muestran los diagramas a bloques de los programas del sistema que efectúan cada uno de los modos de operación del sistema. La salida de cualquier modo de operación se realiza mediante el cierre del interruptor cambio de modo (ruptura). El cierre de éste interruptor genera una interrupción al procesador y es la rutina de interrupción la que reinicializa al sistema según el modo de operación inmediato anterior y lleva el flujo del programa al bloque SELEC - (selecciona modo) del programa principal.

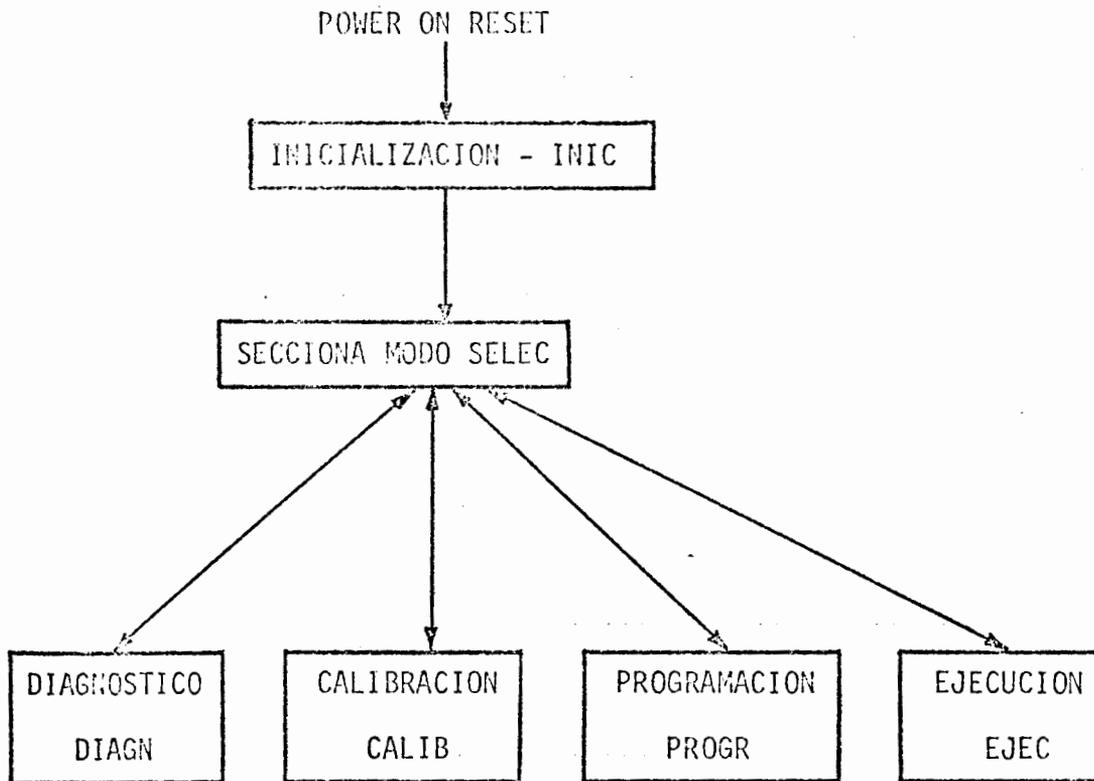


Figura V.2. Diagrama de bloques general del software del sistema.

DIAGNOSTICO

DIAGN

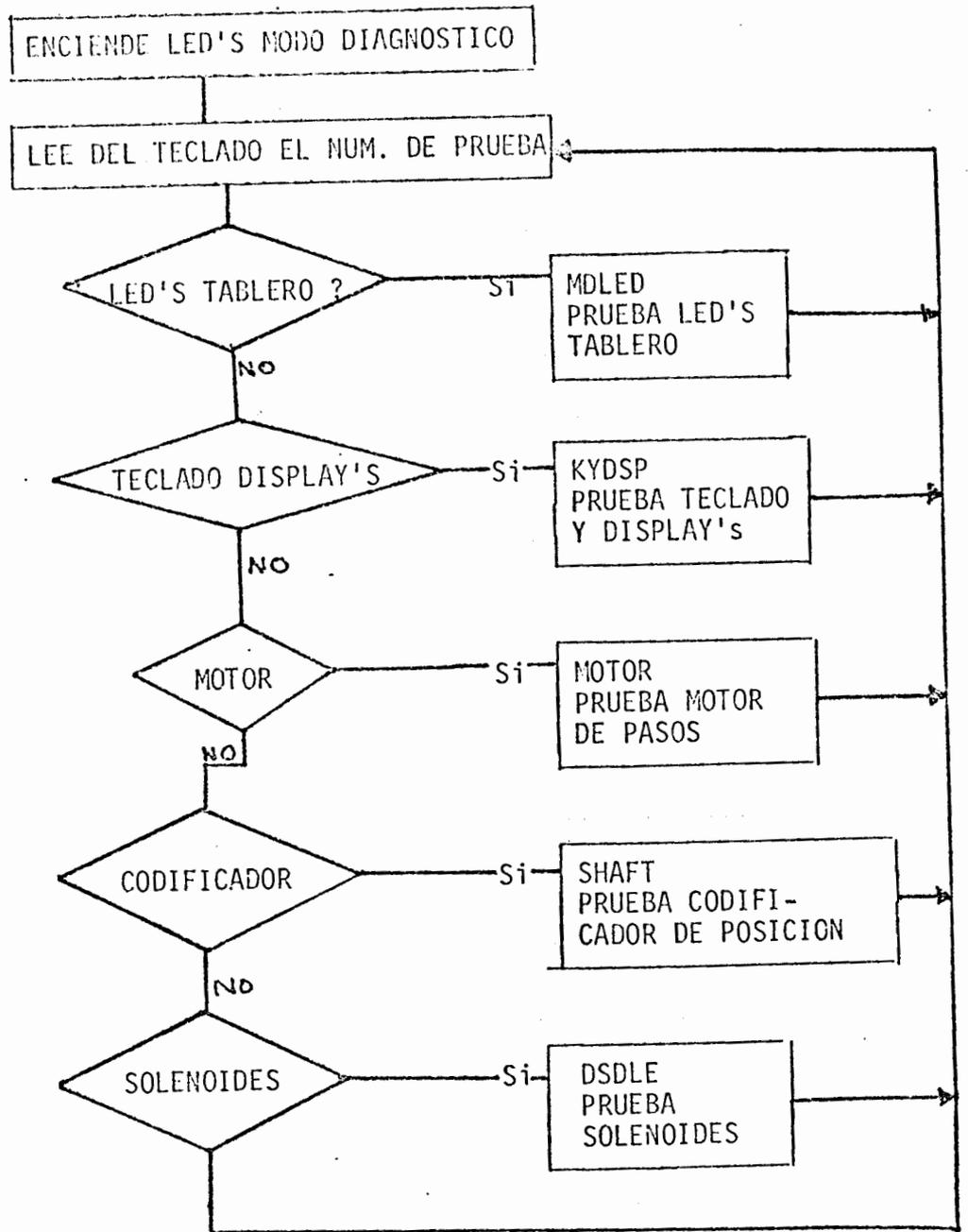


Figura V.3. Diagrama de bloques modo diagnóstico.

CALIBRACION:

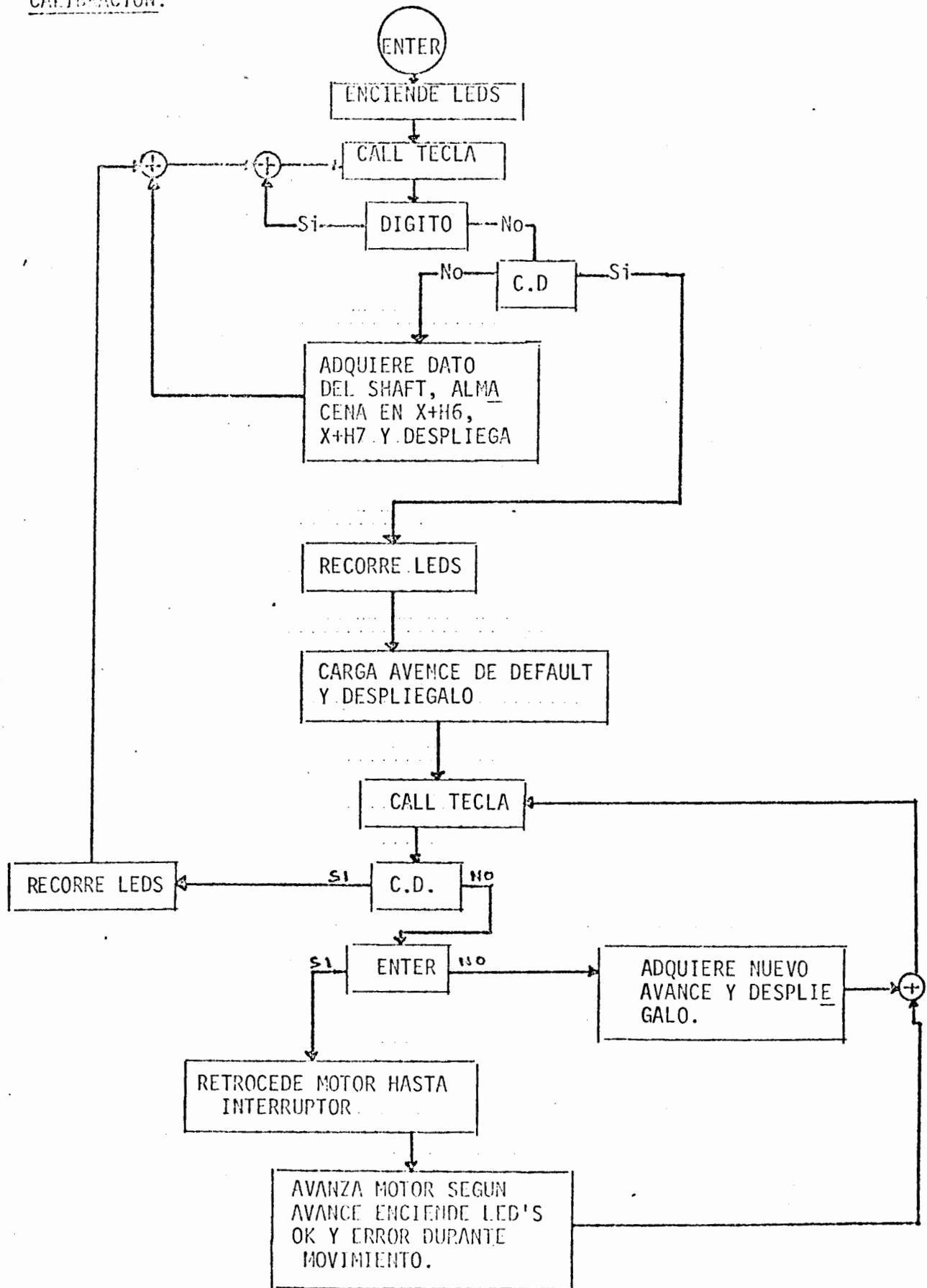


Figura V.4. Diagrama de bloques modo calibración.

PROGRAMACION
PROGR

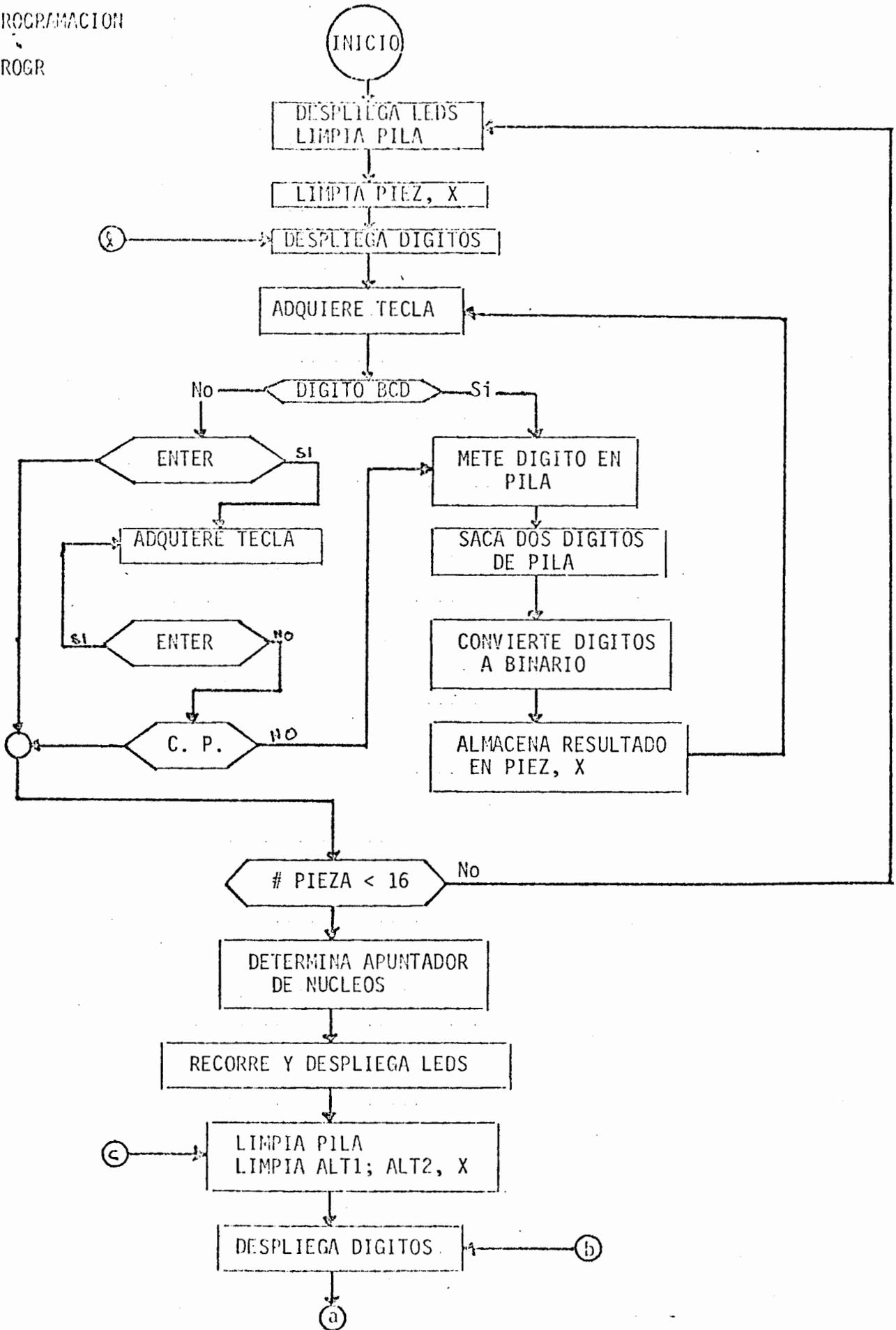


Fig. 1.5 (A)

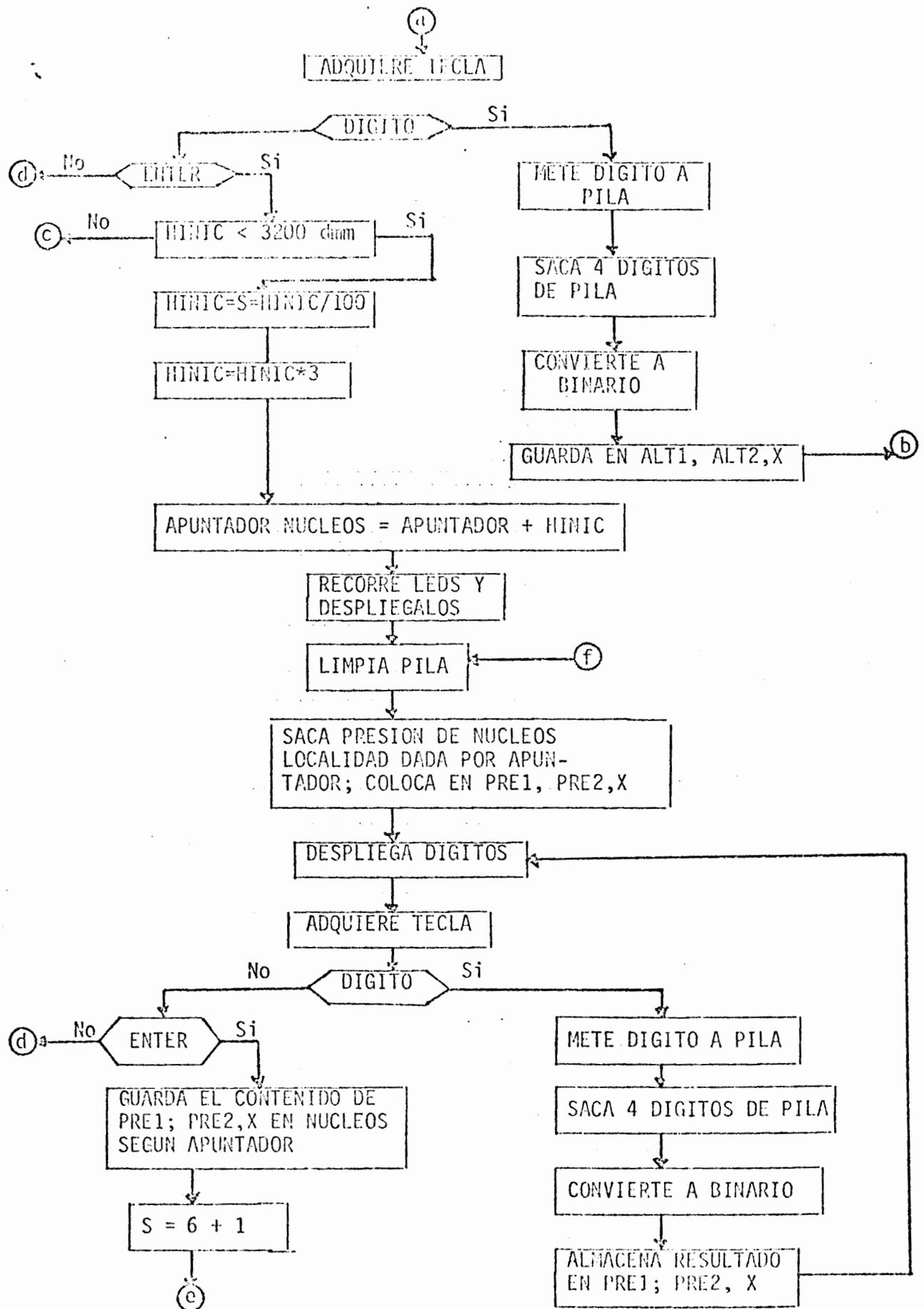


Fig. V.5 (B)

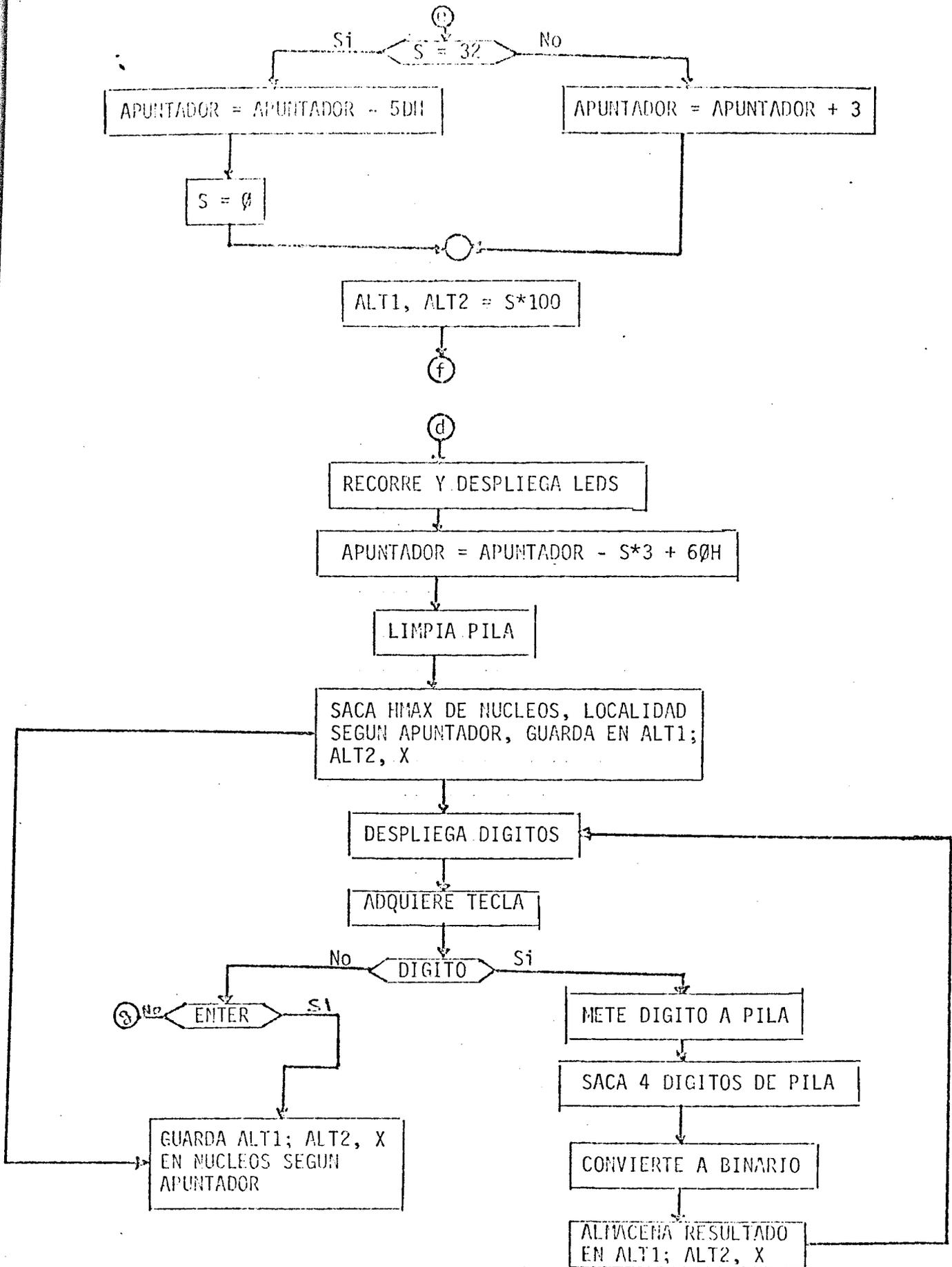


Fig. V.5 (C)

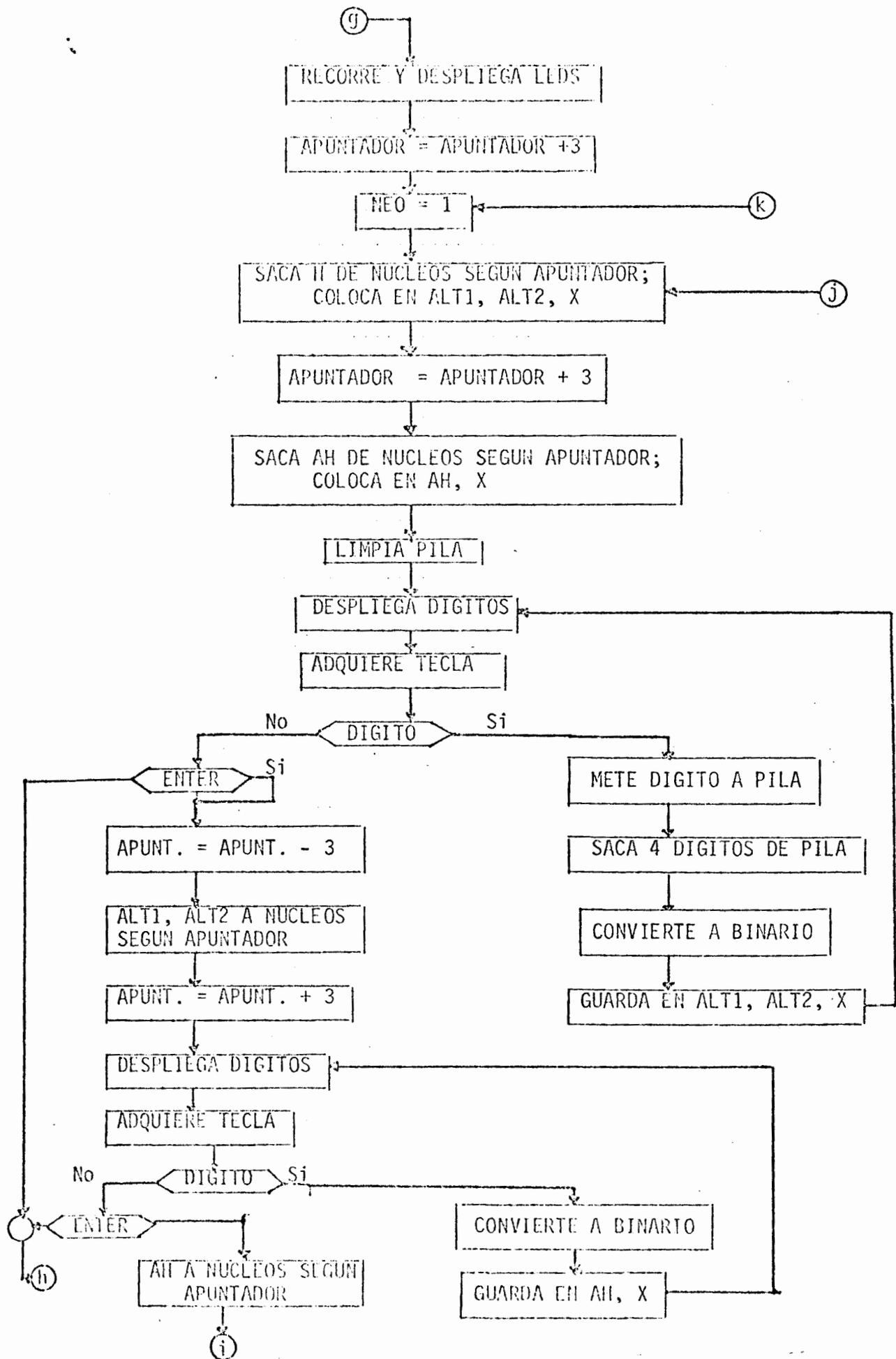


Fig. V.5 (D)

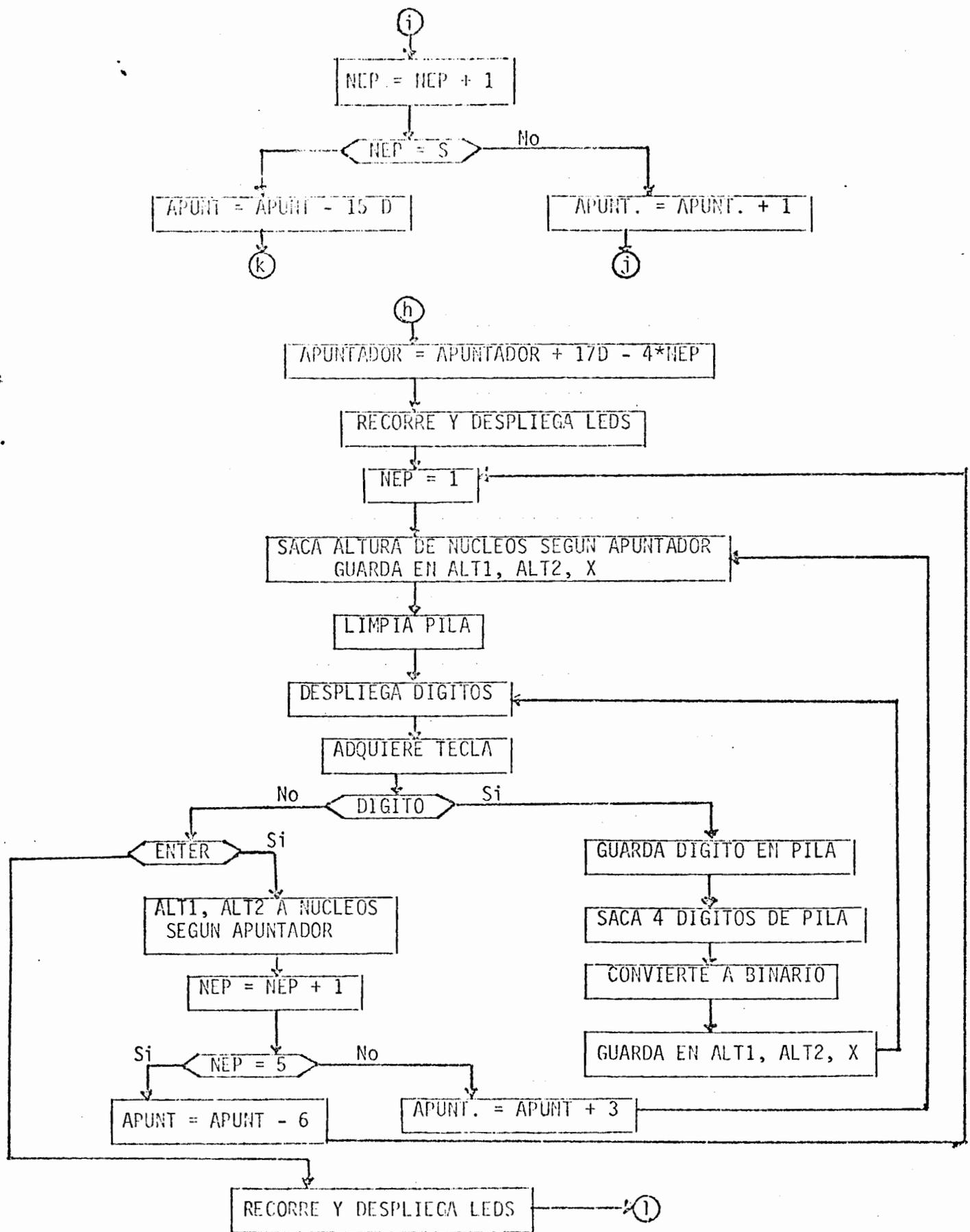


Figura V.5. Diagrama de bloques modo programación.
(Parte E).

