

**CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y
EDUCACION SUPERIOR DE ENSENADA**

**MEDIDOR DE OLEAJE
AUTONOMO Y PROGRAMABLE**

**T E S I S
MAESTRIA EN CIENCIAS**

Miguel Angel Pérez Chavarria

Resumen de la tesis que presenta MIGUEL ANGEL PEREZ CHAVARRIA como requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS en FISICA APLICADA, con opción en ELCTRONICA Y TELECOMUNICACIONES. Ensenada, Baja California, México. Julio de 1988.

MEDIDOR DE OLEAJE
AUTONOMO Y PROGRAMABLE

Resumen aprobado por:



M. en C. Jesús Ibarra Villaseñor
Director de Tesis

En este trabajo se presenta el desarrollo de la circuitería y la programación que se realizaron para un instrumento autónomo y programable para medir la variación del nivel de la superficie del mar debido a la presencia del oleaje.

El medidor se basa en el microprocesador CDP1806, el cual controla la ejecución de las tareas de adquisición, almacenamiento y recuperación de datos. Se alimenta con baterías, lo que lo convierte en un instrumento autónomo.

El sistema se compone de seis módulos y un conjunto de subrutinas desarrolladas en lenguaje ensamblador.

Se presentan resultados obtenidos en pruebas del instrumento en el mar, mismos que fueron comparados con datos registrados por un aparato comercial.

**CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA
Y
DE EDUCACION SUPERIOR DE ENSENADA**

DIVISION DE FISICA APLICADA

**DEPARTAMENTO DE ELECTRONICA
Y TELECOMUNICACIONES**

**MEDIDOR DE OLEAJE
AUTONOMO Y PROGRAMABLE**

TESIS

Que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestro en Ciencias presenta:

MIGUEL ANGEL PEREZ CHAVARRIA

Ensenada, Baja California, México.

Julio de 1988

TESIS APROBADA PARA SU DEFENSA POR:

J. Ibarra

M.C. José de Jesús Ibarra Villaseñor, Director del Comité

[Signature]

Dr. Enrique Mitrani Abenchuchan, Miembro del Comité

[Signature]

M.C. Moisés Castro Delgado, Miembro del Comité

[Signature]

M.C. Carlos Gerardo López Hernández, Miembro del Comité

[Signature]

M.C. Salvador Farreras Sanz, Miembro del Comité

[Signature]

Dr. Arturo Serrano Santoyo, Jefe del Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones

[Signature]

Dr. Martín Luis Celaya Barragán, Director de la División de Física Aplicada

C-Nava B.

M.C. Cuauhtémoc Nava Button, Director Académico

Tesis presentada en Julio 05, 1988

a mis padres

a mis hermanos

a mi amigo

Agradezco en forma especial a Enrique Mitrani A., Jesús Ibarra V., Raúl Rico M. y Lino Wong C., sus valiosas aportaciones para la realización del presente trabajo.

Asimismo deseo agradecer a Raúl Moreno y Sergio Larios C. por su desinteresada colaboración en los detalles técnicos del mismo.

Los estudios del autor durante su estancia en el CICESE fueron financiados por el CoNaCyT.

La etapa final de este proyecto se desarrolló en el Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la UABC.

CONTENIDO

	Página
I INTRODUCCION	1
I.1 Introducción general	1
I.2 Antecedentes	1
I.3 Estructuración	2
II DESCRIPCION DEL INSTRUMENTO	3
II.1 Introducción	3
II.2 Características mínimas	3
II.3 Circuitería	4
II.4 Principio de operación	6
II.5 Programación	6
II.6 Características	9
II.7 Especificaciones	9
III ADQUISICION DE LAS SEÑALES	11
III.1 Introducción	11
III.2 Presión y temperatura	11
III.2.1 Presión	11
III.2.2 Temperatura	12
III.3 Conversión analógico-digital	18
III.3.1 Descripción general	18
III.3.2 Operación	18
IV PROCESAMIENTO Y DISTRIBUCION DE LAS SEÑALES	21
IV.1 Introducción	21
IV.2 El sistema inteligente	21
IV.2.1 Descripción general	21
IV.2.2 Operación	22
IV.3 Memoria masiva	24
IV.3.1 Descripción general	24
IV.3.2 Operación	25
V PROGRAMACION	27
V.1 Introducción	27
V.2 Programación del instrumento	27

CONTENIDO (Continuación)

V.3 Proceso de adquisición	30
V.4 Recuperación de datos	31
VI RESULTADOS Y CONCLUSIONES	35
VI.1 Resultados	35
VI.2 Conclusiones	37
LITERATURA CITADA	41
Apéndice A: Diagramas electrónicos	
Apéndice B: Distribución de las señales de los ductos D1, D2, D3 y D4. Fotografía del MOle	