EJECUCION

EJECH

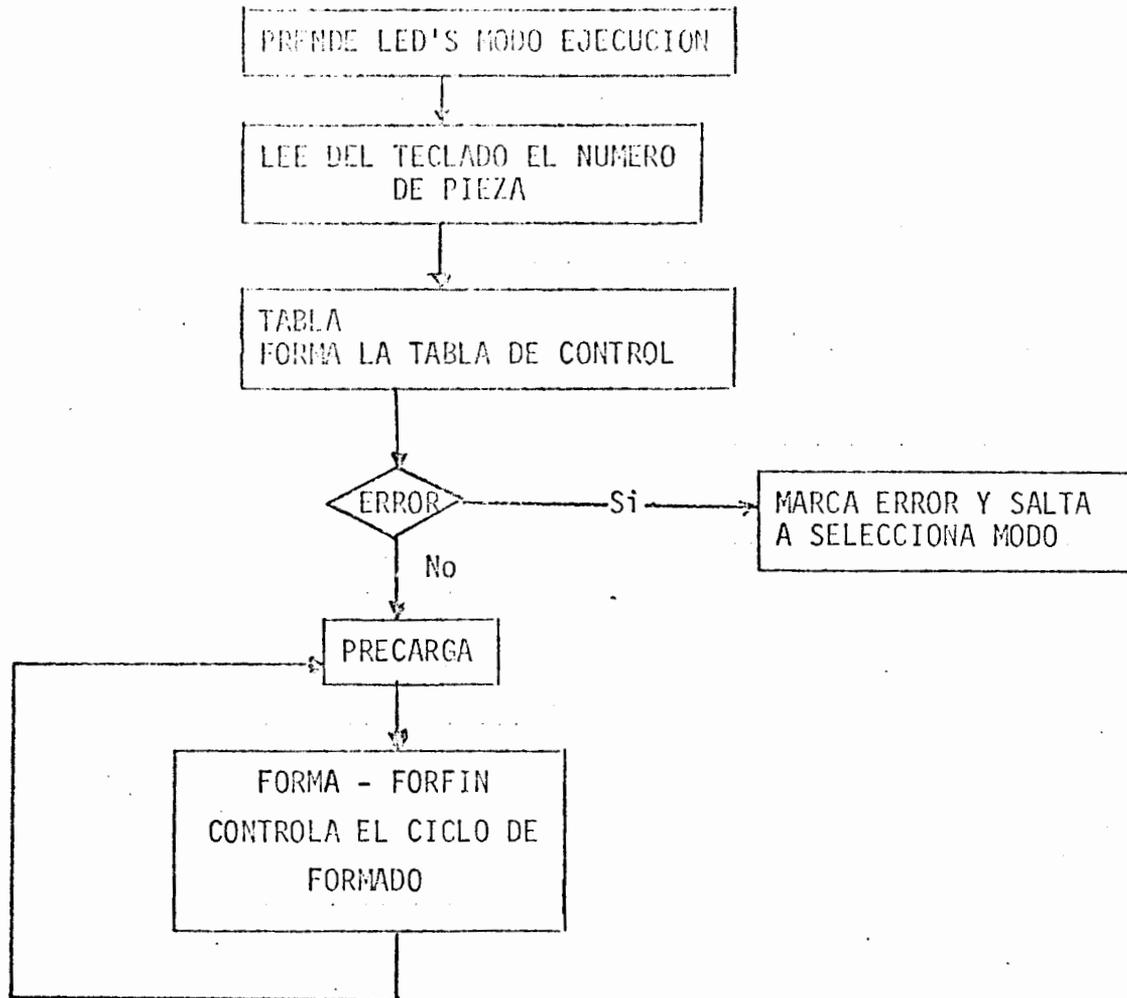


Figura V.6. Diagrama de bloques modo ejecución.

VI. DETALLS DEL HARDWARE DEL SISTEMA

VI.1 Distribución y Conexiones del tablero de control

La distribución física del tablero de control es la mostrada en la figura VI.1, donde se ha dispuesto la posición real de todas las componentes.

En la figura VI.2 mostramos el diagrama de conexiones de todo el tablero incluyendo el teclado; en esta figura se encuentra el circuito constituido por el IC 555, R_7 , R_8 , C_1 , C_2 el cual da la oscilación para los led's 9, 13, 16, 17; los led's están en figura VI.1 numerados L1, L2, L3, ..., L17 estos mismos aparecen en la figura VI.2 (conexiones del tablero) como 1, 2, 3, 4, 5, ..., 17.

Los display's aparecen como D_1 , D_2 , ..., D_{13} en las dos figuras. Las funciones de los led's y de los display's están explicadas en el capítulo IV RESUMEN DEL HARDWARE DEL SISTEMA.

CONEXIONADO DEL TABLERO

a) Led's

Lista de partes y conexiones

LEDS	ANODO +	CATODO -
L	R 270 Ω 1w	CA 2
L ₁	1 "	CA 1
L ₂	"	CA 4
L ₃	"	CA 3
L ₄	"	CA 6
L ₅	"	CA 5
L ₆	"	CA 8
L ₇	"	CA 7
L ₈	"	CA 10
L ₉	"	CA 9
L ₁₀	"	CA 12
L ₁₁	"	CA 11
L ₁₂	"	CA 14
L ₁₃	"	CA 13
L ₁₄	"	CA 16
L ₁₅	"	CA 15
L ₁₆	"	CA 18
L ₁₇	"	CA 17
L ₁₈	"	CA 20
L ₁₉		

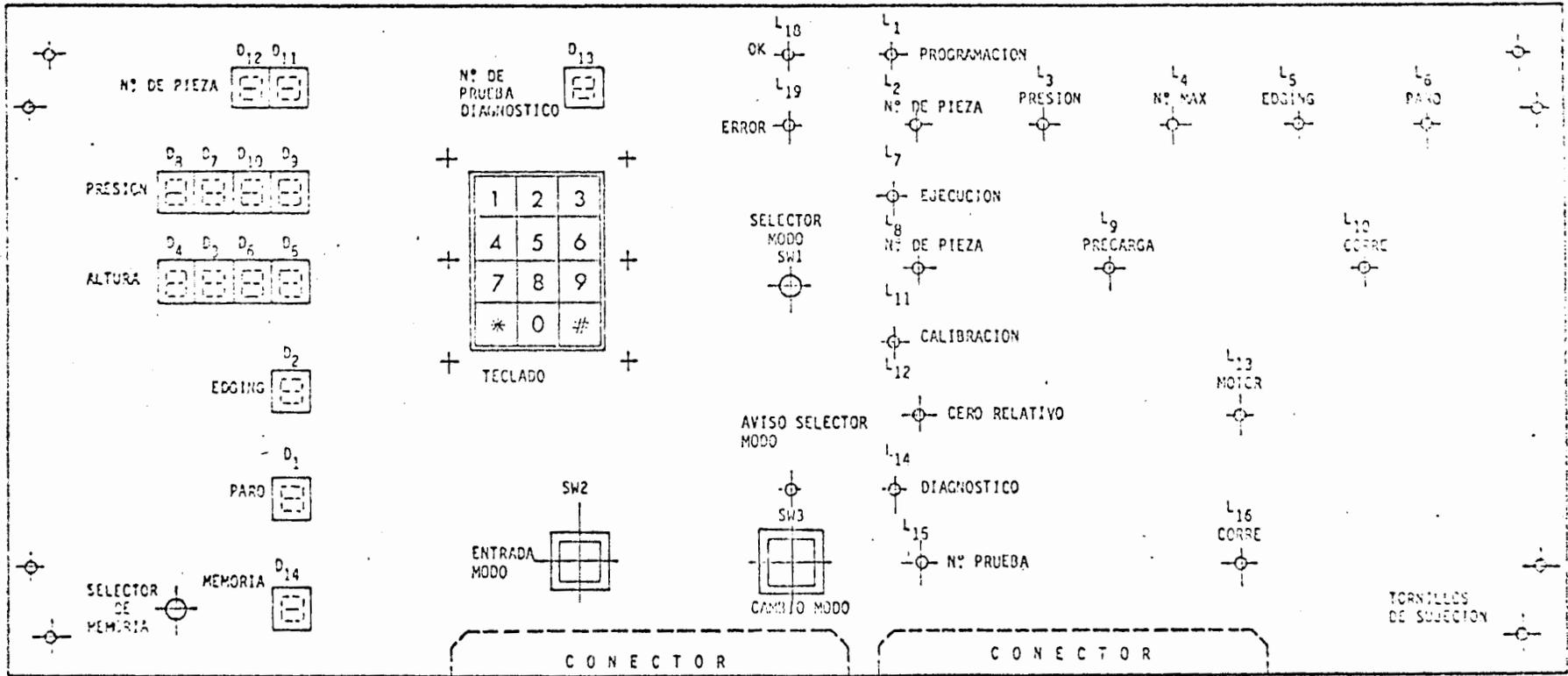
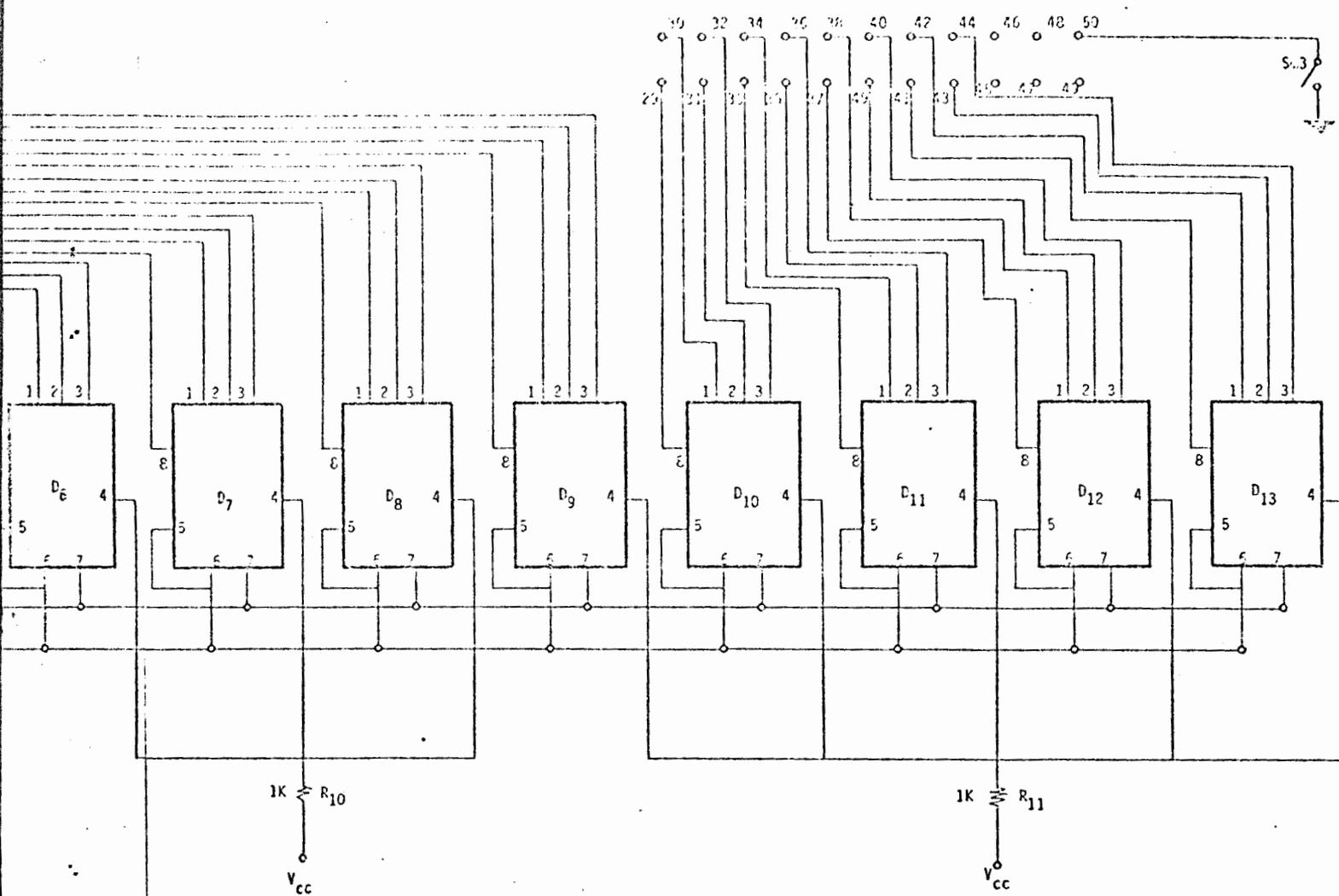
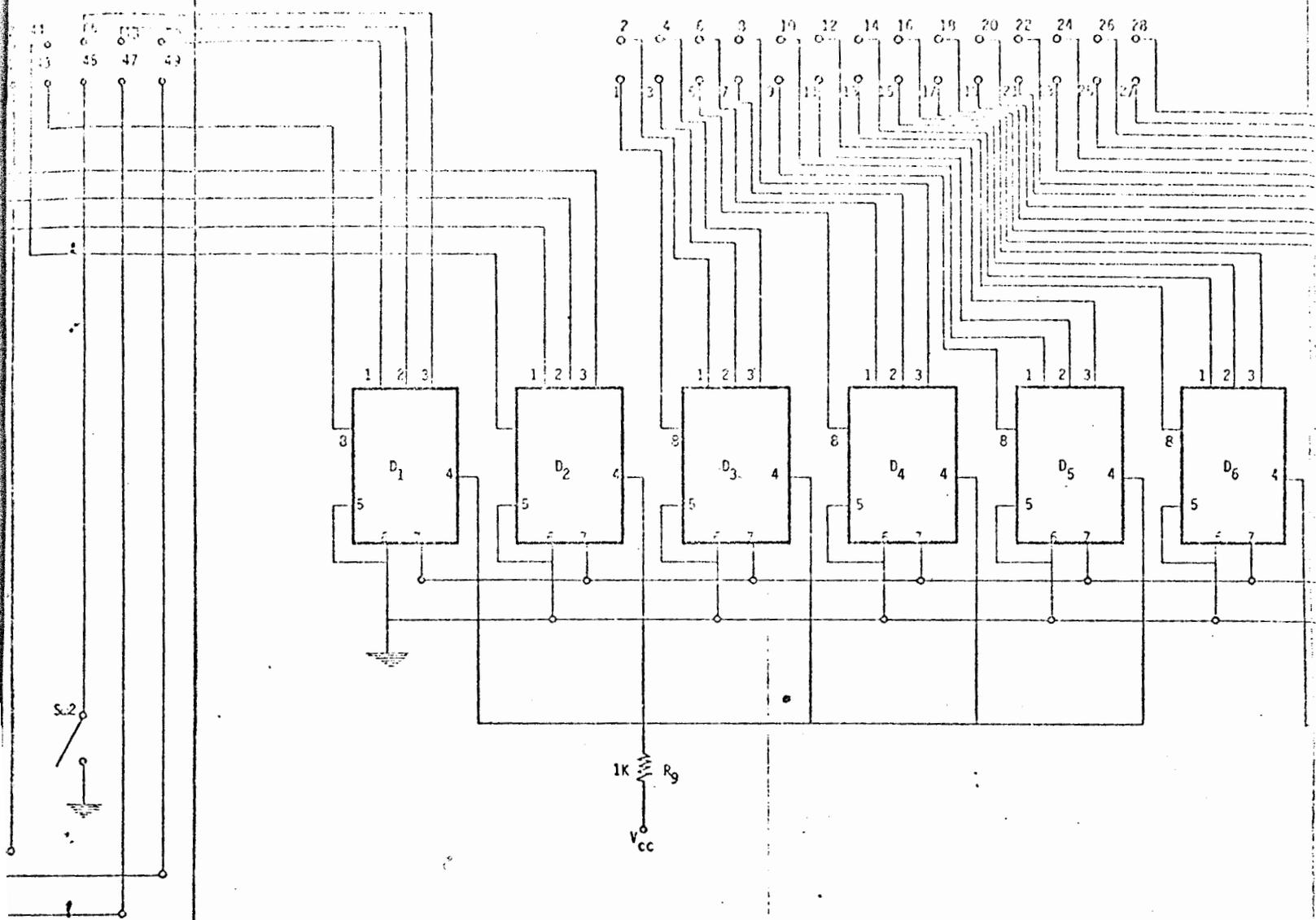


Figura VI.1 Tablero de control.



1K R_{10}
V_{cc}

1K R_{11}
V_{cc}



de conexiones del tablero de control.

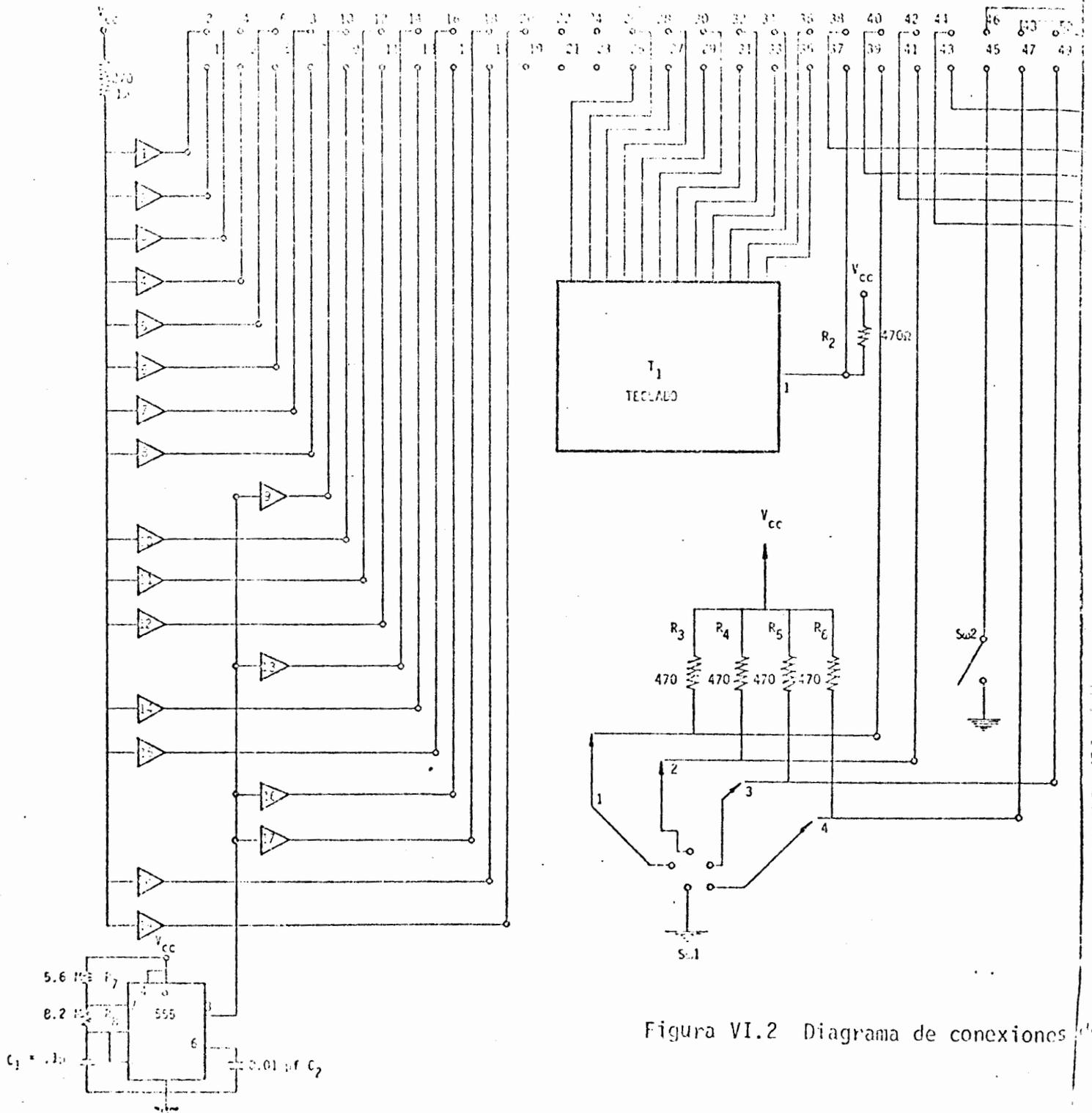


Figura VI.2 Diagrama de conexiones

b) Display's

DISPLAY'S	MARCA DEL DISPOSITIVO	PINS CHIP	PINS CONECTOR	FUNCION
D ₁	H.P. 19900329	8	CA 43	Input 1
		1	CA 50	Input 2
		2	CA 48	Input 4
		3	CA 46	Input 8
		4	a V _{CC}	Punto decimal
		5	Ground	Latch enable
D ₂	" "	8	CA 44	"
		1	CA 42	"
		2	CA 40	"
		3	CA 38	"
		4	a V _{CC}	"
		5	GND	"
D ₃	" "	8	CB 9	"
		1	CB 10	"
		2	CB 11	"
		3	CB 12	"
		4	a V _{CC}	"
		5	GND	"
D ₄	" "	8	CB 13	"
		1	CB 14	"
		2	CB 15	"
		3	CB 16	"
		4	a V _{CC}	"
		5	GND	"
D ₅	" "	8	CB 17	"
		1	CB 18	"
		2	CB 19	"
		3	CB 20	"
		4	a V _{CC}	"
		5	GND	"
D ₆	" "	8	CB 21	"
		1	CB 22	"
		2	CB 23	"
		3	CB 24	"
		4	a V _{CC}	"
		5	GND	"
D ₇	" "	8	CB 25	"
		1	CB 26	"
		2	CB 27	"
		3	CB 28	"
		4	a V _{CC}	"

DISPLAY'S	MARCA DEL DISPOSITIVO	PINS CHIP	PINS CONECTOR	FUNCION
		5	GND	
D ₈	H.P. 19900329	8 1 2 3 4 5	CB 29 CB 30 CB 31 CB 32 a V _{CC} GND	Input 1 Input 2 Input 4 Input 8 P. Decimal Latch Enable
D ₉	" "	8 1 2 3 4 5	CB 33 CB 34 CB 35 CB 36 a V _{CC} GND	" " " " "
D ₁₀	" "	8 1 2 3 4 5	CB 37 CB 38 CB 39 CB 40 a V _{CC} GND	" " " " "
D ₁₁	" "	8 1 2 3 4 5	CB 1 CB 2 CB 3 CB 4 a V _{CC} GND	" " " " "
D ₁₂	" "	8 1 2 3 4 5	CB 5 CB 6 CB 7 CB 8 a V _{CC} GND	" " " " "
D ₁₃	" "	8 1 2 3 4 5	CB 41 CB 42 CB 43 CB 44 a V _{CC} GND	" " " " "
D555	555 National			Oscilador
R ₁	270 Ω 1w			
R ₂	470 Ω			
R ₃	470 Ω			
R ₄	470 Ω			
R ₅	470 Ω			
R ₆	470 Ω			

NOTA: Para los chips D₁.....D₁₃ Pins: 6 y 7.

R ₇	5.6 $\mu\Omega$
R ₈	8.2 $\mu\Omega$
C ₁	0.1 μf
C ₂	0.01 μf
R ₉	1k
R ₁₀	1k
R ₁₁	1k

NOTA: Todas las resistencias excepto las especificadas son a 1/2w.

CA equivale al conector A en la Fig. 1

CB equivale al conector B en la Fig. 1

VI.2 Tarjeta de Interface para el tablero de control

El módulo de entrada/salida (E/S) que maneja al tablero de control forma parte del sistema Exorciser y es empleado para manejar hasta 28 Led's y 13 display's numéricos con decodificador integrado. Además, recibe información proveniente de un teclado (13 líneas), del selector de modo de operación (5 líneas), y del botón de "cambio de modo/ruptura" (1 línea).

Las condiciones de carga determinan el uso de los siguientes elementos:

- (3 1/2) 8212 para manejar Led's (hasta 28)
- (3) PIA's (6820) para displays numéricos (hasta 12)
- (1/2) 8212 para display excedente
- (1) PIA (6820) para información de entrada
- (1) 74154 (dec. 4-16) para recibir información del teclado.

Bus de datos: Proviene del módulo del CPU (exorciser) y es recibido en el módulo de E/S a través de Buffers inversores (74366), debido

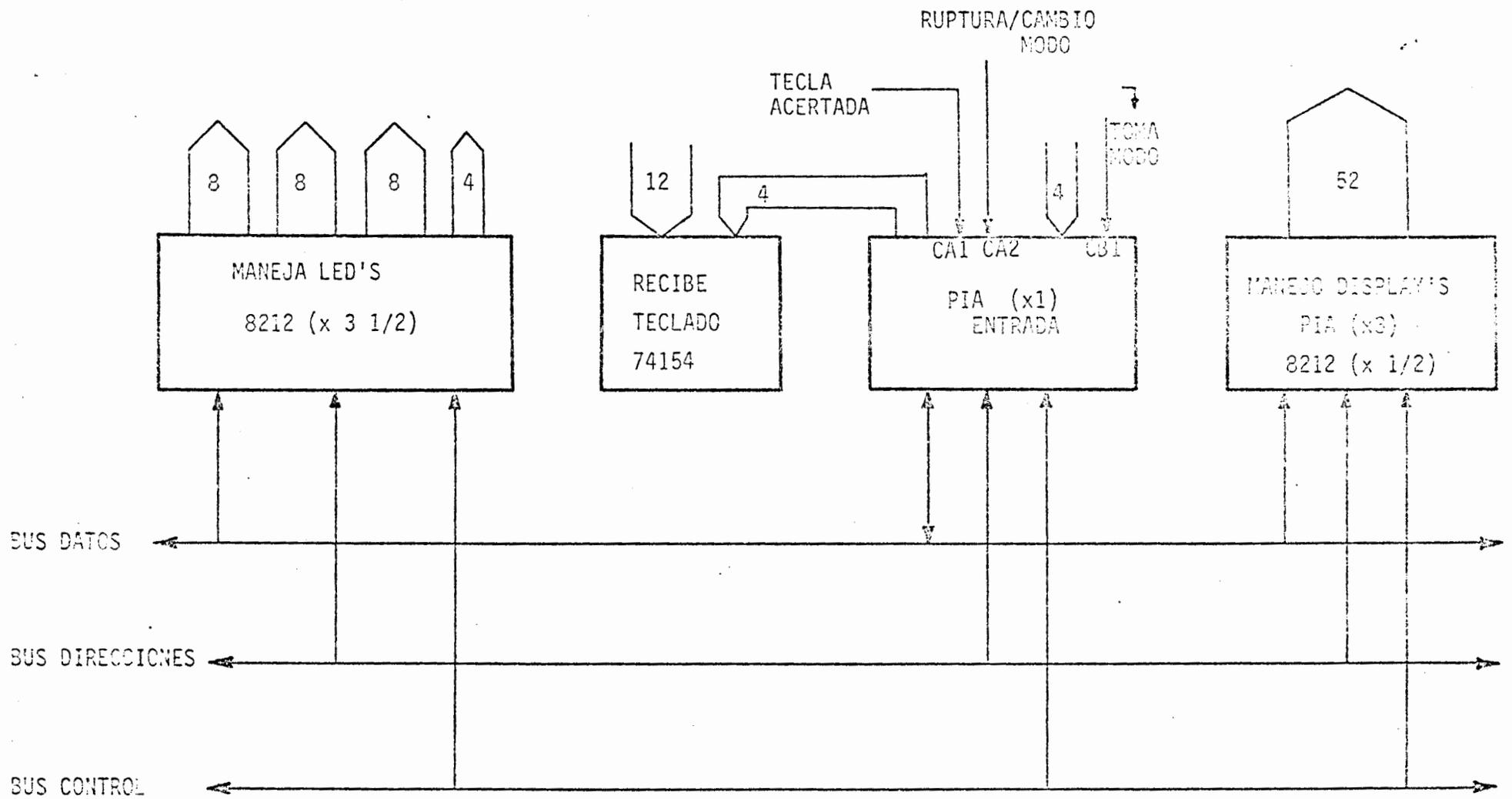
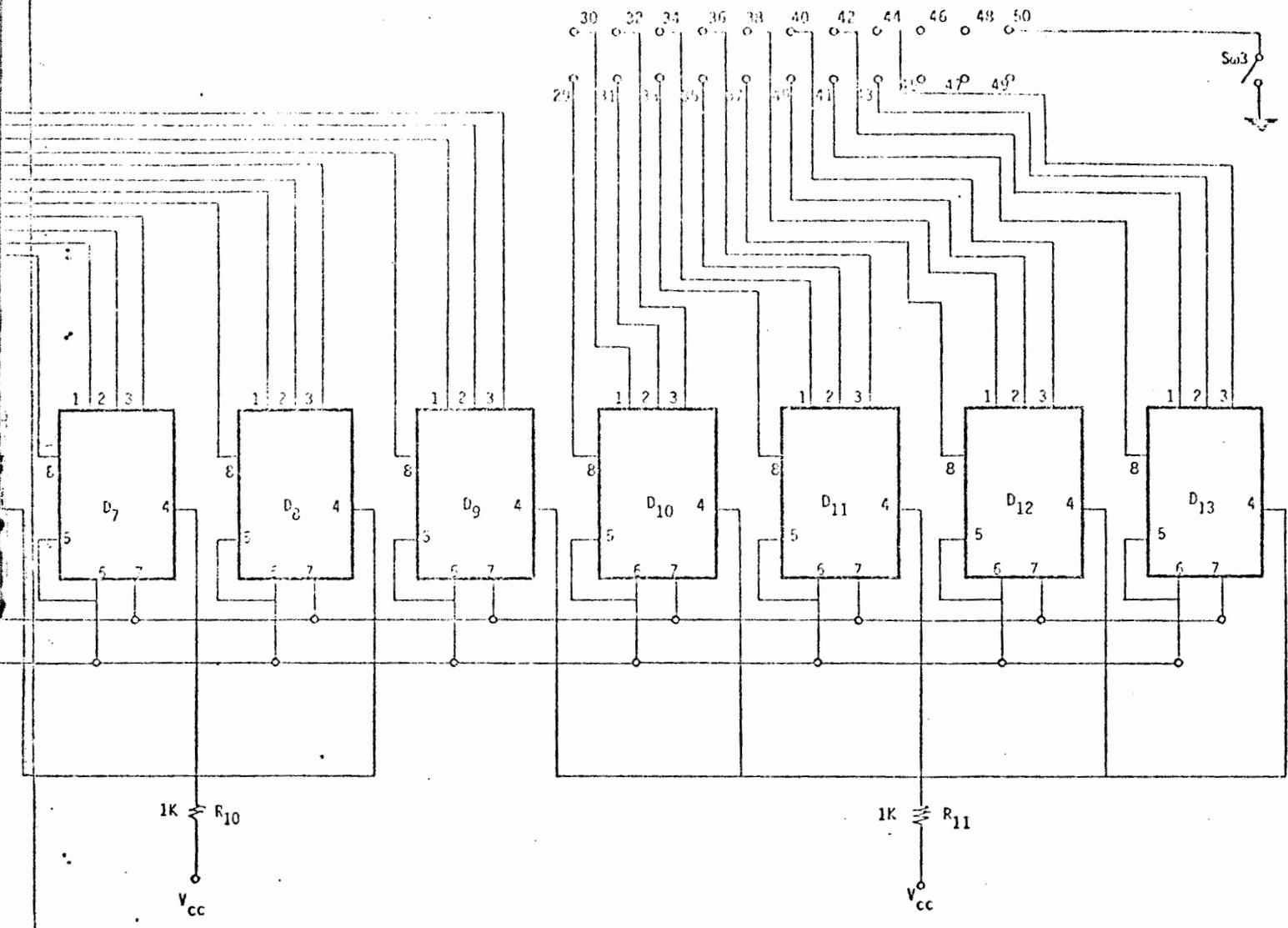
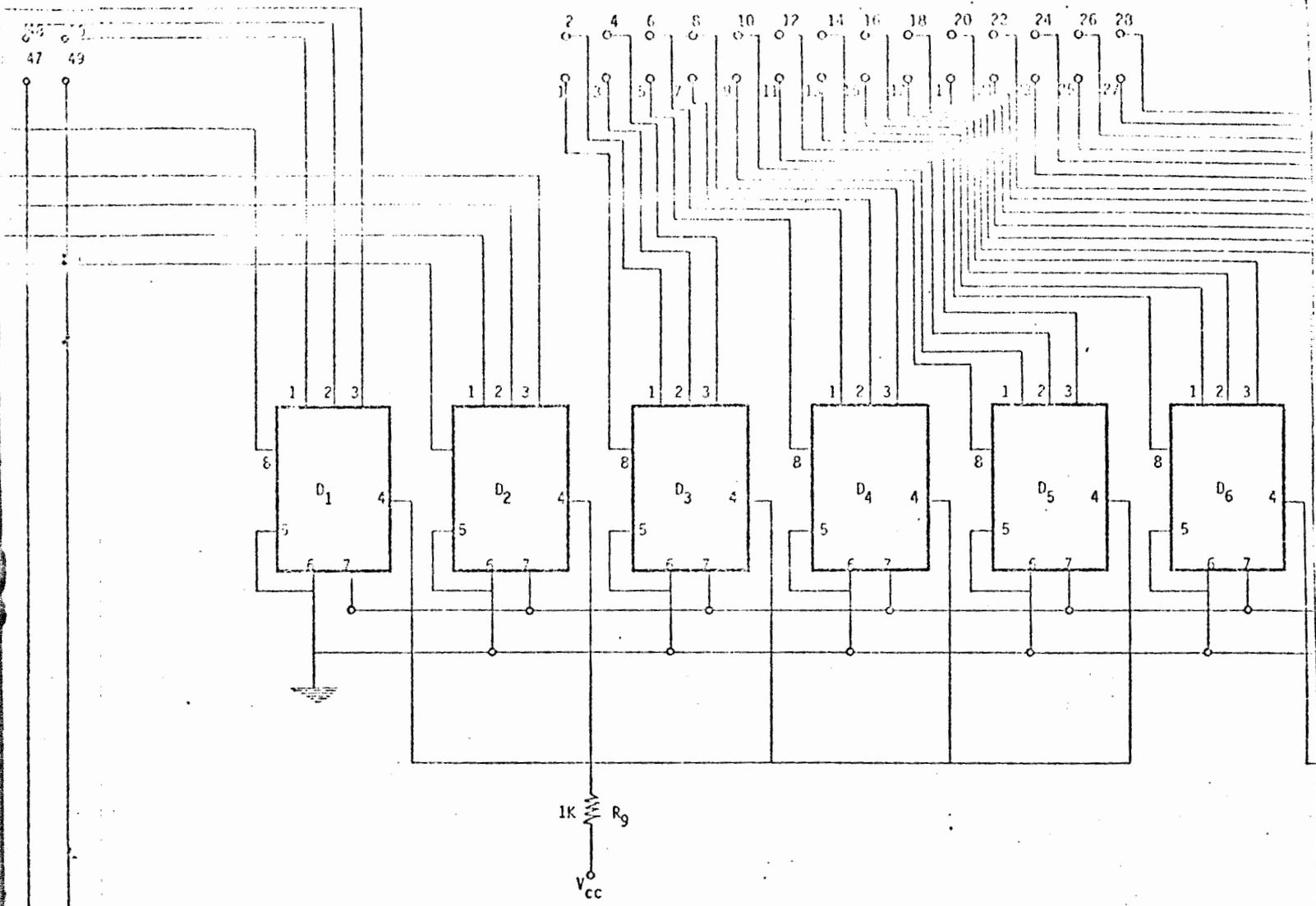


Figura VI.3. Diagrama de bloques de la tarjeta de interface del tablero de control.





interface del tablero de control.

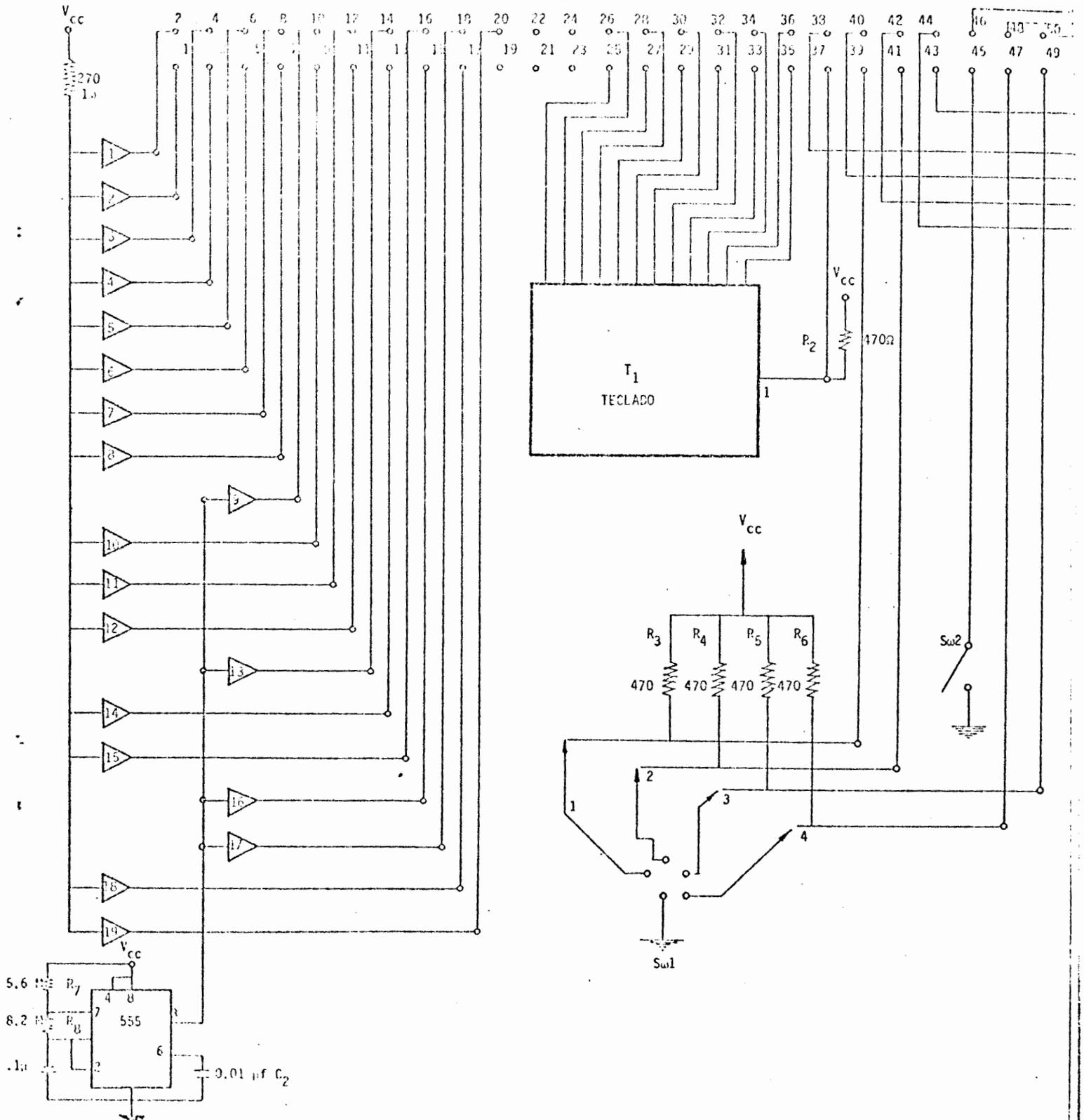


Figura VI.4 Diagrama de conexiones de la tarjeta de interfaz

a que dicho módulo CPU envía el bus de datos invertido (a través de 8T25's).

Bus de direcciones:

- $A_{15}, A_{14}, A_{13}, A_{12}$ determinan la ubicación de la tarjeta dentro del con texto de la memoria de exorciser. El módulo E/S es visto por el CPU como 4k bytes de memoria, localizable mediante "Jumpers". Es posible situar la tarjeta en cualquier bloque (múltiplo de 4K) de los 64 K bytes direccionables por el sistema. Se emplea para ésto un demux de 3→8 + ena ble (74 155).

- A_4, A_5, A_6 seleccionan los tres 8212's asignados a manejar Led's, tal que sus direcciones serían:

Puerto 1 (8212 # 1) : X010 Hex

Puerto 2 (8212 # 2) : X020 Hex

Puerto 3 (8212 # 3) : X040 Hex

donde X representa el valor asignado a $A_{15}, A_{14}, A_{13}, A_{12}$. (selección del módulo E/S).

Para el sistema: X = 8.

- A_7 . Selecciona al PIA (6820) asignado para recepción de información del tablero.

- A_8, A_9, A_{10} . Activan 3 PIA's asignados a manejo de displays.

- A_{11} . Selecciona 8212 asignado a manejar un display, quedando disponi bles 4 líneas, tal que sus direcciones son:

PIA # 1 (6820) : X080 hex (entradas)

PIA # 2 (6820) : X100 hex (# pieza, # paso, edging)

PIA # 3 (6820) : X200 hex (altura)
PIA # 4 (6820) : X400 hex (presión)
Puerto 4 (8212) : X800 hex (# prueba)

- A_0, A_1 . Llegan a RS0, RS1 de todos los PIA's.
- A_2, A_3 . No usadas

Bus de control:

- R/W. Lectura-escritura a todos los PIA's.
- VUA. "Valid user address es empleada" en conjunción con $A_{15} \rightarrow A_{12}$ para activar el módulo.

Líneas adicionales:

- ϕ_2 . A todos los PIA's.
- $\overline{\text{RESET}}$. A todas las puertas del módulo.

VI.2.1 Consideraciones de programación.

VI.2.1.1 Inicialización.

i) PIA's (6820)

El RESET "mecánico" (power-on-reset) sitúa todos los registros internos de los PIA's en "ceros", con lo que es factible acceder los DDR (Data Direction Register) de los PIA's asignando de este modo a cada puerto su función (entrada o salida), enseguida hay que acceder los CR (control register) de los PIA's con la siguiente palabra de control.

X X X X X 1 0 0 (X = no importa)

NOTA: Esta palabra de control es requerida por PIA # 1 (X080) pero puede emplearse en los demás.

ii) Puertos (8212).

Es menester inicializar dichos puertos en vista de que el Reset produce que todos los LED's enciendan, ya que el modo de operación de dichos puertos (MA=1) mantiene siempre activos los buffers de salida y se emplea lógica negativa ("0" = enciende).

VI.2.1.2 Lectura del teclado.

La lectura del teclado se logra mediante la coincidencia de una palabra bi naria (4 bits) con la tecla equivalente presionada. Cuando el sistema en tra en la rutina de leer teclado, el μp emplea los 4 LSB del puerto A del PIA # 1 (X080) para enviar palabras binarias a un deco. 4 \rightarrow 16 (74154) a cuyas salidas están conectadas las líneas provenientes de cada tecla. Cuando la palabra binaria enviada por el μp coincide con la te cla presionada, el decodificador "aterriza" su salida correspondiente ce rrando así el circuito equivalente a la tecla presionada, produciendo de paso un cambio de nivel en la línea común del teclado, la cual es sensada por CA1 (Línea de control del PIA) indicando al μp que la última palabra enviada equivale a la tecla presionada. (ver diagrama de bloques).

VI.2.1.3 Modo de operación

La lectura del modo de operación se logra conectando las 4 líneas del se lector a las 4 LSB del puerto B del PIA # 1 (X080) en combinación con la línea "entre modo" o "arranca modo" (SW2) la cual es sensada como cambio de nivel en CB1 (línea de control del PIA), tal que cuando éste se pre senta, el μp toma el contenido de puerto "B" y determina el modo al ubicar el único cero posible en la palabra.

D03	L19 = "error"	(LED)
D04	nada	
D05	nada	
D06	nada	
D07	nada	
D08 (MSB)	nada	

- PIA # 1 (6820) 5 : (X080)

(2) PA0 (LSB)	
(3) PA1	palabra binaria a decodificador (salidas)
(4) PA2	
(5) PA3 (MSB)	
(40) CA:	Línea proveniente del común del teclado; actúa con flanco negativo ($\overline{\downarrow}$). (entrada)
(10) PB0 (LSD)	
(11) PB1	Palabra proveniente del selector de modo del
(11) PB2	tablero (lógica neg.)
(13) PB3 (MSB)	(entradas)
(18) CB1	Línea proveniente del switch "arranca modo" (SW2); actúa con flanco negativo (entrada)

- PIA # 2 (6820) 6 : (X100)

(2) PA0 (LSB)	
(3) PA1	D1 = # paro/edging (Display)
(4) PA2	
(5) PA3 (MSB)	

D02	D13 "# prueba" (Display)
D03	
D04 (MSB)	
D05	No usada
D06	No usada
D07	No usada
D08	No usada

VI.3 Memoria de núcleos

La presente sección describe la circuitería requerida para interface del módulo de Memoria de Núcleos de Ferrita MCM-4300 al sistema de desarrollo EXORCISER.

La integración de un módulo de memoria de núcleos al proyecto Bekolite se decidió en base a las ventajas que este tipo de memoria presenta para la aplicación requerida. Dichas ventajas pueden resumirse en:

- i) Son memorias de acceso aleatorio
- ii) Son memorias de lectura y escritura
- iii) Son memorias no volátiles

De tal forma que el usuario esté en posibilidad de programar y modificar distintos moldes y que éstos a su vez quedan almacenados por tiempo indefinito.

La principal desventaja de este tipo de memoria es su lentitud de operación, respecto a la velocidad requerida por el microprocesador. Esto implica que el procesador deberá entrar en un "ciclo de espera", (generado por la circuitería de interface) cada vez que tenga acceso a la memoria,

VI.2.1.4 Indicadores luminosos, líneas de salida:

- Puerto 1 (8212 # 1) 1 : (X010)

(4) D01 (LSB)	L1 = modo "programación" (LED)
(6) D02	L2 = submodo "# pieza" "
(8) D03	L3 = submodo "presión/altura" (LED)
(10) D04	L4 = submodo "altura max" "
(15) D05	L5 = submodo "edging" "
(17) D06	L6 = submodo "paros" "
(19) D07	L7 = modo "ejecución" "
(21) D08 (MSB)	L8 = submodo "# pieza" "

- Puerto 2 (8212 # 2) 2 : (X030)

D01 (LSB)	L9 = submodo "corre" (LED)
D02	L10 = submodo "precarga" "
D03	L11 = modo "calibración" "
D04	L12 = submodo "cero punch" "
D05	L13 = submodo "corre" "
D06	L14 = submodo "# prueba" "
D07	L15 = submodo "# prueba" "
D08 (MSB)	L16 = submodo "corre" "

- Puerto 3 (8212 # 3) 3 : (X040)

D01 (LSB)	L17 = selección de modo (LED)
D02	L18 = O.K. "

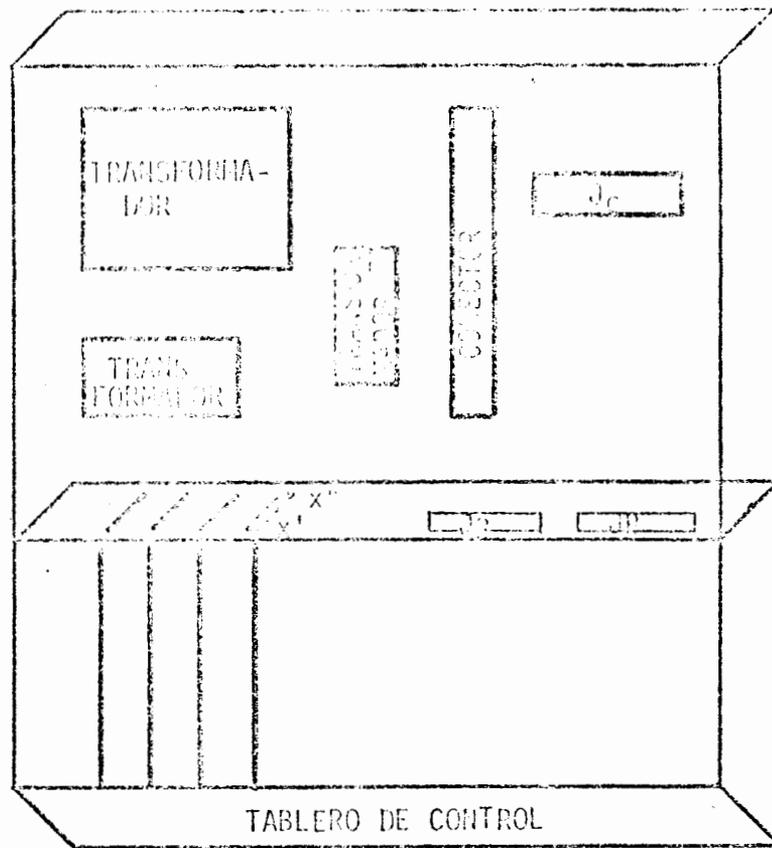
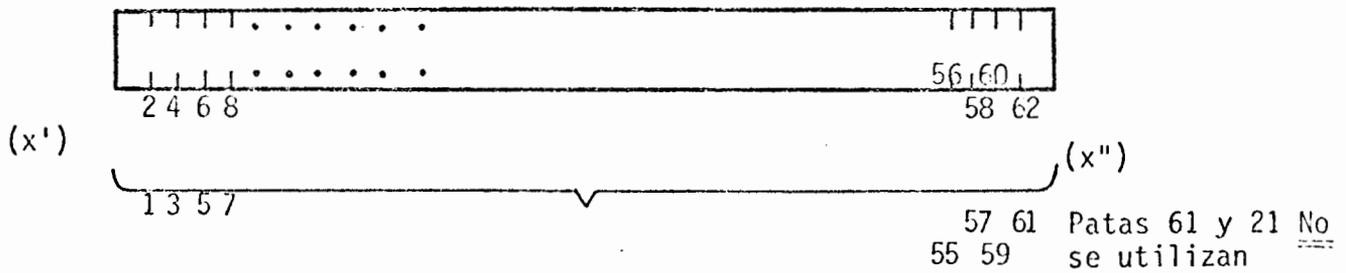


Figura VI.5. Tarjetas para memoria de núcleos.



Insertar lado con componentes (Memoria de Núcleos)

Figura VI.6. Orientación de la tarjeta para memoria de núcleos.

yá sea para leer o escribir .

Por otra parte, debido a la naturaleza física del almacenamiento, cada operación de lectura es destruictiva, todo lo cual fuerza a que el ciclo de acceso tanto para leer como para escribir sea siempre del tipo "read-modify-write". Esta desventaja adicional deberá ser resuelta por la circuitería de interfaz.

VI.3.1 Descripción general

El módulo de memoria de núcleos se encuentra ubicado en el extremo superior izquierdo del sistema como se muestra en la fig. VI.5. La fig. VI.6 detalla tanto la orientación de la tarjeta como su ubicación en el conector. La circuitería de interfaz se encuentra compartiendo una tarjeta para "wire-wrap" con la circuitería de adquisición de datos de presión (convertidor A/D) y con la circuitería de detección de falla de energía. Dicha tarjeta de wire-wrap se ubica dentro del "mother board" de EXORCISER. La fig. VI.7 detalla la distribución de la circuitería de interfaz con memoria de núcleos y presenta a bloques de ubicación del convertidor A/D y del circuito de detección de falla de energía.

La circuitería de interfaz con memoria de núcleos consta de los siguientes bloques:

i) Decodificador de direcciones (circuitos 1 y 2 en fig. VI.7)

Este bloque se encarga de ubicar al módulo de memoria (2K x 4) en cualquier múltiplo de 2K dentro del mapa de 64K direccionables por el procesador. Esto se logra por medio de 3 "Jumpers" cuya posición es seleccionable por el diseñador.

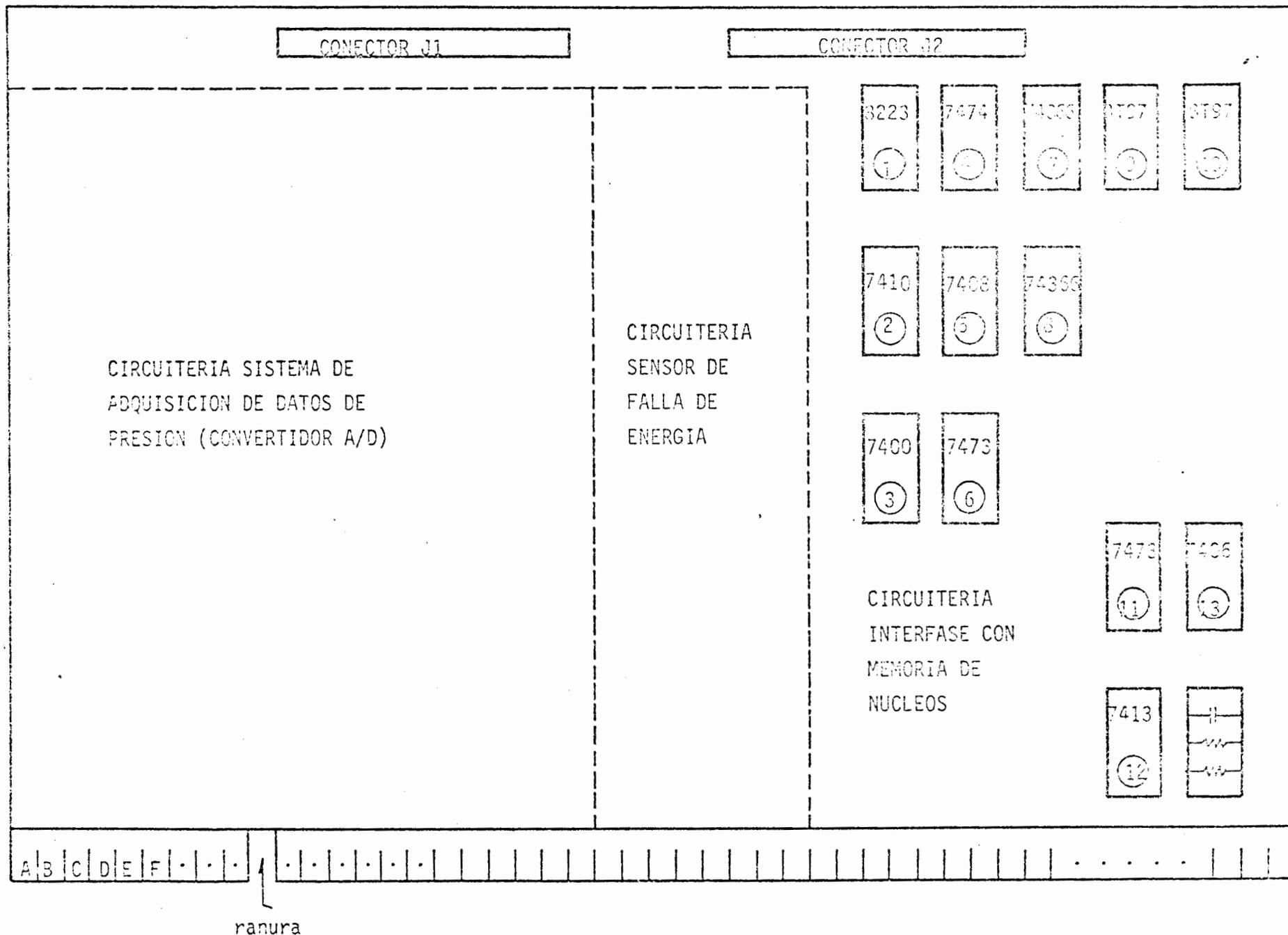


Figura VI.7. Tarjeta wire-wrap (MEX 68000) vista frontal (lado con componentes).

ii) Reloj (circuitos 11, 12, y 13 en fig. VI.7)

Este bloque marca el ritmo de operación de la interfaz cuando el procesador accesa a la memoria de núcleos. Establece la duración del ciclo de acceso a la memoria y origina los subciclos internos de lectura y escritura. Cuando el procesador no está accediendo a la memoria de núcleos, el reloj está desactivado.

iii) Lógica de Señales de Control (circuitos 3, 4, 5, 6 de fig. VI.7)

Este bloque es el "cerebro" del sistema, ya que detecta el inicio de un ciclo de acceso y genera todos los comandos necesarios tanto para la memoria de núcleos como para el procesador.

iv) Buffers (circuitos 7, 8, 9, 10 de fig. VI.7)

Este bloque maneja tanto las líneas de datos (relaciona entrada y salida de memoria con bus de datos del procesador) como las 11 líneas menos significativas del bus de direcciones que habrán de decodificarse internamente en el bloque de memoria.

VI.3.2 Descripción detallada de la interfaz.

VI.3.2.1 Descripción de sus funciones.

Una vez que el procesador intenta acceder a la memoria de núcleos, la interfaz debe reconocer inicialmente la dirección presente en el bus de direcciones; todo lo cual desencadena una serie de actividades por parte de la interfaz que consisten en:

i) Iniciar el ciclo de acceso a la memoria presentando a ésta las señales de control requeridas.

MSEL (Selecciona Módulo), SOC (Start output Cycle) y SIC (Start input cycle).

ii) Indicar al procesador que debe entrar en un "ciclo de espera", lo cual se logra activando la línea \overline{MEMRDY} (memory ready). Una vez que el ciclo de acceso ha terminado, coloca esta línea en su estado normal permitiendo al procesador continuar en actividad.

iii) Determinar si se trata de un ciclo de lectura o de escritura para activar o desactivar los buffers correspondientes del bus de datos.

VI.3.2.2 Direccionamiento.

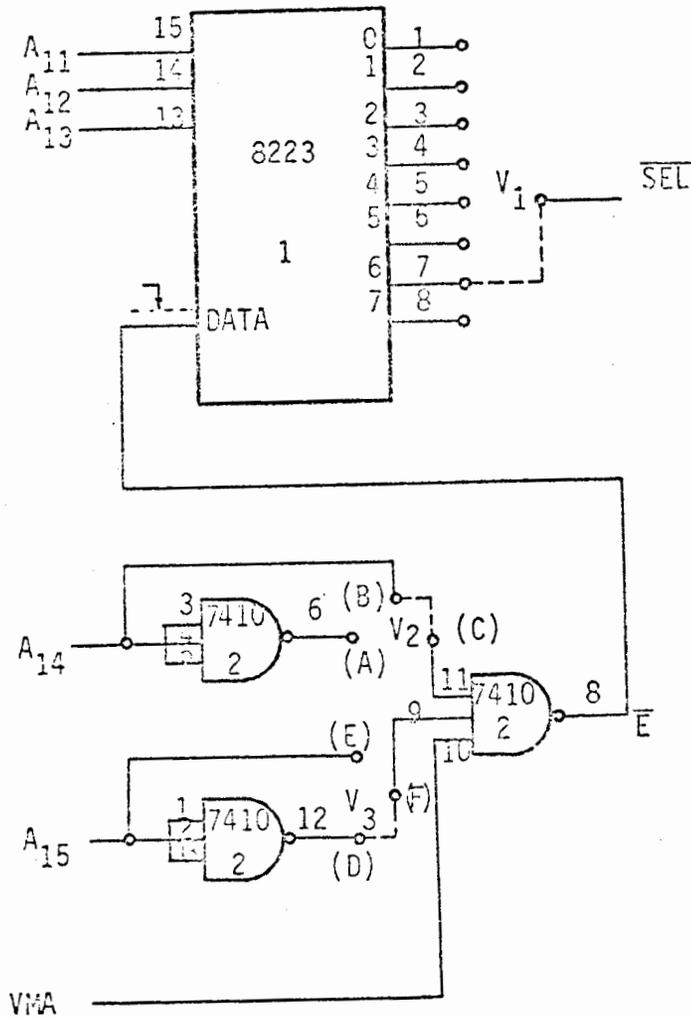
El módulo de memoria de núcleos consiste básicamente en un arreglo de memoria de 2K palabras x 4 bits con decodificación interna de las 11 líneas menos significativas del bus de direcciones ($A_9 \dots A_{10}$)*.

La circuitería de interface maneja las restantes líneas de dirección ($A_{11} \dots A_{15}$) para ubicar el módulo en cualquier múltiplo de 2K dentro del mapa de 64K direccionables por el procesador.

La figura VI.8 presenta la circuitería involucrada en la decodificación, además de las tablas de conexión de los "Jumpers" para ubicar al módulo en la dirección deseada.

Por ejemplo, el módulo de memoria de núcleos ha sido asignado al bloque cuya dirección de inicio es 7000 (Hex). Dentro del mapa de memoria este bloque queda dentro del campo 16 → 32 K (decimal), por lo que de la nota 1 en la fig. VI.8 los "Jumpers" U_2 y U_3 deben asignarse (B) - (C) y (D) - (F)

*AMPEX, NCE-4300 Microcomputer Memory Module, product description, 12 enero, 1975.



Notas:

1. A_{14} y A_{15} seleccionan "campos" de 16K cada uno, de la siguiente manera:

Campo	Jumpers V_2 y V_3
0 → 16K	(A) - (C), (D) - (E)
16 → 32K	(B) - (C), (D) - (E)
32 → 48K	(A) - (C), (E) - (F)
48 → 64K	(B) - (C), (E) - (F)

2. Cada campo de 16K se divide en 8 bloques de 2K seleccionados por A_{11} , A_{12} y A_{13} .

A_{13}	A_{12}	A_{11}	Salida 8223	bloque
0	0	0	0	0 → 2K
0	0	1	1	2 → 4K
0	1	0	2	4 → 6K
0	1	1	3	6 → 8K
1	0	0	4	8 → 10K
1	0	1	5	10 → 12K
1	1	0	6	12 → 14K
1	1	1	7	14 → 16K

3. Las líneas punteadas en V_1 , V_2 y V_3 representan el conexionado requerido para ubicar al Módulo de Memoria iniciando en dirección 7000 (Hex)

Figura VI.8. Módulo decodificador de direcciones.

respectivamente como indican las líneas punteadas. Dentro del campo seleccionado, el bloque de memoria se ubica según nota 2 en fig. VI.8 entre 12 → 14K (decimal), por lo que el "Jumper" U_1 debe conectar la salida del sistema de decodificación, SEL, con la salida 6, pata 7, de 8223 como indica la línea punteada. La línea SEL será válida (nivel bajo) cuando la dirección presente en $A_{11} \rightarrow A_{15}$ sea la seleccionada y ésta coincida con la línea de control VMA (valid memory address), la cual avalará la validez de dicha dirección.

VI.3.2.3 Lógica de control.

Como se estableció anteriormente, los accesos al módulo de memoria de núcleos, independientemente si son lectura o escritura, deberán ser ciclos de acceso del tipo "Read-Modify-Write".

Simultánea o inmediatamente después debe aparecer SOC (Start output cycle), la cual inicia el ciclo de lectura. La línea SIC (Start input cycle) debe hacerse válida aproximadamente 1500 mseg después del flanco de subida de SOC. SIC inicia el ciclo de escritura. Finalmente, la caída de MSL (aproximadamente 3 μ s después de un flanco de subida), da por terminado el ciclo de acceso a la memoria.

El acceso del procesador a la memoria de núcleos puede ser de dos tipos: para leer o para escribir.

Cuando el procesador intenta leer el contenido de alguna localidad en la memoria de núcleos, el dato de salida (producido por SIC), estará presente 450 nseg después de la subida de SOC y será mantenido hasta la caída de MSL (terminación del ciclo). A la subida de SIC, el dato debe estar presente en las líneas de entrada, tal que éste se reescriba en su localidad.

dad original.

Observar que las líneas de dirección deben mantenerse fijas durante todo el ciclo de acceso.

Cuando el procesador intenta escribir en alguna localidad de la memoria de núcleos, el dato a escribirse debe estar presente en las líneas de entrada a más tardar a la subida de SIC. Debe notarse que SOC ocasiona que el contenido de la localidad en cuestión aparece en las líneas de entrada y a la vez permitir que éstas sean manejadas por el procesador. De nuevo, las líneas de dirección han de mantenerse fijas por todo el ciclo de acceso.

La fig. VI.9 muestra las relaciones de tiempos entre las variables involucradas por la circuitería de interface para generar las señales de control requeridas para la memoria de núcleos y para el procesador (MEMRDY). La figura VI.10 muestra el diagrama esquemático de dicha circuitería. El inicio de un ciclo de acceso (lectura o escritura) a la memoria de núcleos se produce con la coincidencia del flanco de subida de ϕ_2 y un nivel bajo en la línea SEL (ver decodificación de direcciones). Esto ocasiona, simultáneamente, los siguientes efectos:

- i) La línea MSL se hace válida (nivel alto), iniciándose el ciclo de acceso a la memoria.
- ii) La línea SOC se hace válida (nivel alto), iniciándose el ciclo de lectura.
- iii) La línea MEMRDY se hace válida (nivel bajo), iniciándose el "ciclo de espera" del procesador, el cual permanece hasta que MEMRDY cambie de estado.

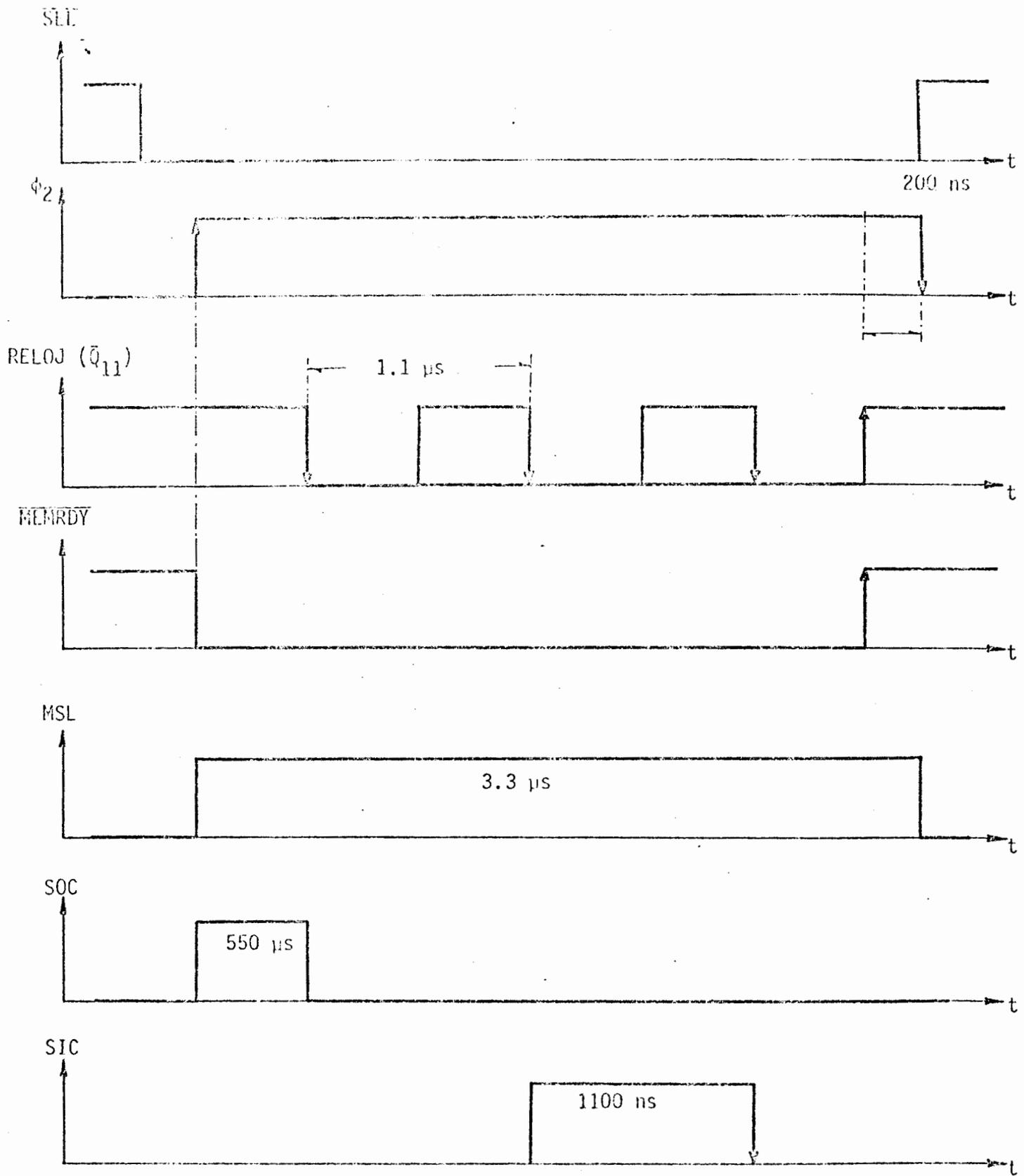


Figura VI.9. Diagramas de tiempo de la interface para la memoria de núcleos.

iv) Al hacerse válida la línea MEMRDY, el reloj interno comienza a oscilar.

La forma de onda del reloj (Línea \bar{Q}_{11}) es la mostrada en la fig. VI.9 a partir de la línea punteada. A partir de su inicio, el estado alto de esta línea será la medida de la duración de SOC. Con el primer flanco de bajada del reloj, caerá la línea SOC; la caída de SOC será el flanco requerido por el f-f 6_1 para cambiar su estado, tal que $\bar{Q} = 0$, $Q = 1$, con lo que se inhibe la creación de nuevos pulsos en la línea SOC y se permite, al mismo tiempo, que a la siguiente caída del reloj, la línea SIC se haga válida (nivel alto). La línea SIC permanecerá válida hasta la siguiente caída de la línea de reloj. Esta nueva caída de la línea de reloj (tercera desde el inicio del ciclo de acceso) ocasiona a su vez que la salida \bar{Q} de 6_2 produzca un flanco de subida, encendiendo ($Q=1$) al f-f 4_2 . En esta situación, la siguiente subida del reloj desactivará la línea MEMRDY a través de las 2 compuertas NAND 3, inhibiendo de paso al reloj. El nuevo estado de MEMRDY indica al procesador que el ciclo de acceso a la memoria de núcleos ha terminado, produciéndose como consecuencia que la línea ϕ_2 inicie su actividad normal. Recordar que ϕ_2 estuvo siempre en estado alto durante el ciclo de acceso, y que cuando MEMRDY es "liberada", en ϕ_2 se produce el flanco de bajada* requerido para terminar la instrucción que estaba en ejecución. Esta caída de ϕ_2 ocasiona que \bar{Q} de f-f 11_2 se haga válida (nivel bajo) con lo que f-f 4_1 , produce la caída de MSL dando por terminado el ciclo de acceso a la memoria de núcleos. Observar que la línea Q de f-f 4_1 maneja, a través de un inversor, las líneas CLR del resto de flip-flops en el circuito, de tal forma que por este medio, todas las f-f se "predisponen" para permitir un nuevo ciclo de acceso.

* El tiempo involucrado para que ϕ_2 caiga a partir de que MEMRDY es desactivada depende de la circuitería de control en la tarjeta de CPU de Exerciser.

VI.3.2.4 Mecanismo de lectura y escritura.

Hasta este momento se ha hablado sobre ciclos de acceso a la memoria de núcleos sin atender a si éstos son de lectura o de escritura. En realidad, desde el punto de vista de las señales de control requeridas por el módulo de memoria de núcleos, no existe diferencia ya que todos los ciclos de acceso involucran tanto lectura como escritura. Sin embargo, desde el punto de vista del procesador, ambas operaciones deben diferenciarse adecuadamente, ya que éste emplea un bus de datos como único canal para ambas operaciones**. Cuando el procesador intenta leer es menester interconectar el bus de entrada con el bus de salida del módulo y éstos a su vez con el bus del procesador de tal forma que el dato a leer de la memoria sea accesible tanto al procesador como a la misma memoria. (El dato debe reescribirse). Cuando el procesador intenta escribir es menester conectar solamente el bus de entrada del módulo con el bus del procesador, aislando el bus de salida del módulo de tal forma que el dato a escribir en la memoria (enviado por el procesador) esté presente a la entrada del módulo, libre de interferencias producidas por el dato de salida de la memoria. La fig. VI.11 presenta la circuitería involucrada con el manejo de datos.

La fig. VI.12 presenta la circuitería involucrada con el manejo de las líneas de dirección que son decodificadas en el módulo de memoria. El propósito es el de aislar éstas del bus de direcciones del sistema.

VI.3.2.5 Observaciones y conclusiones

El presente trabajo desglosa la interfaz requerido para interconectar un módulo de memoria de núcleos MCM-4300 (2K x 4) al sistema de desarro

** A diferencia del módulo de memoria de núcleos que emplea 2 buses distintos para datos de entrada y salida.

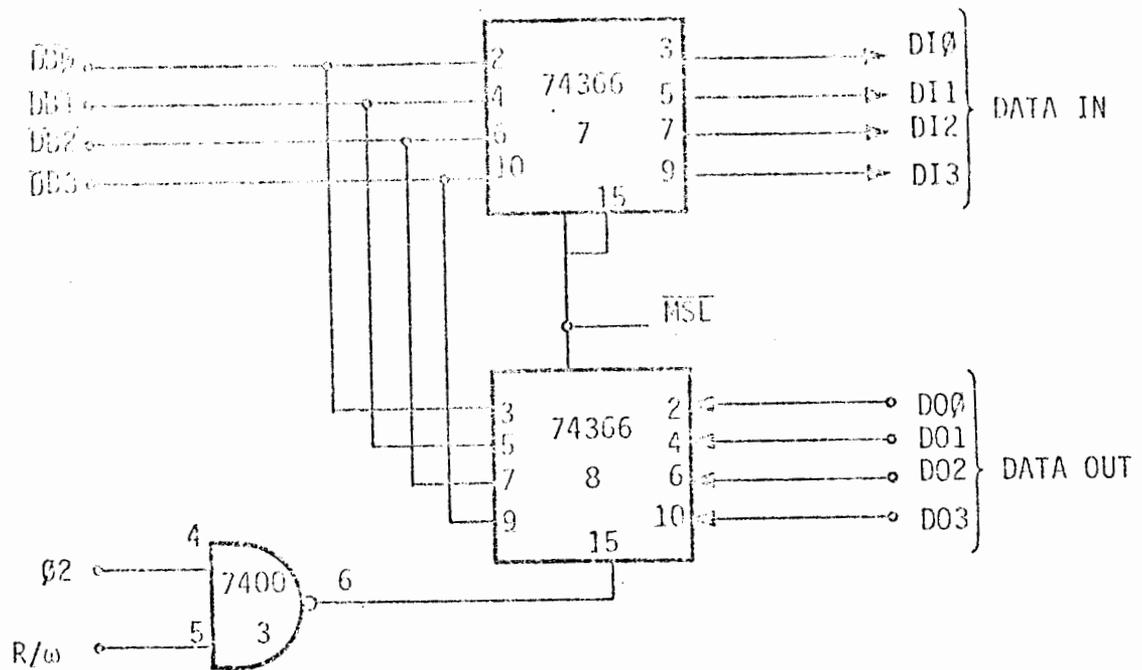


Figura VI.11. Manejo de datos.

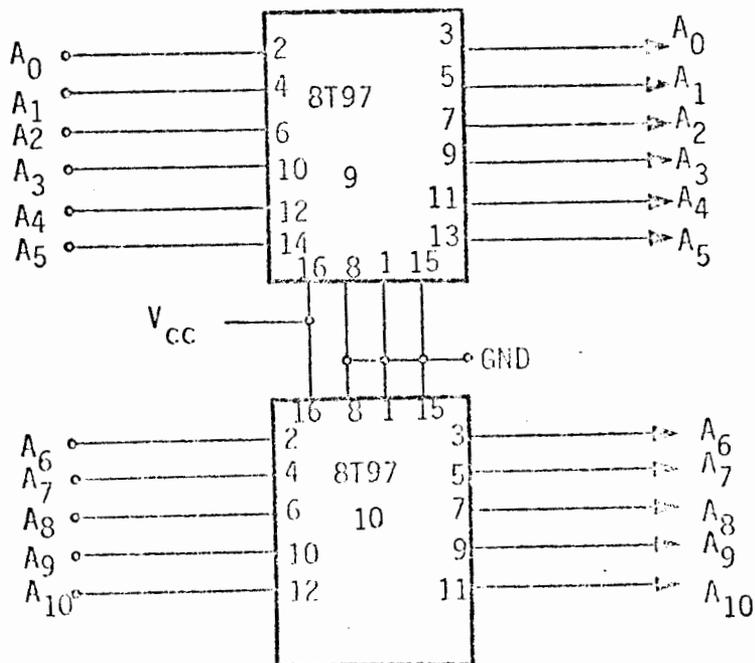


Figura VI.12. Manejo de líneas de dirección a modificar en el módulo.

llo exorciser.

Para el correcto funcionamiento del módulo deben observarse las siguientes consideraciones:

i) El módulo consta de 4 líneas de control de los cuales 3 son manejadas por la interface (MSL, SOC, SIC). Sin embargo, la línea MI (Memory inhibit) empleada para salvar la información de la memoria, es manejada por la circuitería de "sensado de falla de energía".

ii) Ante la problemática* de una terminación adecuada de las líneas que llegan de la interface al módulo, se optó por solucionar el problema de ruido (generado por la operación normal del módulo), conectando a éste un par de capacitores (1nf) a la salida de las compuertas que manejan las líneas $\overline{MSL \cdot SOC}$ y $\overline{MSL \cdot SIC}$, dentro de la tarjeta. Si bien la solución representa un exceso de carga capacitiva a dichas compuertas, resulta ser la opción más fácilmente alcanzable. El módulo sujeto a tal modificación se encuentra sometido a pruebas de confiabilidad.

VI.4 Convertidor A/D.

El sistema usado para adquirir el dato de presión en el domo consta de los siguientes bloques (figura VI.13)

- i) Transductor marca Setra modelo 204
- ii) Amplificador diferencial de entrada al convertidor A/D
- iii) Filtro
- iv) Convertidor A/D
- v) Interfaz al μc , a través de PIA

* ausencia de espacio físico.

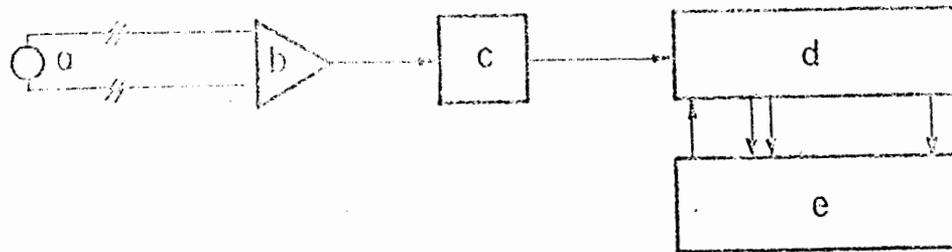


Figura VI.13 Diagrama de bloques del sistema de adquisición del dato de presión. Se anexan las características del transductor en la sección VI.9.

IV.4.1 Amplificador Diferencial.

Este amplificador se muestra en la figura VI.14.

$$R_{10} = 18k\Omega$$

$$R_{12} = 18k\Omega$$

$$R_{11} = 18k\Omega$$

$$R_{13} = 18k\Omega$$

$$C.I. = \frac{1}{2} O.P = 1\phi$$

VI.4.2 Filtro.

Filtro: Formado por dos etapas, una primera activa, y otra pasiva.

Filtro activo (ver figura VI.15):

$$R_{14} = 15k\Omega$$

$$R_{17} = 1k\Omega$$

$$R_{15} = 15k\Omega$$

$$R_{16} = 18k\Omega$$

$$R_{18} = 1.7k\Omega$$

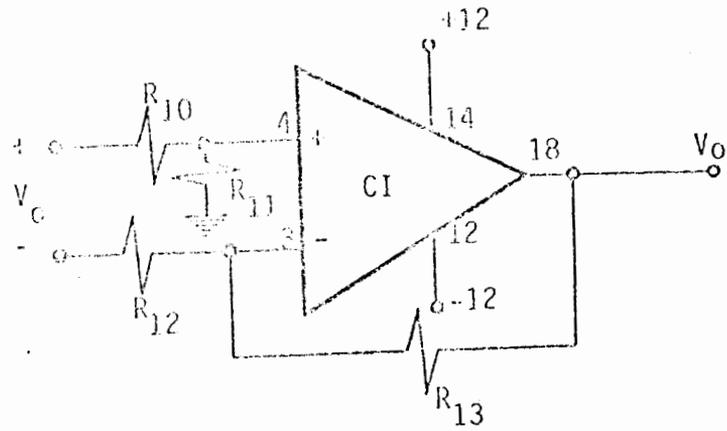


Figura VI.14. Amplificador diferencial

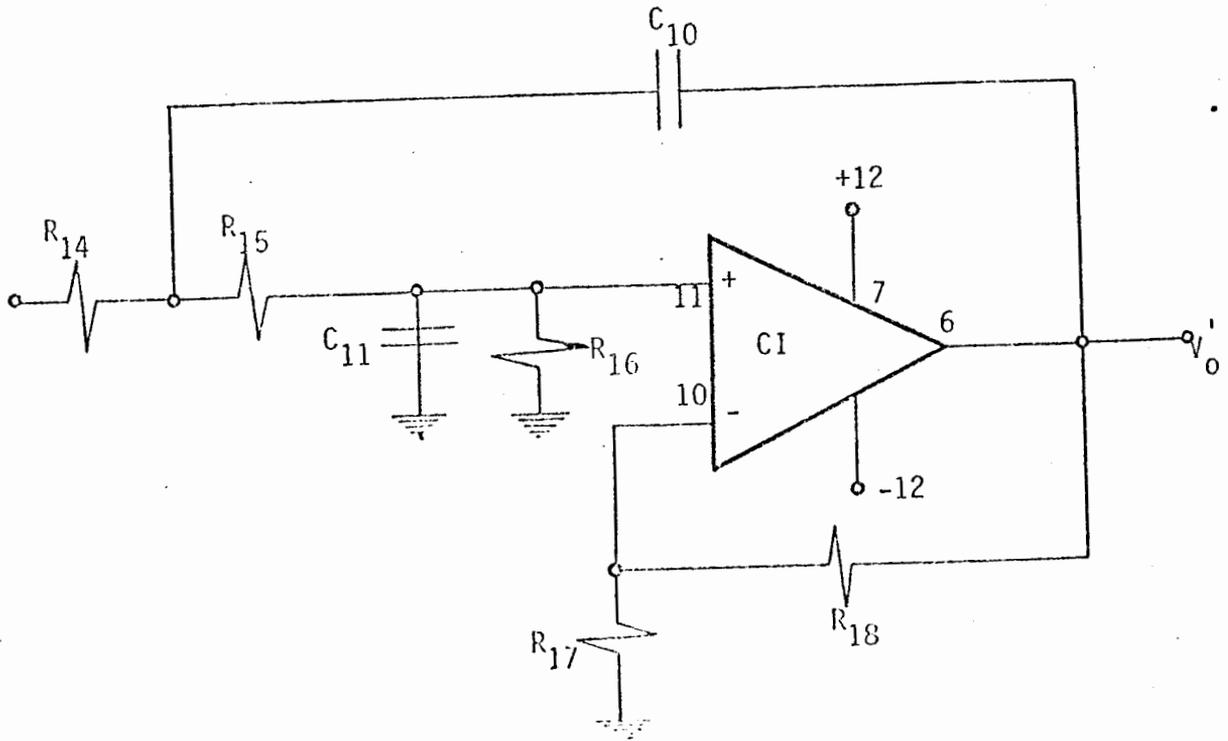


Figura VI.15. Filtro activo.

$$C_{10} = 0.22 \mu\text{fd}$$

$$C_{11} = 5 \mu\text{fd}$$

$$\text{C.I.} = \frac{1}{2} \text{OP} - 1\phi$$

$$A_v \approx 1.5$$

$$f_c = 25 \text{ Hz}$$

Filtro pasivo: Ver figura VI.16.

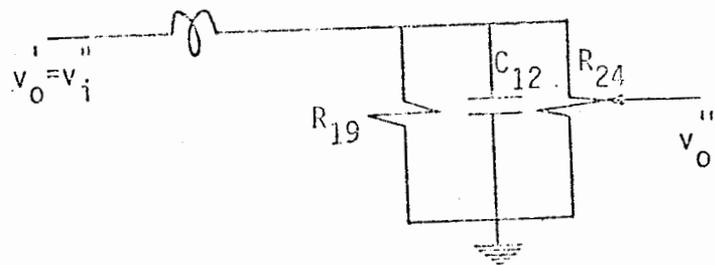


Figura VI.16 Filtro pasivo

$$L = 1\text{mHy}$$

$$R_{19} = 5.6\text{k}\Omega$$

$$C_{12} = 3.3\mu\text{fd}$$

$$R_{20} = 10\text{k}\Omega \text{ (pot)}$$

El potenciómetro tiene como finalidad ajustar la ganancia v_o/v_i .

VI.4.3 Convertidor A/D.

El convertidor del sistema utiliza la técnica de aproximaciones sucesivas; la lógica necesaria está implementada con circuitos "TTL".

Resolución: $\sim 5\text{mv}$ (10psi)

Rango de señal de entrada: ϕv a 5v

Tiempo de conversión: $\sim 40\mu\text{s}$

Número de bits: 10

El diagrama del convertidor se muestra en la figura VI.17.

Componentes:

Circuitos integrados

IV; III 7496

I; II 74164

V; X 7473

VI; VII; VIII 4232

IX 556

DAC $\phi 2$

CMD $\phi 1$

Q EM3641

$R_1 = 1k\Omega$

$R_2 = 470\Omega$

$R_3 = 3.9k\Omega$

$R_4 = 1k\Omega$

$R_5 = 470\Omega$

$R_6 = 14k\Omega$

$R_7 = 2k\Omega$ (pot)

$R_8 = 20k\Omega$ (pot)

$R_9 = 50k\Omega$

$C_1 = 0.001\mu f$

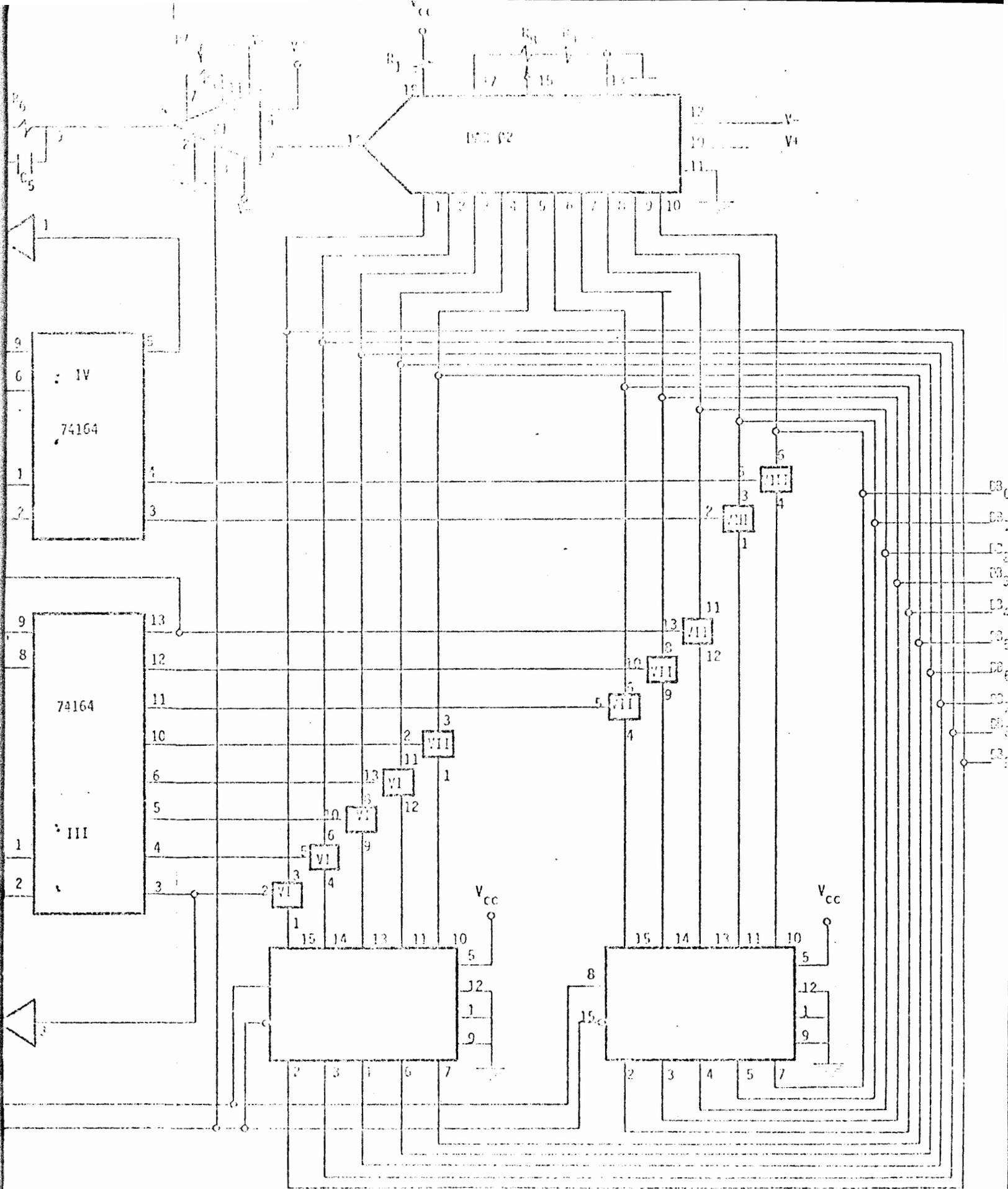
$C_2 = .01\mu f$

$C_3 = 0.001\mu f$

$C_4 = .01\mu f$

$C_5 = 27pfd$

Entrada al convertidor:



or analógico-digital

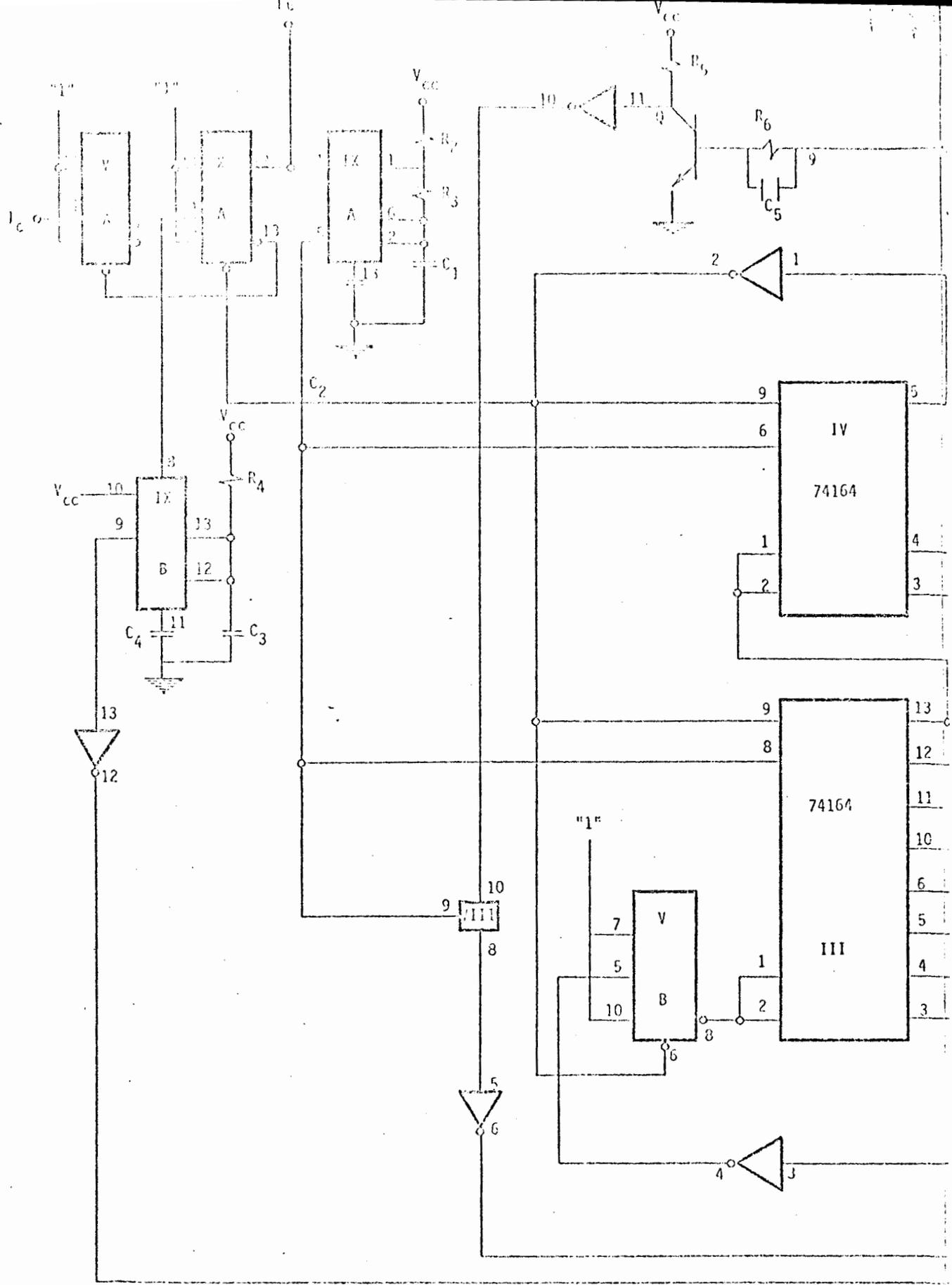


Figura VI.17 Diagrama lógico del convertidor analógico-digital

IC: Un flanco descendente en esta entrada inicia la conversión.

Salidas del convertidor:

IC: Estará en bajo en cuanto termine la conversión y el dato sea válido.

DB₇: Resultado digital

DB₉: Bit menos significativo

DB₉: Bit más significativo

VI.4.4 Interfaz al microprocesador.

Las conexiones necesarias se listan en la tabla VI.1. B₁ es el conector (base de circuito integrado) del lado del convertidor; B₂ es del lado del PIA (Nota: B1 está invertido con respecto a las demás bases).

Función	B1/B2	PIN/PIA	PUERTO
DB ₀	10	10/2	9006/IN
DB ₁	9	11/2	9006/IN
DB ₂	8	12/2	9006/IN
DB ₃	7	13/2	9006/IN
DB ₄	6	14/2	9006/IN
DB ₅	5	15/2	9006/IN
DB ₆	4	16/2	9006/IN
DB ₇	3	17/2	9006/IN
DB ₈	2	3/2	9004/IN
DB ₉	1	4/2	9004/IN
DB	11	5/2	9004/OUT
DB	12	2/2	9004/IN

TABLA VI.1 Listado de conexiones de la interfaz entre el convertidor A/D y el microprocesador.

Armado: El sistema de adquisición está armado en una tarjeta para "wire wrap". En la figura VI.18 se muestra la distribución de componentes. Los capacitores no mostrados en la figura se usan para desacoplamiento de las líneas de alimentación.

Líneas de alimentación: (Referidas al "Mother board" del "Exorciser").

+ 5v 1

0v \bar{W}

+12v T

-12v M

VI.4.5 Procedimiento de calibración para las etapas de entrada diferencial y filtrado.

i) Aplique a la entrada del convertidor un voltaje de directa entre ϕ_V y 5_V .

ii) Conecte entre las terminales 3 y 6 de la base de montaje del potenciómetro R_p de calibración un voltímetro. Ver figura VI.18.

iii) Haga girar, con ayuda de un desarmador, el tornillo del potenciómetro hasta que el voltaje medido entre las terminales 3 y 6 sea igual al voltaje aplicado a las entradas del convertidor, al efectuar las lecturas, una resolución de 10^{-2} volts es suficiente. Al girar el tornillo del potenciómetro en el sentido de las manecillas del reloj, el voltaje entre las puntas 3 y 6 disminuye. Girándolo en sentido contrario a las manecillas del reloj el voltaje aumenta.

VI.5 Actuador de Solenoides

Tres solenoides de corriente alterna son actuados por el procesador

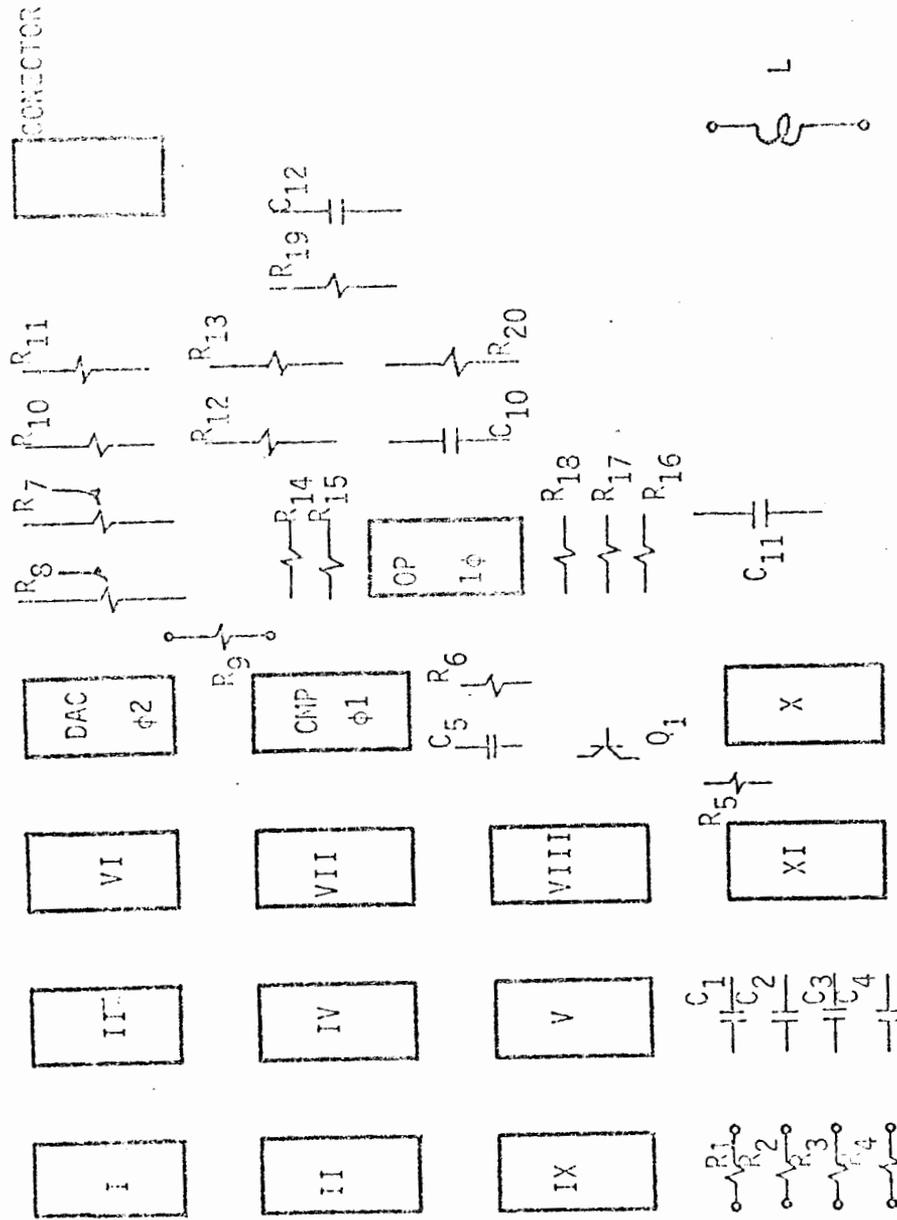
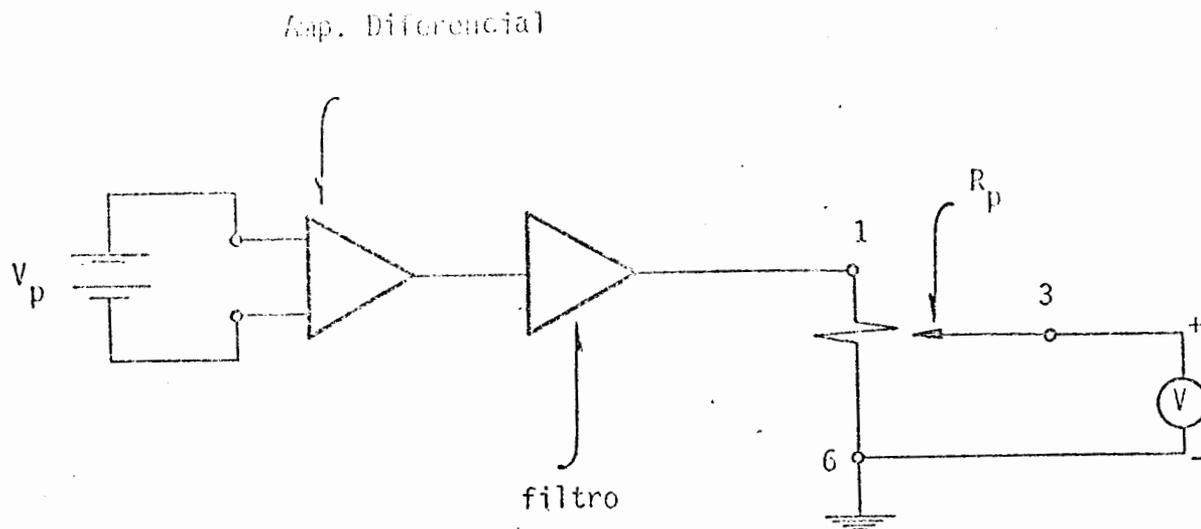


Figura VI.18. Distribución de componentes.



Columna 15

Renglón

1.	31
2.	30
3.	29
4.	28
5.	27
6.	26
7.	25
8.	24

Nota: El potenciómetro de calibración es de color NARANJA.

↑ Número de terminal de base de montaje.

Figura VI.19 Localización física del potenciómetro de calibración del convertidor analógico-digital.

Según las diferentes señales de control existentes durante el proceso de formado de una pieza; estas señales son:

- i) Para ómbolo durante la subida
- ii) Para ómbolo durante la bajada

Las dos señales de control son mandadas por el microprocesador en forma de un pulso (normalmente alto) cada una por su línea de control correspondiente. Dichos pulsos actúan sobre un circuito que se encarga de encender al solenoide durante un tiempo mínimo de 0.5 segundos hasta un tiempo máximo de 5 segundos; dicho tiempo es variable a voluntad del usuario variando las resistencias R_1 y R_2 (Fig. VI.22)

VI.5.1 Descripción del funcionamiento.

Con relación a la fig. VI.20 se observa que el solenoide en cuestión está conectado a través del secundario del transformador, interrumpiendo el triac T_1 dicho circuito.

El comparador A_1 sirve para cuadrar la línea entre +12 y -12 volts, esta señal es el inicio de conducción del triac o sea que es un disparador cero volts con el fin de evitar generar transitorios indeseables.

La señal de actuación en forma de pulso procedente del μ procesador en $t = t_1$ es retardada Δt segundos por medio de un circuito Monoestable, la cual asegura que durante esos Δt segundos la salida de A_2 sea alta.

La corriente de compuerta i_g del triac estará presente mientras la salida de A_2 permanezca "alta", de la siguiente manera:

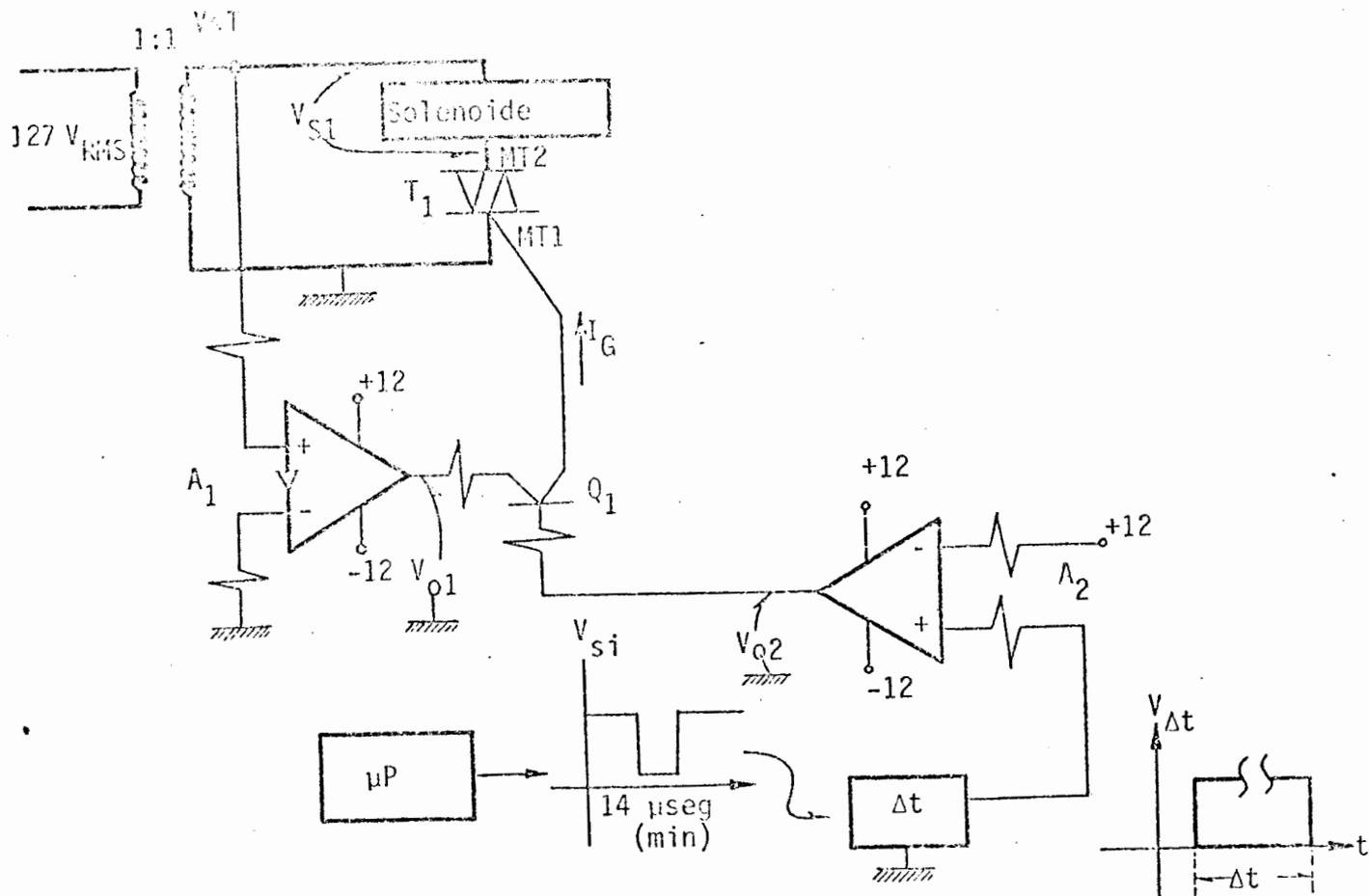


Figura VI.20 Circuito esquemático de disparo de un Solenoide.

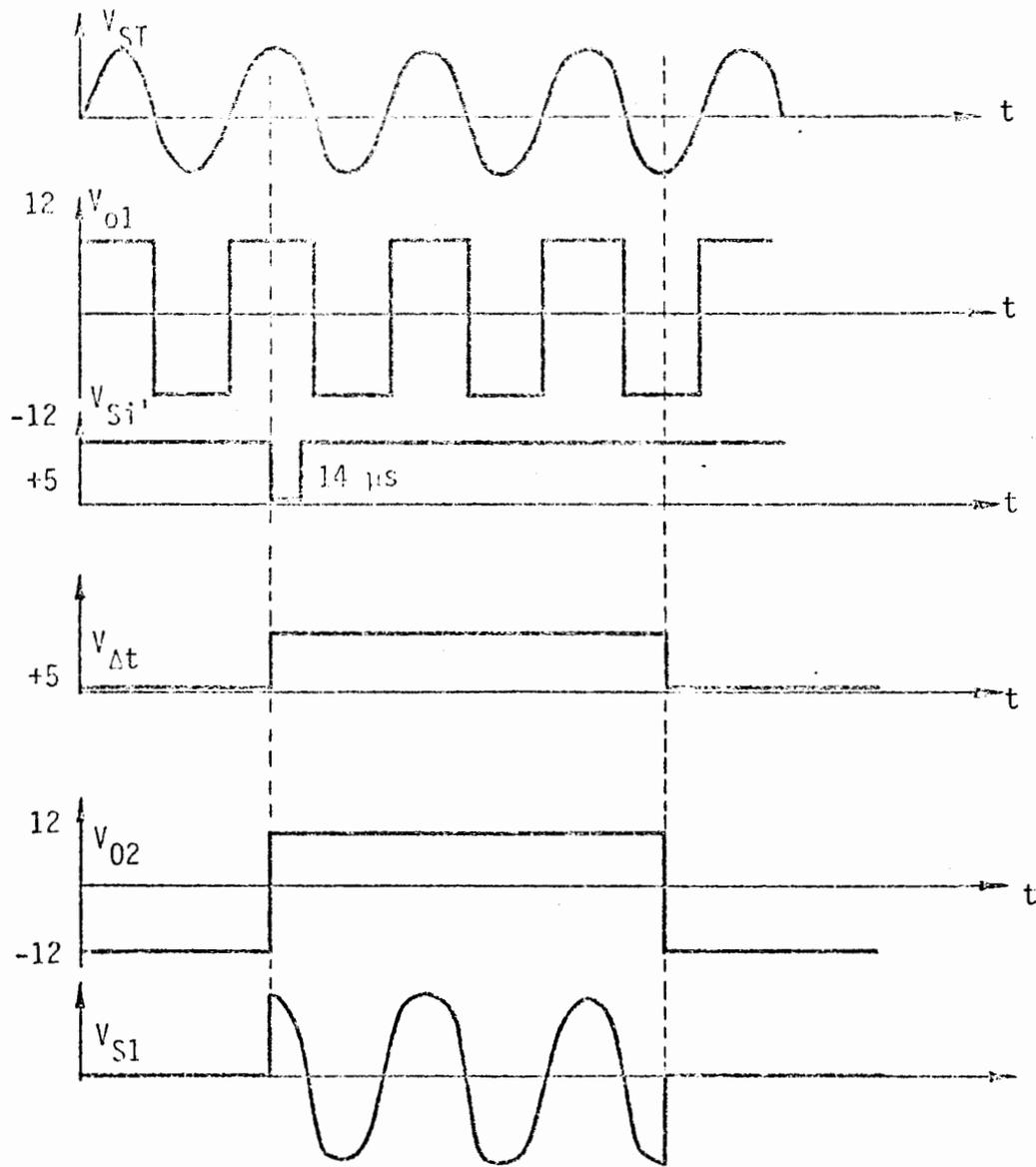


Figura V1.21 Formas de onda del circuito de disparo de Solenoides.

HT_2	i_g	Región de operación del Triac	Condición de "Q ₁ "
+	+	Primer cuadrante	Conduce por junta ra B-C
-	-	Tercer cuadrante	Región activa directa

Para el Diagrama de la figura VI.22 se define la siguiente nomenclatura:

$S_1 \triangleq$ Solenoide # 1 "para de subida"

$S_2 \triangleq$ Solenoide # 2 "para de bajada"

$S_1' \triangleq$ Señal del μ procesador "para de subida"

$S_2' \triangleq$ Señal del μ procesador "para de bajada"

Tanto S_1' como S_2' son pulsos (normalmente altos) con una duración mínima de 14 μ seg.

VI.5.2 Asignaciones de conexión.

Asignación de Patas a la salida del conector de la Tarjeta de Solenoides.

- Pata 1. Tierra (T_1)
- 2. NC
- 3. S_1'
- 4. +5 Volts
- 5. T_2
- 6. -12 Volts
- 7. +12 Volts
- 8. NC

Tabla de Control
de Solenoides

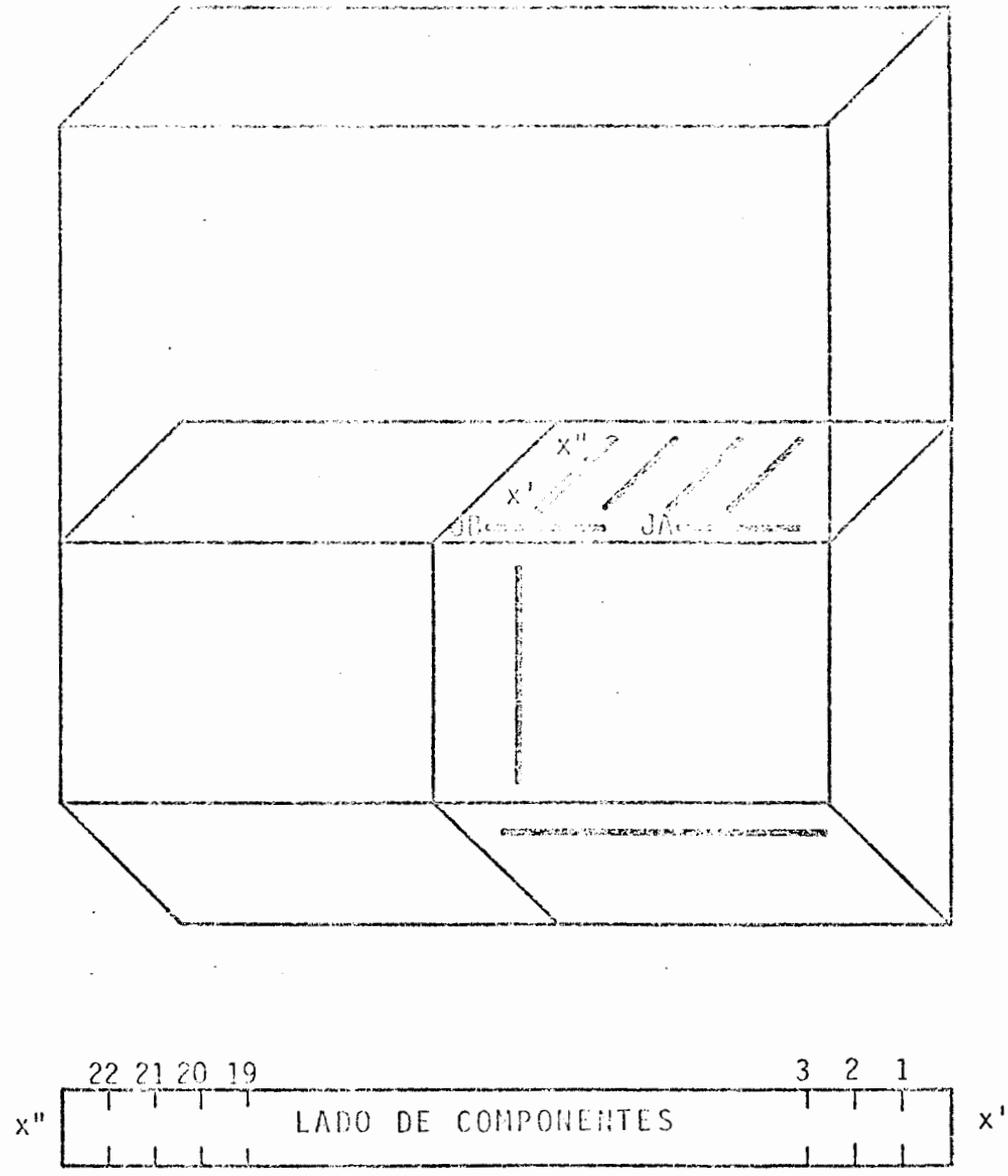
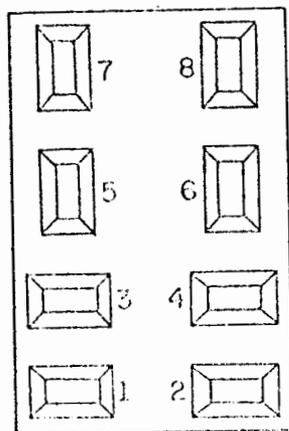


Figura VI.23 Localización física de la tablilla de manejo de solenoides.

- 9. NC
- 10. NC
- 11. NC
- 12. NC
- 13. NC
- 14. NC
- 15. NC
- 16. S_2^1
- 17. MT_2 (S1)
- 18. MT_2^1 (S2)
- 19. NC
- 20. NC
- 21. NC
- 22. NC

Asignación de patas del conector cuadrado para conectar los solenoides.



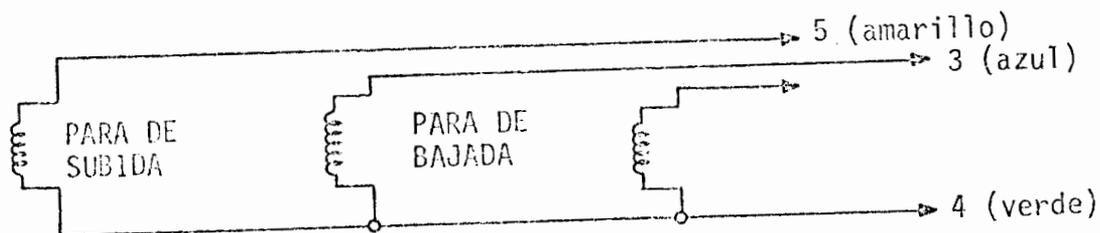
- Pata 1 = NC
- 2 = NC
- 3 = MT_2 (para de subida)
- 4 = T_2 (común)
- 5 = MT_2^1 (para de bajada)
- 6 = NC
- 7 = NC
- 8 = NC

Asignación de patas para conectar los solenoides a la salida, partiendo del conector azul de la tarjeta.

Conector azul	Conector gris JC	Conector negro hembra
1	28	4
5	30	5
6	29	3

Conector de Solenoides:

Terminal	Lugar Físico
1 azul	Solenoides "para de bajada"
2	
3 amarillo	Solenoides "para de subida"
4 verde	Común a todos los solenoides
7	Botón de ruptura → indistintamente
8	(2 cables blancos)



La asignación de funciones en el peine No. 5 correspondiente al circuito impreso del actuador de solenoides, es:

Pata	Función
1.	127 VRMS
2.	127 VRMS
3.	NC
4.	NC

5. S_2
6. S_1
7. S_2'
8. N.C
9. N.C
10. N.C
11. N.C
12. N.C
13. N.C
14. N.C
15. Tierra
16. $+12 V_{DC}$
17. $-12 V_{DC}$
18. $127 V_{RMS}$
19. $+5 V_{DC}$
20. S_1'
21. NC
22. Tierra

VI.5.3 Lista de componentes.

I: LMS55

II: LMS555

III: 7406

IV: LM3900

$Q_1: 2A237 = Q_1' = Q_1'' = Q_1'''$

$Q_2: 2A257$

$T_1: SC141 (\text{Triac}) = T_1' = T_1''$

R_1 : 1k Ω (variable) = R_1'
 R_2 : 100k Ω 1/2 Watt = R_2'
 R_3 : 1k Ω " = R_3'
 R_4 : 500k Ω " = R_4' = R_4''
 R_5 : 1k Ω " = R_5' = R_5''
 R_6 : 120 Ω " = R_6' = R_6'' = R_6'''
 R_7 : 1k Ω " = R_7'
 R_8 : 47 Ω " = R_8' = R_8''
 C_1 : 10nf = C_1'
 C_2 : 10 μ f (16V) = C_2'
 C_3 : 1nf
 C_4 : 0.1 μ F (400 V.) = C_4' = C_4''

VI.5.4 Consideraciones sobre ajuste

Los solenoides "para de subida" y "para de bajada" se pueden activar durante un tiempo mínimo de 0.5 segundos hasta un tiempo máximo de 5 segundos girando el potenciómetro de ajuste R_1 y R_1' respectivamente. El ajuste original corresponde a un segundo por cada uno.

VI.6 Interfaz para el codificador de posición, motor de pasos, comando de solenoides y convertidor analógico-digital.

Se presenta la asignación de patas para la tarjeta MEX6820 la cual se emplea como interface para el codificador de posición, motor de pasos, solenoides y convertidor analógico-digital. La asignación se muestra en la figura VI.24.

La tarjeta MEX6820 consta de 2 PIA's (PIA1, PIA2). Se asignan las 8 líneas del puerto A de PIA1 para la lectura del codificador de posición.

Del puerto B de PIA1 se usan cuatro líneas para el motor de pasos y dos para el control de los solenoides. La figura VI.25 muestra el diagrama de conexiones del PIA1 hacia el conector (P2) de la misma tarjeta. PIA2 se usa totalmente para la lectura de presión dada por el convertidor analógico-digital. Ver tabla VI.1.

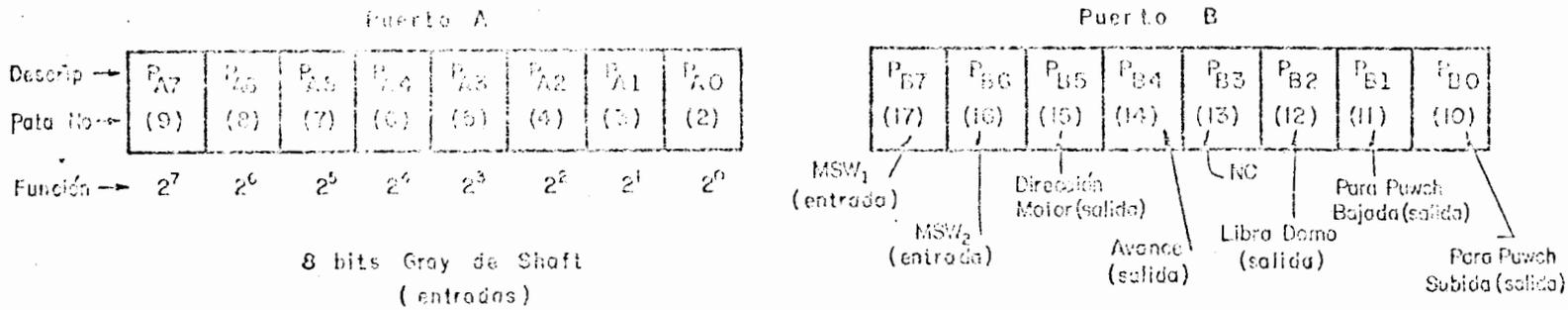


Figura VI.24. Asignación de puertos de E/S para los sensores y actuadores.

VI.6.1 Relación de líneas del conector interno del codificador de posición.

Se presenta la relación de líneas que salen del conector del shaft, indicando función, color del cable y número de pata. El número de pata puede verse en la cara interna del conector hembra, para lo cual es preciso desatornillar la rosca trasera del ensamble "cable shaft". Ver figura VI.26.

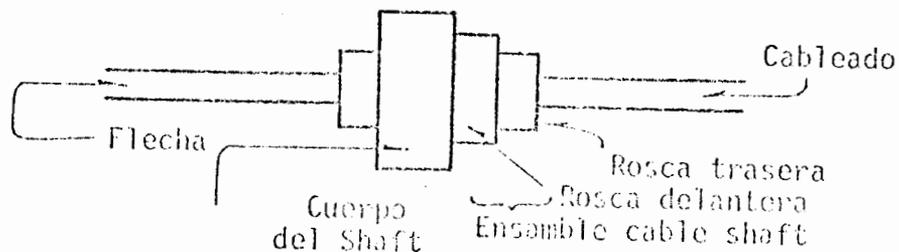


Figura VI.26 Codificador de posición

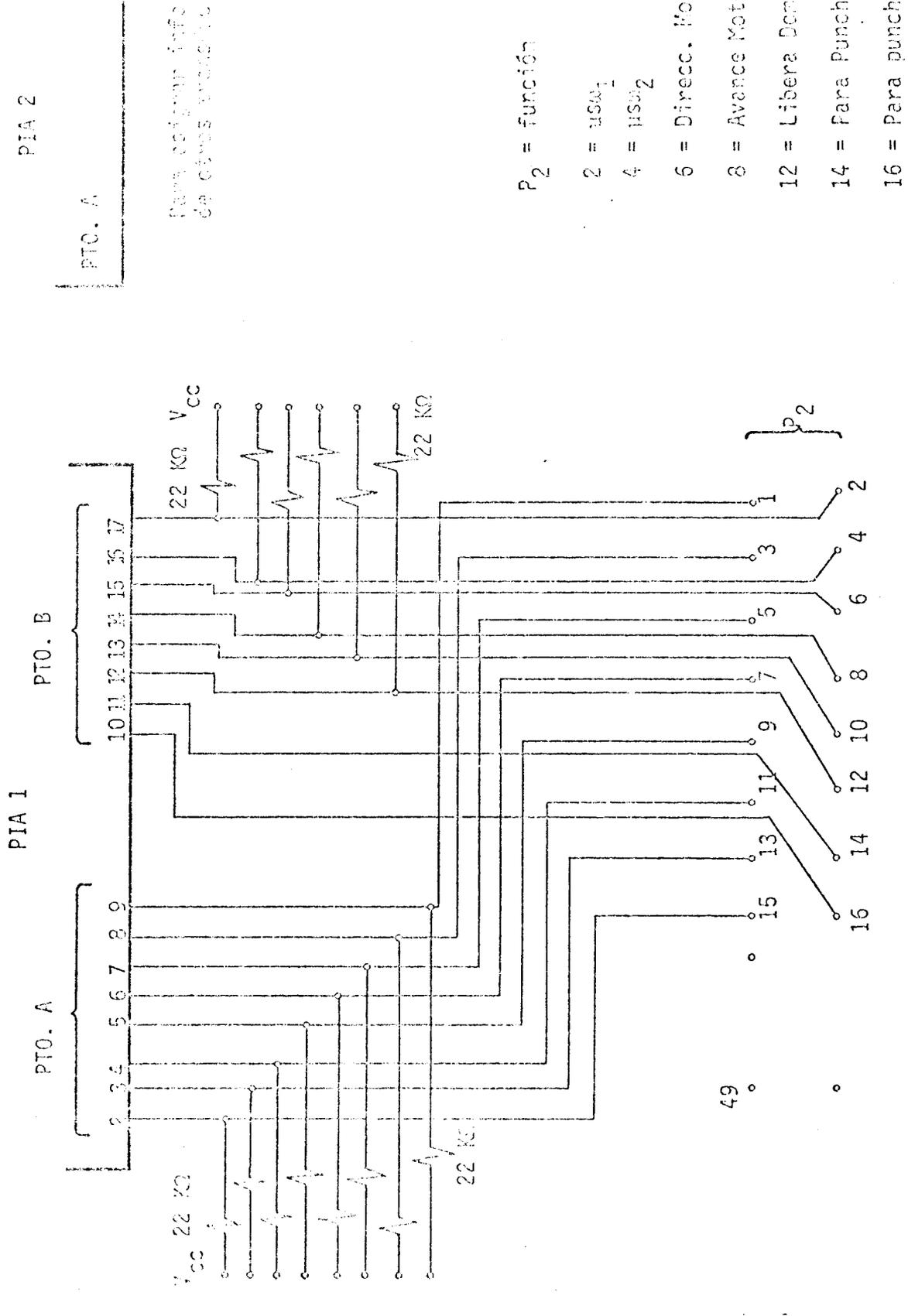


Figura VI.25. Diagrama de conexiones del PIA1 al conector de la tablilla MEX6820.

<u>Color</u>	<u>No. pata</u>	<u>Función</u>
negro	A	2^7
amarillo	B	2^6
blanco	C	2^5
verde	D	2^4
rojo	E	2^3
azul	F	2^2
negro	G	2^1
amarillo	H	2^0
rojo	K	+5V (lámpara)
blanco	S	V_{CC} (TTL)
verde	R	Gnd (TTL)
azul	P	Gnd (lámpara)

VI.6.2. Relación de líneas del conector externo del codificador de posición.

Esta relación se aprecia perfectamente observando la figura VI.27.

VI.7 Fuente de alimentación para el motor de pasos

La fuente de alimentación para el motor de pasos es básicamente un elemento regulador de corriente con una alta impedancia de salida, con el fin de minimizar la constante de tiempo de respuesta del motor y con esto aumentar al máximo la velocidad de operación del mismo.

El sistema está realimentado de forma tal que variando el valor de la resistencia R_{11} se obtiene a la salida una corriente de fase máximo $I_0 = 1.4$ amp. (restricción para el motor usado).

Del conector del Shaft

- 2^0 = 1 amarillo
- 2^1 = 2 negro
- 2^2 = 3 azul
- 2^3 = 4 rojo
- 2^4 = 5 verde
- 2^5 = 6 blanco
- 2^6 = 7 amarillo
- 2^7 = 8 negro
- $\overline{2^8}$ = 9 verde
- $\overline{2^9}$ = 10 azul
- +5 = 11 blanco
- +5 = 12 rojo

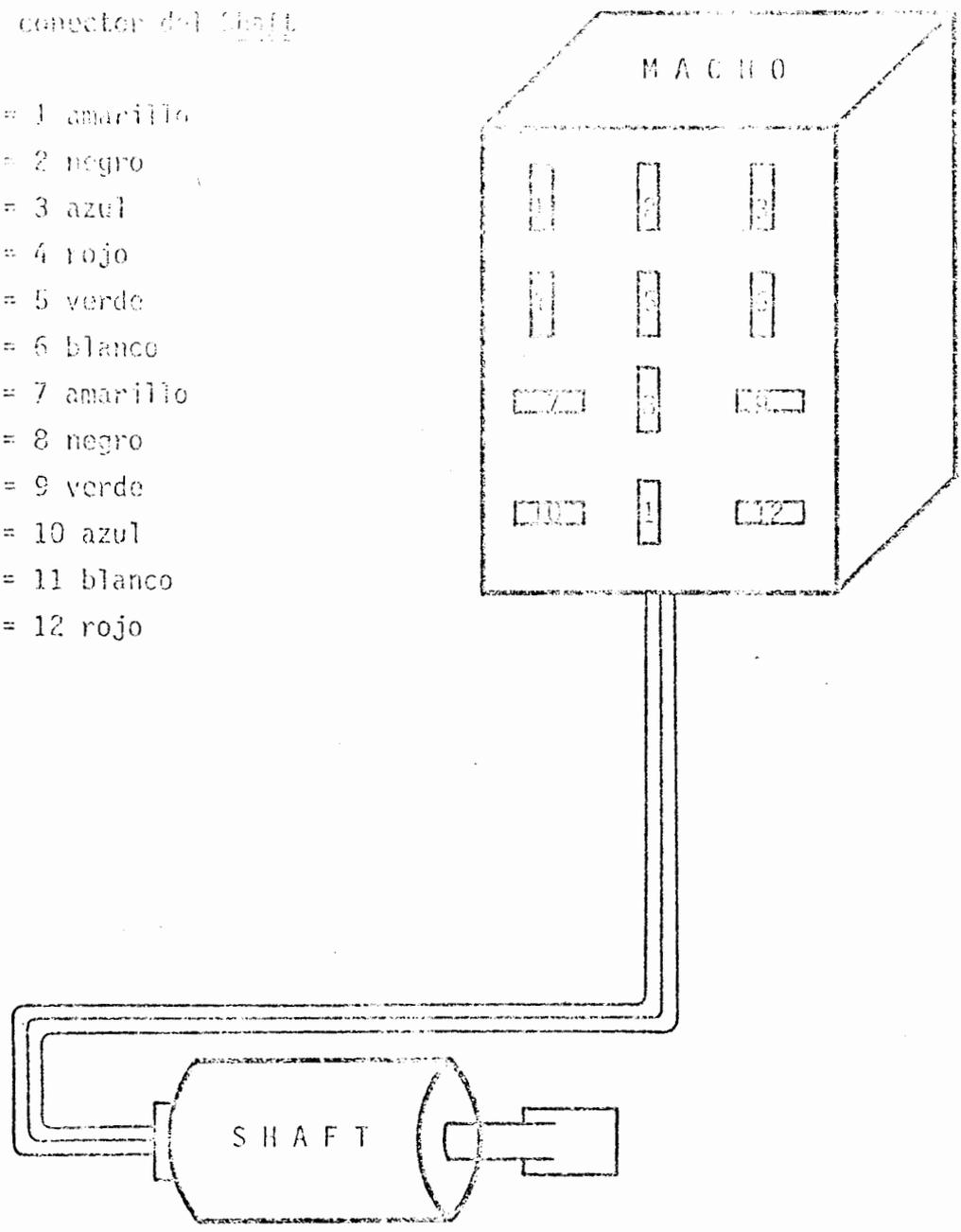


Figura VI.27 Relación de patas del conector externo del codificador de posición.

procedimiento de ajuste:

Se recomienda colocar un amperímetro de D.C. con escala de 2 amperes entre el terminal [10] de la figura VI.31 y tierra. Ajustar R_{11} hasta que el valor leído de corriente sea 1.4 amperes.

VI.7.1 Lista de componentes.

D_1, D_2, D_3, D_4 - puente rectificador para 1.5 Amp.

D_5 Zener de 10V a 1/2 watt

Q_1 → tip 32 (A, B, o C)

Q_2 → 2A237

1 → Lm3900

R_1 $1K\Omega$ a 1/2 watt

R_2 470Ω a 2 watts

R_3 1Ω a 2 watts

R_4, R_6 $1M\Omega$ a 1/2 watts

R_5, R_7 $5.6M\Omega$ 1/2 watts

R_8, R_9 $10K\Omega$ 1/2 watts

R_{10} $1K\Omega$ 1/2 watts

R_{11} $5K\Omega$ (pot)

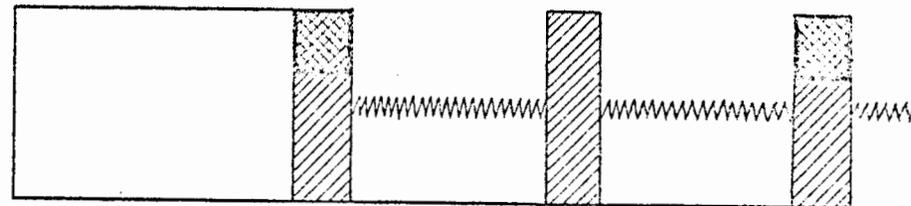
C_1 $4X400\mu F$ a 40 volts

C_2 68nf

Conector de Motor de pasos

Terminal	Lugar físico
1	Común del motor
2	Fase # 2
3	Fase # 4
4	Micro switch # 2* (normalmente abierto)
5	Micro switch # 1* (normalmente abierto)
6	Fase # 3
7	Fase # 1
8	Común de los "micro switches"

Motor de
pasos



Micro switch # 2

Micro switch # 1

Figura VI.28 Asignación de patas del conector del motor de pasos

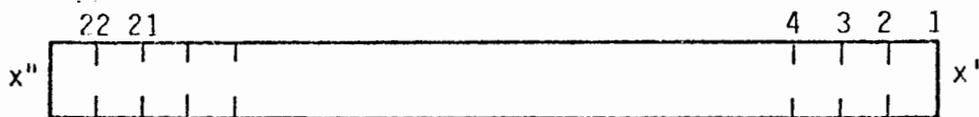
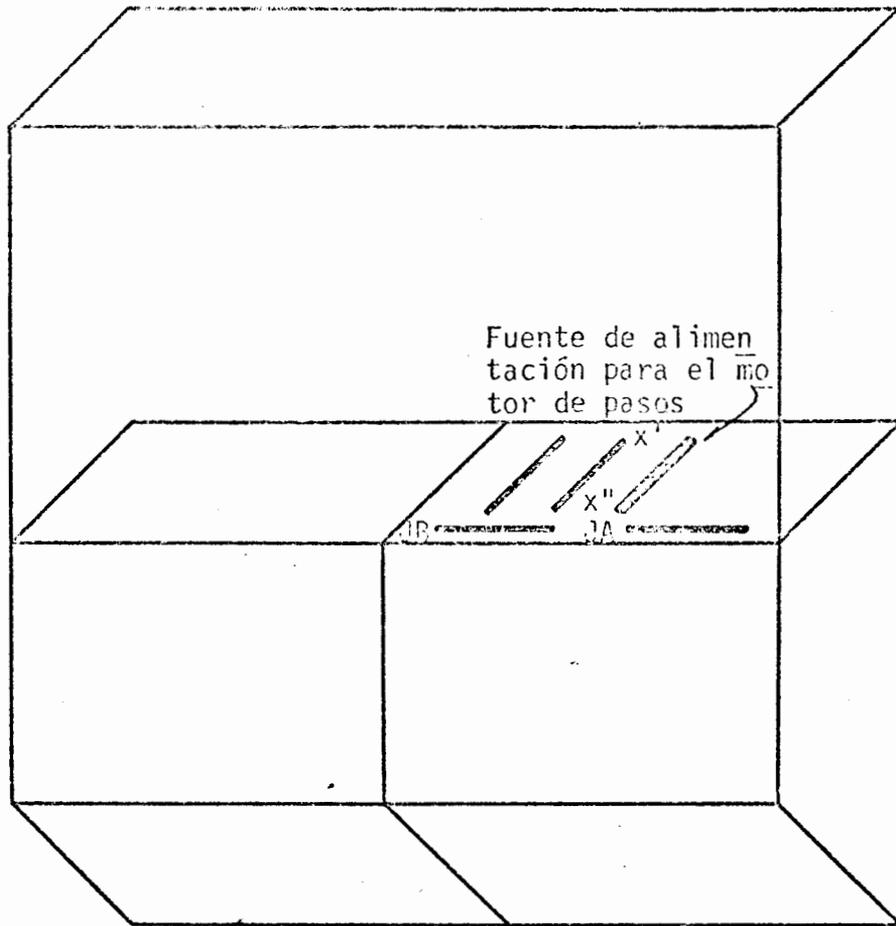
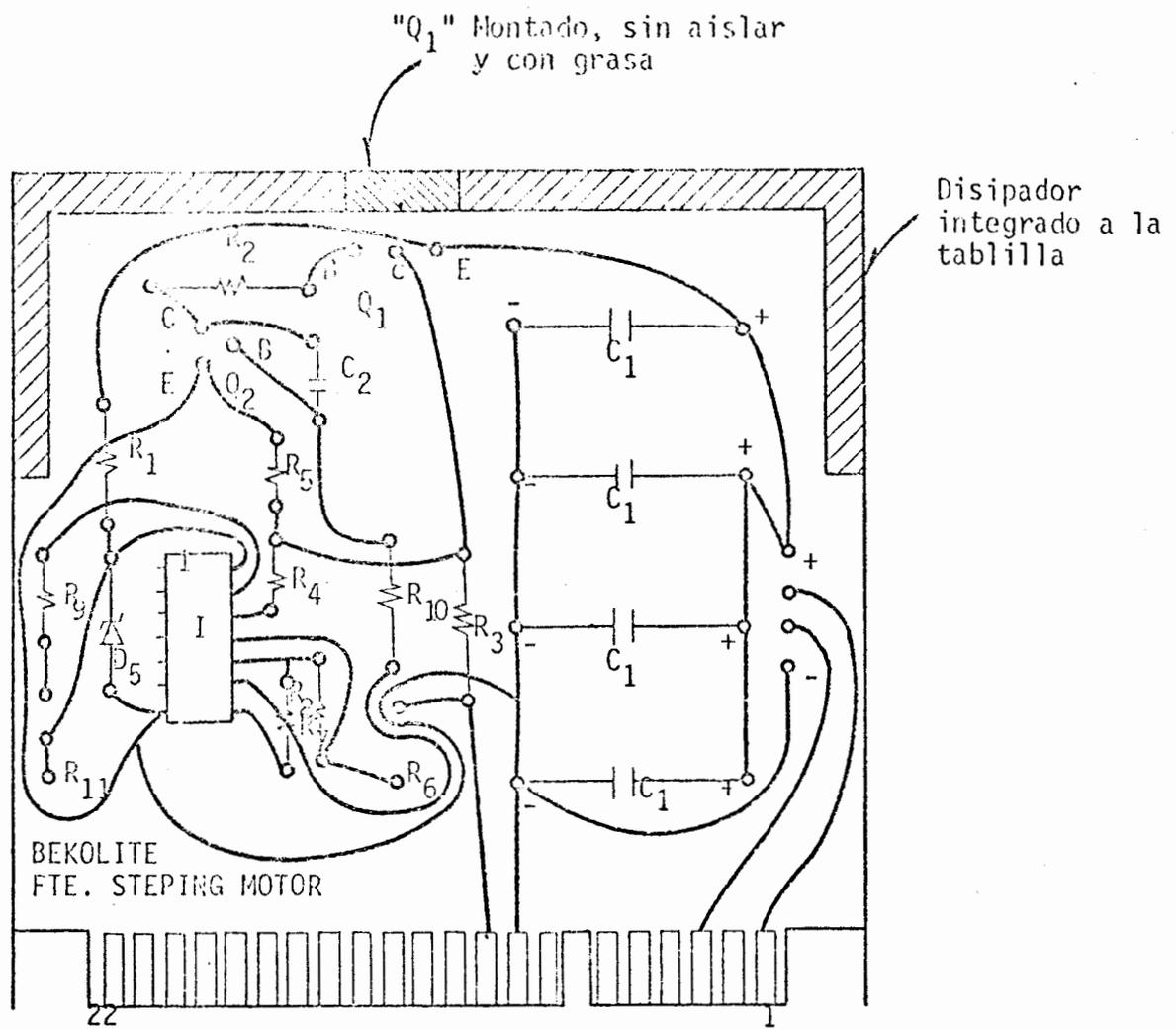


Figura VI.29. Localización física de la fuente de alimentación para el motor de pasos.



escala: 1:1
 vista: lado de componentes.

- 1.- AC } 23 V.R.M.S.
- 3.- AC }
- 9.- - tierra
- 10.- Alimentación motor.
- 31 volts.

Figura VI.30. Tablilla que contiene la fuente de alimentación del motor de pasos.

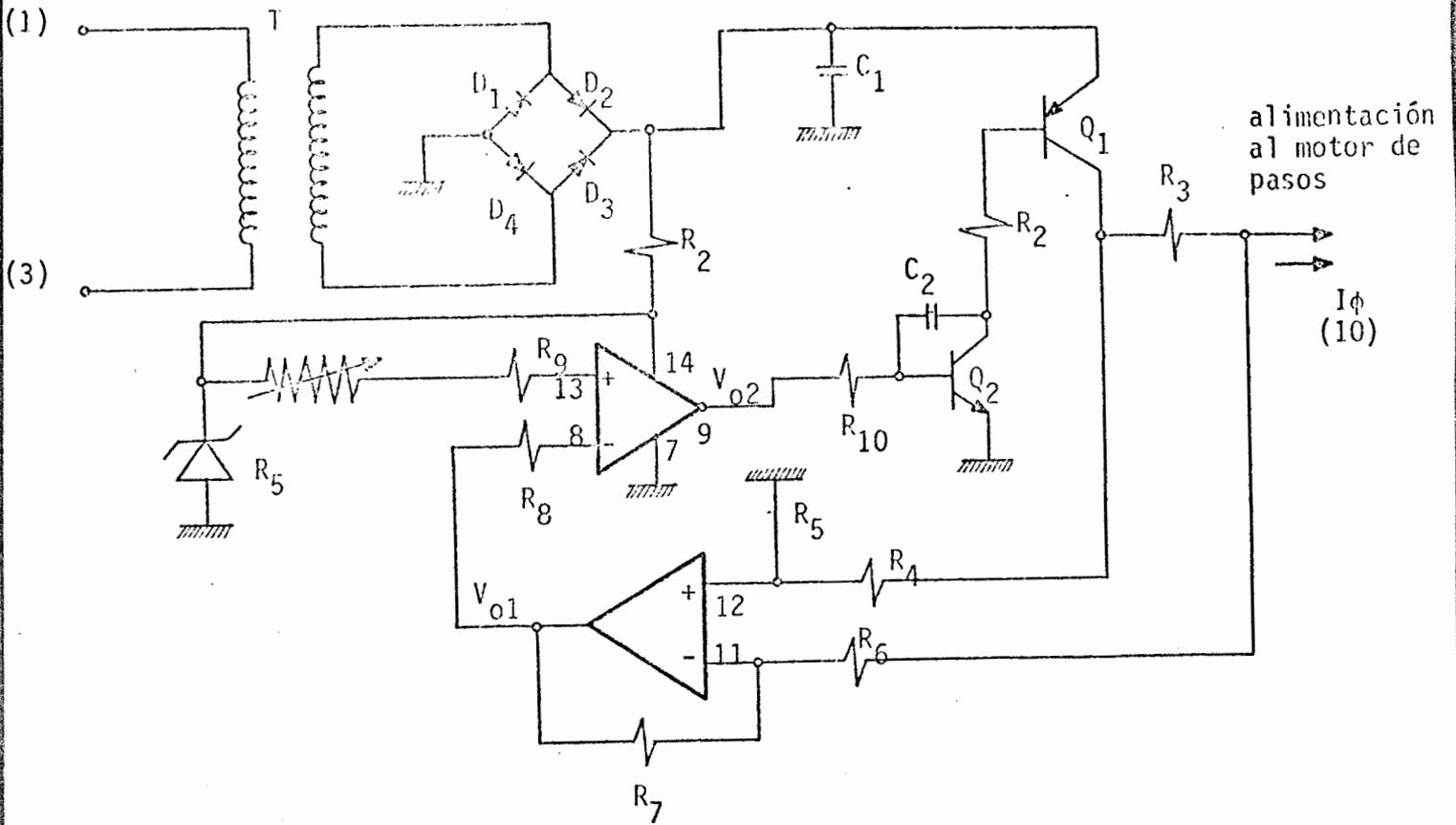
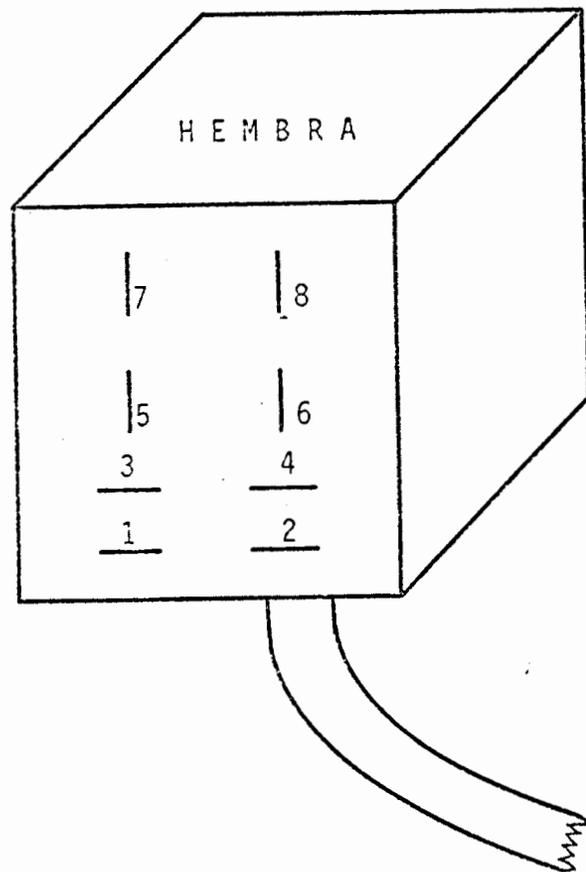


Figura VI.31. Diagrama eléctrico de la fuente de alimentación para el motor de pasos.



PATAS HEMBRA		PATAS CONECTOR AZUL
(NARANJA) 8	→	1, 2, 3 = Vm Return
(VERDE) 7	→	4 = φA1
(BLANCO) 6	→	5 = φA2
(GRIS) 1	→	8 = Vm
(NEGRO) 2	→	22 = φB1
(ROJO) 3	→	20 = φB2

I { PATAS HEMBRA	PATAS CONECTOR GRIS
(ROJO) 5	2 = μSw1 = S ₀ min
(CAFE) 4	4 = μSw2 = S ₀ max

Figura VI.32. Asignación de patas para el conector hembra del motor de pasos.

VI.2 Transductor de presión

Para medir de presión en el domo se utiliza un transductor marca Setra, Modelo 204. Basándose en la asignación de pines mostrada en la figura VI.33, las conexiones necesarias se listan a continuación:

Función	JA	JB	JC	Pin (hembra) tapa
+ 12 V				1
- 12 V				9
+ V_0 (10,000, PSI)	1	1	36	5
- V_0 (10,000, PSI)	2	2	37	6

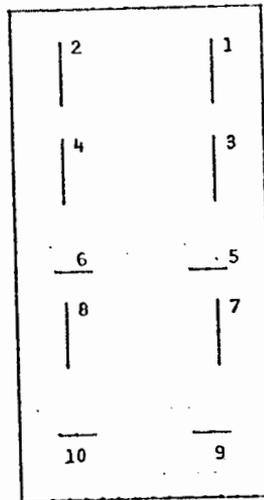


Figura VI.33 Vista frontal del conector hembra del transductor de presión.

VI.9. Tablilla de memoria EPROM (4K palabras)

La tablilla de 4K de EPROM cumple con el requisito de ser de dirección variable, la cual se puede asignar por medio del Jumper J_1 , las líneas del bus de direcciones A_{15} , A_{14} , A_{13} , A_{12} , A_{11} , A_{10} , A_9 , con las cuales

del chip 0).

La lógica realizada por los componentes NAND 16 y OR 17, sirve para seleccionar la dirección FFFF y FFFE que son los vectores de RESTART necesarios al encender la máquina o al reiniciar la operación de la máquina, lo cual en este caso, la manda al inicio del programa "Bekolite". La posición adecuada de sw1 para realizar lo anterior es en RESTART.

VI.9.1 Direccionamiento del bloque de memoria.

Eprom en IC'S 15	4000 - 41FF
Eprom en IC'S 14	4200 - 43FF
Eprom en IC'S 13	4400 - 45FF
Eprom en IC'S 12	4600 - 47FF
Eprom en IC'S 11	4800 - 49FF
Eprom en IC'S 10	4A00 - 4BFF
Eprom en IC'S 9	4C00 - 4DFF
Eprom en IC'S 8	4E00 - 4FFF

VI.9.2 Lista de componentes.

Los números de la izquierda de esta lista de circuitos integrados, está referido a la figura VI.34.

Num. fig. VI.34	Circuito integrado
0	7410
1	74155
2	74155
3	8T97
4	8T97

RESTAR

EXBUG.

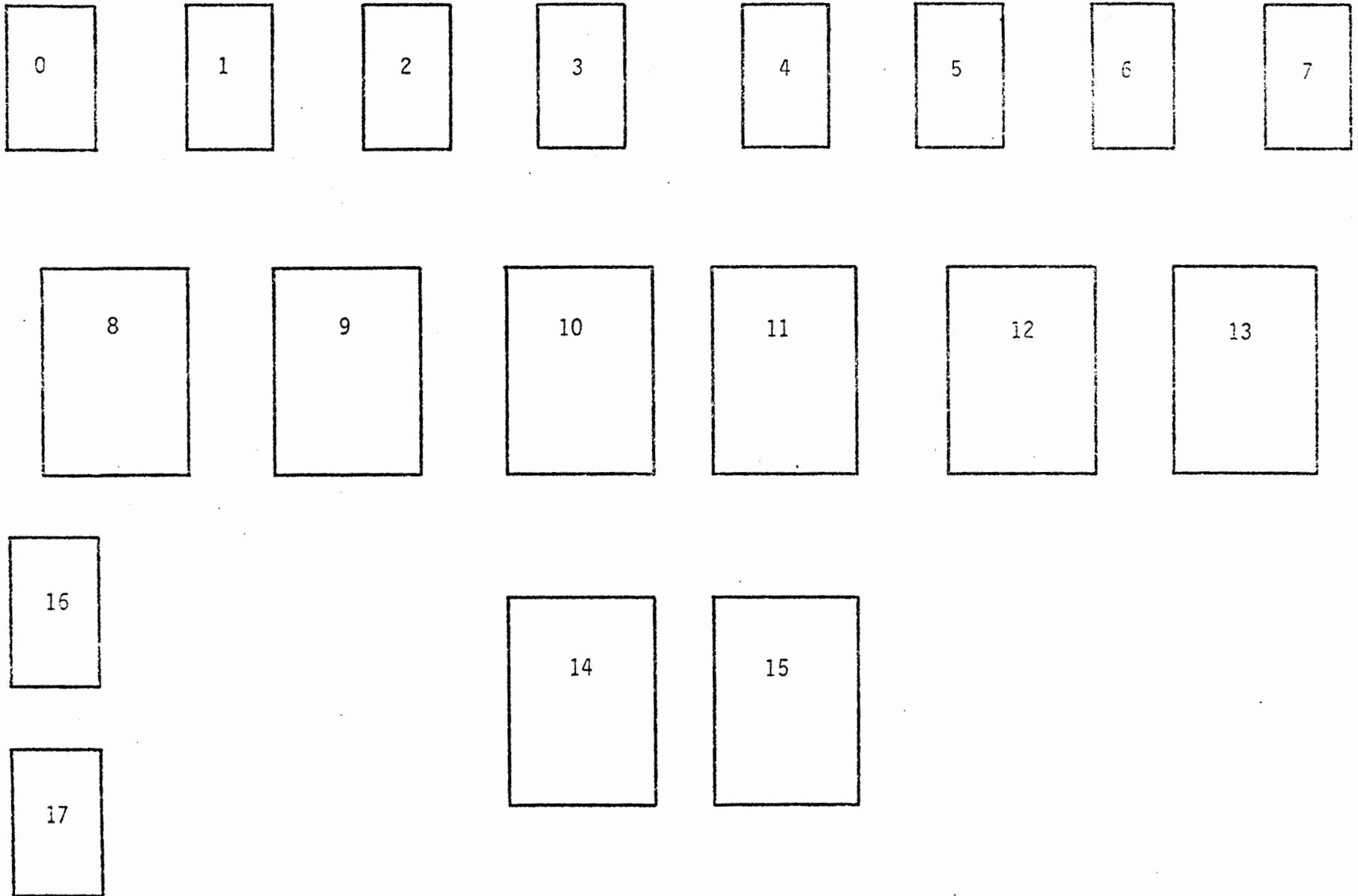
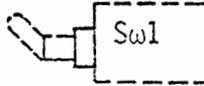


Figura VI.34. Distribución física de los circuitos integrados de la tablilla de memoria EPROM.

Num. fig. VI.34	Circuito integrado
5	8T97
6	74366
7	74366
8	6834
9	6834
10	6834
11	6834
12	6834
13	6834
14	6834
15	6834
16	7410
17	7432

Descripción de componentes:

Circuito integrado	Cantidad	Función
7410	2	NAND
7432	1	OR
74155	2	Decoder 3 a 8
8797	3	Buffer con enable
74366	2	Buffer con inversor
6834	8	EPROM

podemos seleccionar bloques de 4k.

Se han usado chips 6834 que tienen compatibilidad con el procesador 6800, los cuales tienen una capacidad de 512 palabras de 8 bits. Por lo tanto, se han usado 8 chips para el diseño de 4k.

También se han puesto buffers a la entrada y a la salida de la tarjeta, con el fin de no presentar carga al procesador, así como también aislarla del sistema general. Estos buffers han sido seleccionados de acuerdo a las características del sistema Exorciser.

En el caso que se desee más EPROM se hará otra tarjeta idéntica seleccionando los jumpers adecuados para dar la dirección requerida.

Bits de selección del módulo:

A ₁₅	A ₁₄	A ₁₃	A ₁₂	A ₁₁	A ₁₀	A ₉
-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	----------------

8 chips

A₁₁, A₁₀, A₉.- Seleccionan uno de 8 chips (EPROM's)

A₁₅, A₁₄, A₁₃, A₁₂.- Selecciona uno de los 16 módulos de memoria de 4k que podrían haber. (2⁴)

A₈, A₀.- Se conecta a todos los EPROM's seleccionando la dirección interna.

Para la tarjeta de EPROM se han seleccionado las direcciones 4000-4FFF lo cual hace un total de 4k de EPROM, la distribución de chips y sus direcciones se encuentran referidas en la figura VI.34. Para la selección de esta dirección se conectó el jumper de J₆, pin 12 del chip 1 (ver figura VI.35), a pin 9 del chip 16. J₁ se conectó B-C (pin 3 con 4

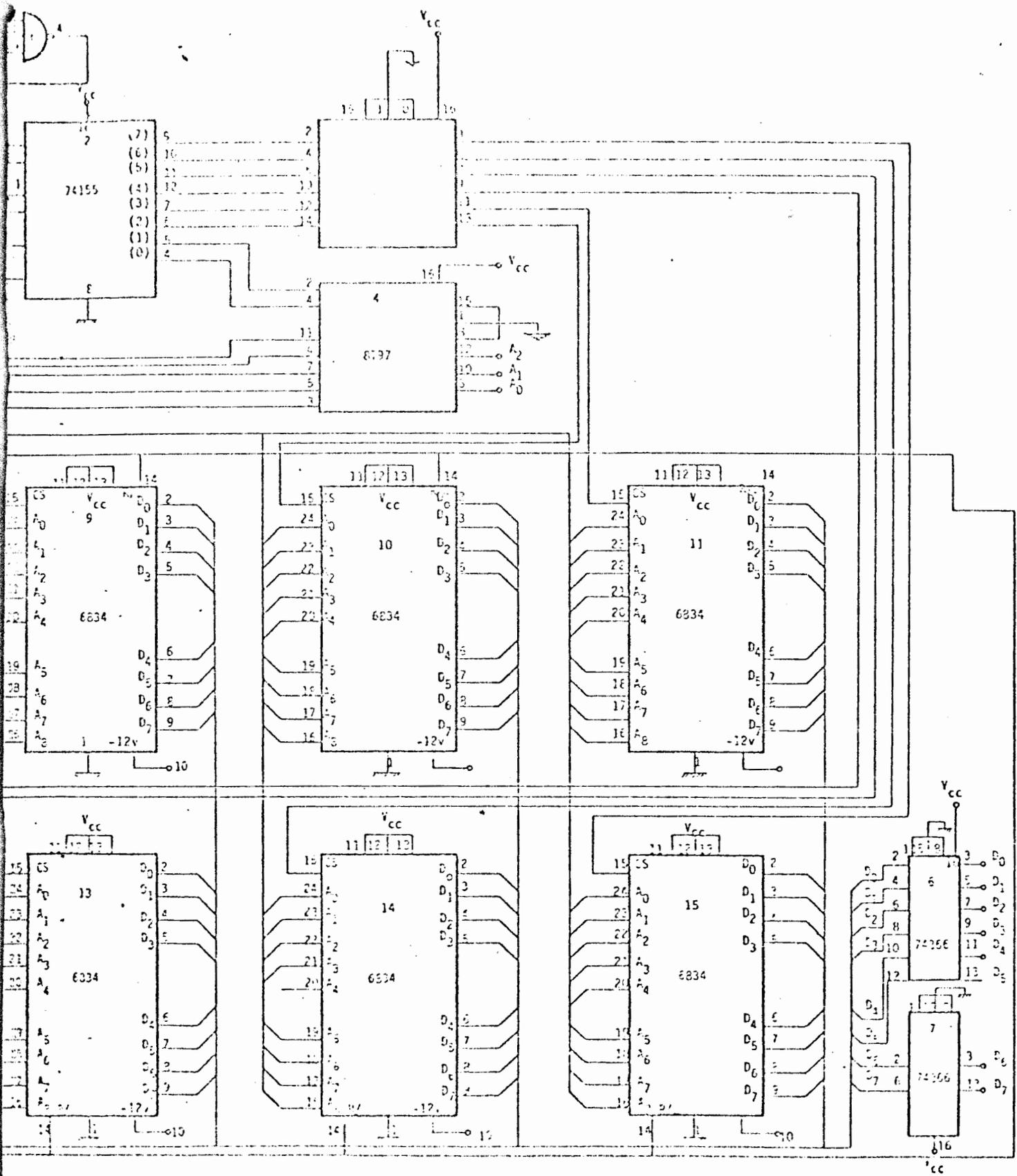


Figura VI.35 Diagrama lógico de la tablilla de memoria EPROM.

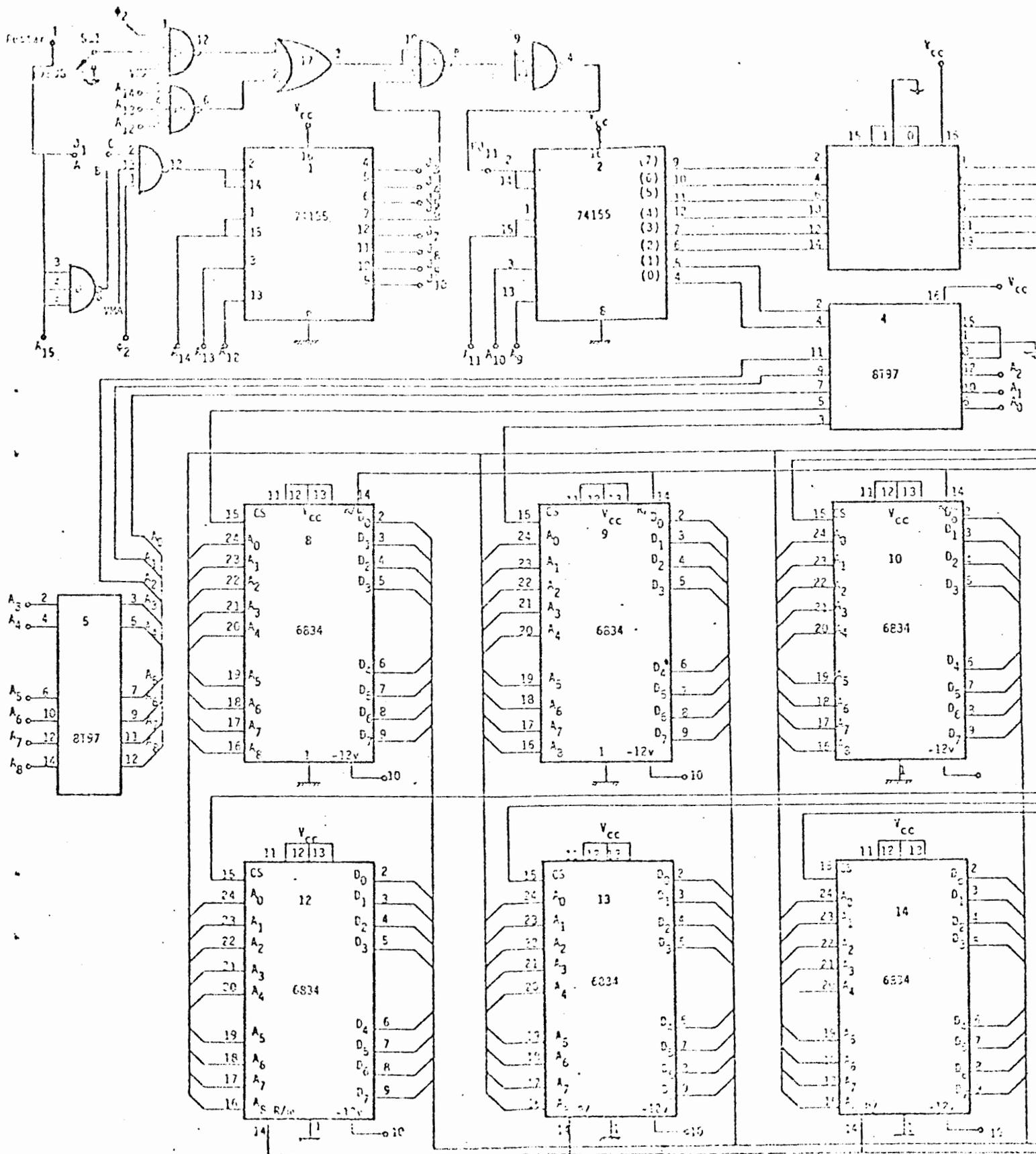


Figura VI.35 Diagrama lógico de la tablilla

VII. DETALLES DEL SOFTWARE DEL SISTEMA

VII.1 Descripción detallada del mapa de memoria

En esta sección vamos a enumerar todas las rutinas y subrutinas que componen el software total del sistema indicando la dirección inicial de memoria EPROM donde se encuentra cada una.

RUTINAS DE INICIALIZACION

INIC 4000

SELC 4095

RUTINAS DE DIAGNOSTICO

DIAGN 40E7

MDLED 412D

KYDSP 4187

SHAFT 41CA

MOTOR 420F

DSOLE 4278

RUTINAS DE PROGRAMACION

PROGR 4280

RUTINAS DE CALIBRACION

CALIB 43F9

COLMO 445A

RUTINAS DE EJECUCION

EJECN 44A0

FORMA 4547

TABLA 4648

SACIO 476B

RUTINAS DE APOYO GENERALES

BINBC 4890

BCDBI 4843

TECLA 4879

TEMPO 485F

DESPLA 48C9

OFDSP 493A

RELED 4948

OFLED 4988

DELED 4995

PILA 49D0

SACA 49F6

TESTA 4A08

UTIL 4A12

SACO 4A32

METEN 4A52

SACON 4A75

METEX 4A7D

APMAS 4A85

PUNTA 4A91

LIMPI 4A9D

XDIEZ 4AA8

DIVI0 4A87

APLES 4AC7

NOPLIE 4AD4

RUTINAS DE APOYO EJECUCION

SOLEN	4B60
ALTUR	4B7E
NSTEP	4C25
GRAY	4C4B
SAKOX	4C70
PACK	4C7E
CHNP	4CA9
DIVI	4CC3
DPACK	4CE5
ESCAL	4D0B
FORFIN	4D30
NX	4D75
SENSA	4DB6

Rutina de Interrupción - Ruptura/cambio de Modo

RUPTU	4E00
-------	------

VIII. CALIBRACION Y MANTENIMIENTO DE LOS SENSORES Y ACTUADORES.

VIII.1 Calibración y mantenimiento del transductor de presión

i) Calibración del transductor de presión: El transductor ha sido calibrado antes de entregar, favor de tratarlo con el mismo cuidado que un instrumento de precisión.

ii) Condiciones ambientales: No use en el medio ambiente corrosivos para anodizar aluminio, o bien atomizadores. Esta unidad no puede ser usada en lugares de alta vibración.

iii) Referencias atmosféricas: Cuando instale no selle el cable eléctrico; el cable eléctrico provee una calibración para la temperatura.

iv) Condiciones eléctricas: El circuito eléctrico es equivalente a un circuito de 4 terminales, el cual podrá ser aterrizado solamente en un punto en cualquiera de los terminales de excitación o en la salida, pero no deben ser comunes. Aterrizadas en más de un punto. El transductor debe operar con el casco conectado al negativo de la terminal de excitación o al negativo de la salida.

La caída del aparato provocará su destrucción o una operación no satisfactoria.

Cables largos provocarán capacitancias que pueden hacer oscilar al aparto.

v) Ajustes: (quite la tapa del transductor para tener acceso a los ajustes).

Ajuste de cero: El procedimiento para el ajuste de cero se muestra en la

la figura VIII.1.

Ajuste de Sensitividad: Puede ser ajustada por el potenciómetro como lo indica la figura VIII.1. Ha sido ajustada en la fábrica de acuerdo con las especificaciones.

Ajuste de Linealidad: NO LO TOQUE. El transductor ha sido ajustado en la fábrica a óptima linealidad. Cualquier ajuste diferente al de la sensibilidad o ajuste de cero hará necesaria una nueva calibración.

Mantenimiento correctivo: En caso de desajuste o caída, referirse a SETRA SYSTEMS INC.

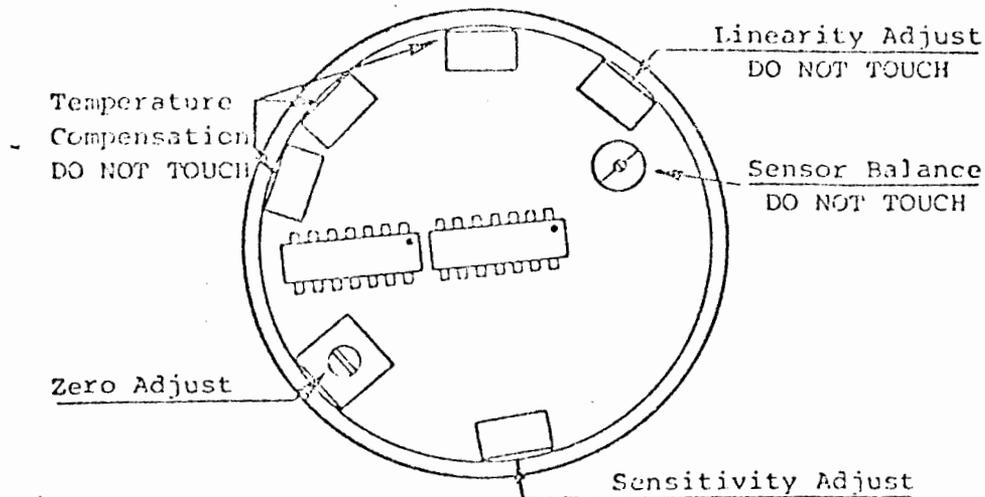


Figura VIII.1 Transductor de presión.

VIII.2 Calibración y mantenimiento del motor de pasos

Generalidades: El motor de pasos es manejado por un drive (Sigma 29A-45,46), este dispositivo convierte cada pulso en un paso del motor dentro de una secuencia propia. El motor de pulsos es marca SIGMA*.

* SIGMA Instruments Inc. Bramtree, Mass. 02185, USA.

Mantenimiento y calibración: Este ya está realizado en la fábrica, deberá tratar de no forzar las especificaciones de torque (ver apéndices).

VIII.3 Calibración y mantenimiento del codificador de posición

Generalidades. Es un codificador óptico de posición absoluta el cual tiene un amplio rango de características de salida y código Gray. La resolución está dada en 8 bits. Marca RENCO [1].

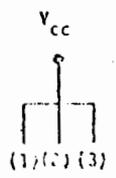
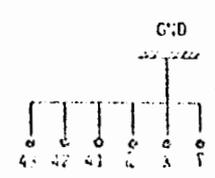
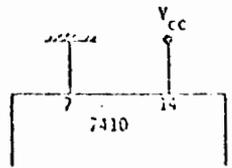
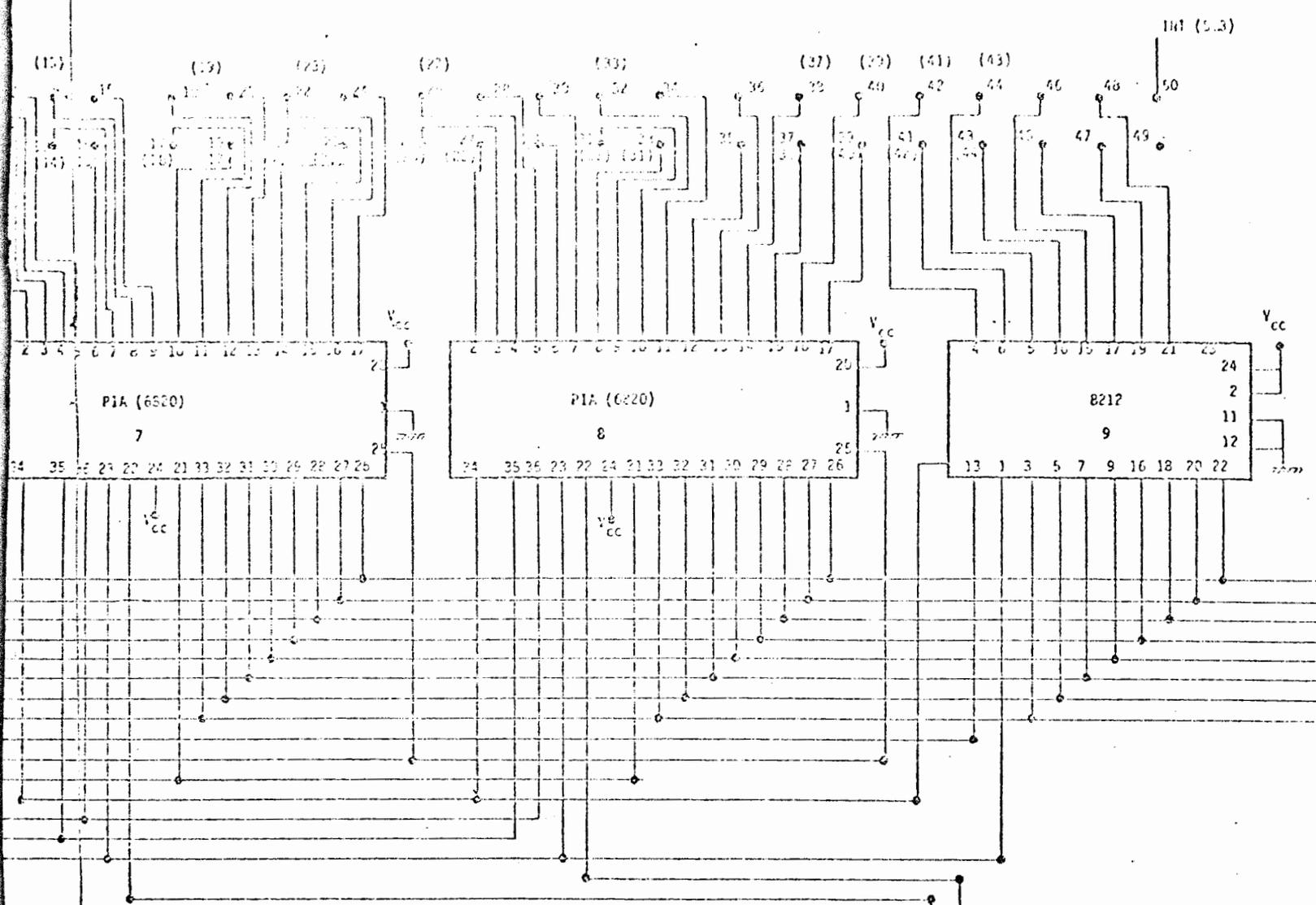
Mantenimiento: Ninguno en particular, pero se deberá tomar en cuenta las condiciones para una operación adecuada:

- | | | |
|-----|--------------------------------|--|
| a.1 | Temperatura de operación: | 0°C a 50°C |
| a.2 | Temperatura de almacenamiento: | -65°C a 95°C |
| a.3 | Humedad: | 98% relativo-no condensado. |
| a.4 | Shock | 50 G's para 11 msec |
| a.5 | Vibración | hasta 2000 Cps a 15G's |
| a.6 | Arena y Polvo | no disminuye el funcionamiento del shaft y el área de esfuerzo está protegida. |

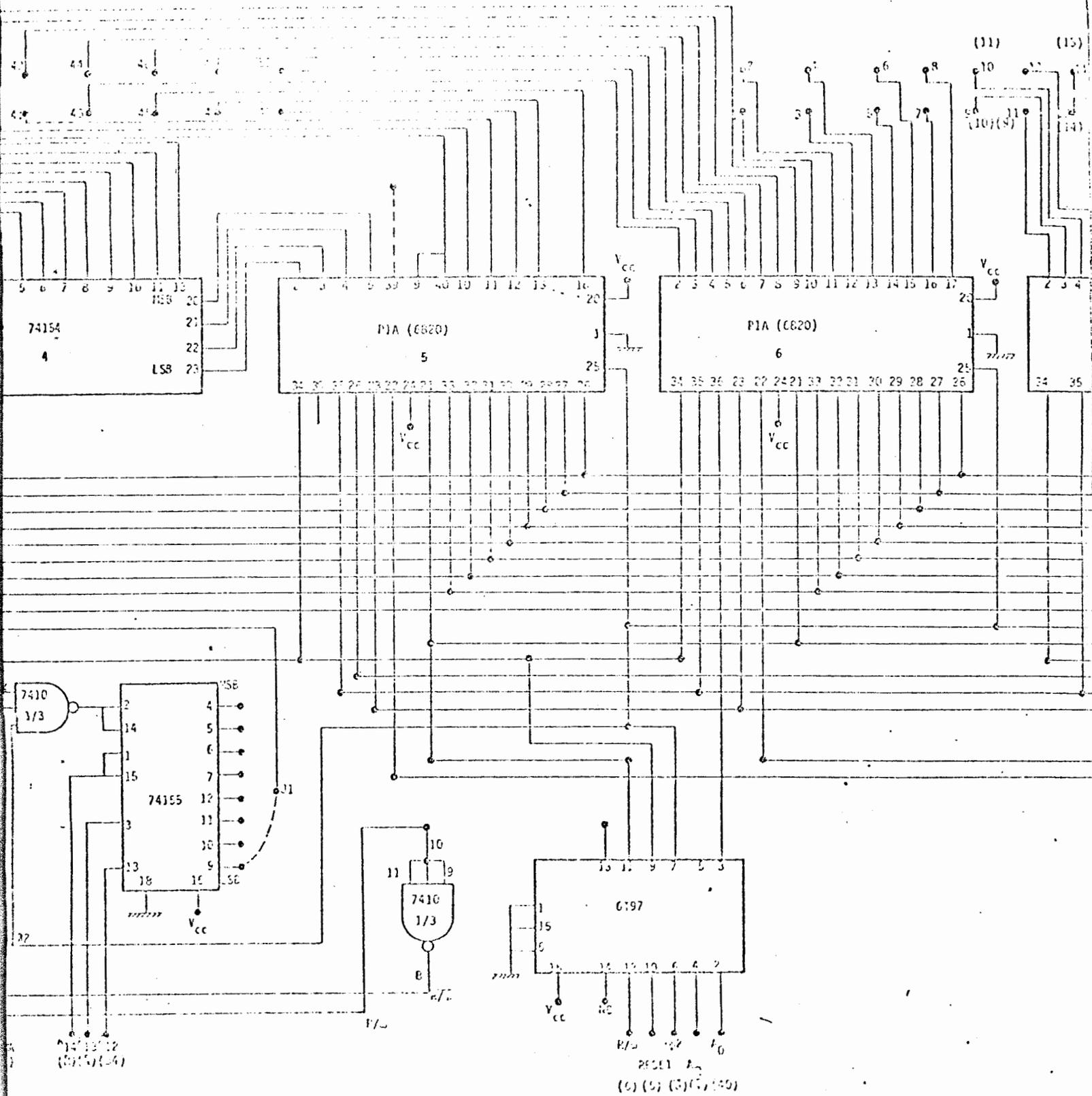
Calibración: Este dispositivo viene calibrado de fábrica.

- i) No golpearlo, en caso contrario, provoca mal funcionamiento o daño.
- ii) No desarmarlo, ya que esto también lo descalibra.

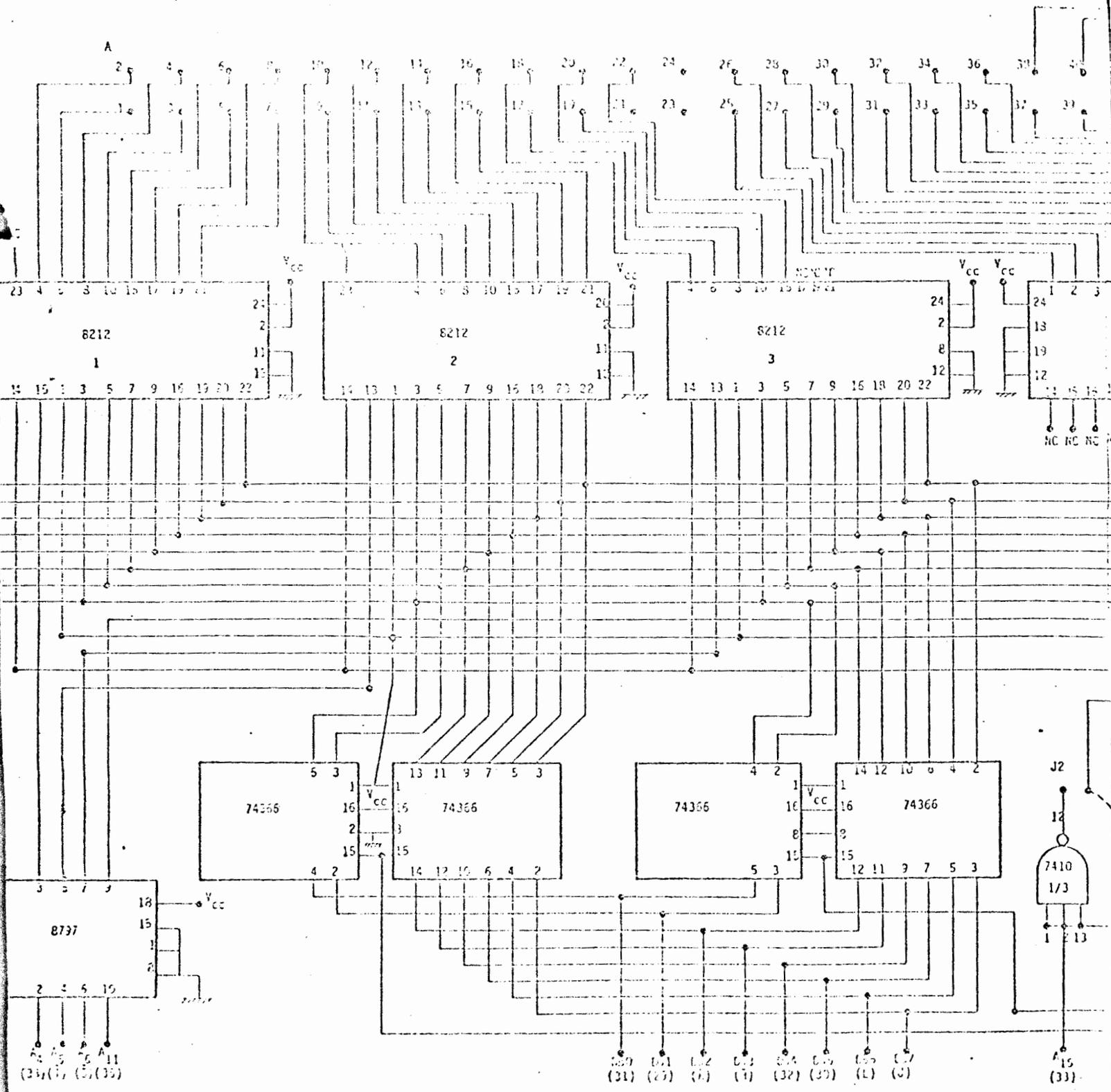
[1] RENCO CORPORATION, Sta. Barbara Research Park, 26 Coromar Drive, P.O. Box 246, Goleta, Calif. 93017, U.S.A.



A₇ A₈ A₉ A₁₀
 (37) (36) (35) (34)



conector de salida J2.



IX.1 Diagrama de conexiones del "mother board" de EXORCISER al circuito de interfaz y de éste a

IX.2 Lista de conexiones para el chasis posterior.

La lista de conexiones para el chasis posterior involucra el conexionado relativo a memoria de núcleos desde el conector de recepción, hasta el conector del módulo de memoria.

Conector de recepción (J _B)	Función	Conector del módulo de memoria
50	A ₁₀	36
49	A ₉	39
48	A ₈	35
47	A ₇	31
46	A ₆	27
45	A ₅	23
44	A ₄	19
43	A ₃	15
42	A ₂	11
41	A ₁	7
40	A ₀	3
39	DIφ	4
38	DI1	8
37	DI2	12
36	DI3	16
35	D03	32
34	D02	28
33	D01	24
32	D0φ	20
31	SOC	43
30	SIC	47

Conector de recepción (J _E)	Función	Conector del módulo de memoria
29	MSL	51
28	MI	44

NOTA: Existe una relación uno a uno entre la asignación al conector de recepción (J_E) y la asignación al conector en la tarjeta de interface. (J₂).

IX.2 Lista de funciones en el peine y conector.

Lista de funciones en el peine y conector.

MÓDULO MEMORIA			NUCLEOS		
Módulo	Función	Conector	Módulo	Función	Conector
L1	Gnd	2	R1	Gnd	1
L2	DI ϕ	4	R2	A ϕ	3
L3	Gnd	6	R3	Gnd	5
L4	D11	8	R4	A1	7
L5	Gnd	10	R5	Gnd	9
L6	DI2	12	R6	A2	11
L7	Gnd	14	R7	Gnd	13
L8	D13	16	R8	A3	15
L9	Gnd	18	R9	Gnd	17
L10	D0 ϕ	20	R10	A4	19
L11	Gnd	22	R11	Gnd	21
L12	D01	24	R12	A5	23
L13	Gnd	26	R13	Gnd	25
L14	D02	28	R14	A6	27
L15	Gnd	30	R15	Gnd	29
L16	D03	32	R16	A7	31
L17	Gnd	34	R17	Gnd	33
L18	A ₁₀	36	R18	A8	35
L19	Gnd	38	R19	Gnd	37
L20		40	R20	A9	39
L21	Gnd	42	R21	Gnd	41

Módulo	Función	Conector	Módulo	Función	Conector
L22	MI	44	R22	SOC	43
L23		46	R23	Gnd	45
L24		48	R24	SIC	47
L25	+5V	50	R25		49
L26		52	R26	MSL	51
L27		54	R27	Gnd	53
L28		56	R28		55
L29	+5V	58	R29	+5V	57
L30	Gnd	60	R30	Gnd	59

NOTAS:

- (1) "L" implica Lado sin componentes del módulo.
- (2) "R" implica Lado con componentes del módulo.
- (3) El conector para el módulo posee 62 patas; 61 y 62 no son empleadas.

F/DEPFI/A-19/1982/EJ.4



717854