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Diagrama a cuadros del medidor de oleaje	5
2	Programa de control del medidor de oleaje	8
3	Diagrama a cuadros del circuito que acondiciona la señal de presión	13
4	Comparación entre los valores de presión medidos por los transductores Digiquartz y Kulite	14
5	Diagrama a cuadros del circuito que acondiciona la señal de temperatura	16
6	Comparación entre las mediciones de temperatura de los termómetros THP y el del MOle	17
7	Diagrama a cuadros del sistema de conversión analógico/digital	19
8	Diagrama a cuadros de la microcomputadora	23
9	Diagrama de flujo del proceso de programación	28
10	Diagrama de flujo del proceso de adquisición	32
11	Diagrama de flujo del proceso de recuperación de datos	33
12	Orden en que están escritos los datos en la memoria masiva	34
13	Comparación entre las series de tiempo registradas por el MOle y el SD	36
14	Resultados del análisis estadístico y espectral de los datos registrados por el MOle el 16 de febrero a las 18:00 Hrs.	39
15	Resultados del análisis estadístico y espectral de los datos registrados por el SD el 16 de febrero a las 18:00 Hrs.	40

MEDIDOR DE OLEAJE AUTONOMO Y PROGRAMABLE

I INTRODUCCION

I.1 INTRODUCCION GENERAL

La necesidad de construir un instrumento que midiera la variación del nivel de la superficie del mar debido a la presencia del oleaje, surgió en el departamento de Oceanografía Física del Instituto de Investigaciones Oceanológicas (I. I. O.) de la Universidad Autónoma de Baja California (U. A. B. C.), dada la importancia que este variable tiene en la investigación oceanológica y que, entre otras, radica en que la energía que transporta el oleaje, afecta en forma directa cualquier diseño ingenieril que se realice ya sea en la costa o en mar adentro.

Hasta ahora, dichos medidores son adquiridos en el mercado extranjero, debido a que no se fabrican en el país. Es por esto, que la Sección de Electrónica del I. I. O. se avocó a la tarea de crear un prototipo de dicho aparato.

El objetivo del trabajo que ahora se presenta, fue diseñar y construir el prototipo de un medidor de oleaje autónomo y programable.

I.2 ANTECEDENTES

Este diseño se inició con el desarrollo de dos tesis de maestría en el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE), un medidor de rapidez y dirección de corrientes marinas y un medidor de conductividad, presión y temperatura (CPT). Ambas se desarrollaron en forma paralela, con el propósito de obtener una serie de módulos que se pudieran compartir optimizando de esta forma el material disponible. Sin embargo ninguno de los dos trabajos se concluyó en forma total, ya que no fue posible adquirir los transductores adecuados. El primero se terminó como un instrumento para la adquisición automática de datos de campo (Wong. 1986) y el segundo se concluye como un Medidor de Oleaje (MOle), autónomo y programable, objetivo del presente trabajo de tesis.

Aunque generalmente la medición de la amplitud del oleaje no está asociada a la de la temperatura, este trabajo incluye lo que se desarrolló para la adquisición de esta última variable, cuando los objetivos aún eran diseñar un CPT. Actualmente el MOle tiene la capacidad de adquirir la temperatura marina, en caso de que algún experimento así lo requiera.

I.3 ESTRUCTURACION

La presentación del trabajo se ha estructurado en la siguiente forma:

En el capítulo II se amplían los antecedentes dados en este capítulo, se dan las especificaciones mínimas esperadas del MOle, se describen en forma general la circuitería la programación y las características y especificaciones del medidor de oleaje. El capítulo III da los principios de funcionamiento de los transductores de presión y temperatura, la descripción del módulo de acondicionamiento de las mismas señales y los detalles del módulo de conversión analógico/digital. El capítulo IV se encarga de describir la microcomputadora y el módulo de memoria masiva. La programación de control del instrumento, se explica en el capítulo V. El capítulo VI discute los resultados y conclusiones. En el apéndice A se muestran los diagramas electrónicos. En el apéndice B se da la distribución de las señales de los ductos y una fotografía del MOle. El listado completo del programa de control, se incluye en un tomo aparte.

II DESCRIPCION DEL INSTRUMENTO

II.1 INTRODUCCION

A continuación se detallan mas ampliamente los antecedentes del MOle, y se dan las especificaciones mínimas esperadas del mismo. Posteriormente se describen en forma general la circuitería, el principio de operación y la programación del medidor de oleaje, continuando después con las características y especificaciones actuales de éste.

II.2 CARACTERISTICAS MINIMAS

El medidor de oleaje que se presenta, tuvo su origen en un sistema de adquisición generalizado, en cuya realización participaron Rico, Wong, Mitrani y Pérez-Ch. (Wong, 1986). Sistema al que se le pueden acoplar hasta cuatro transductores, con sus respectivos circuitos de acondicionamiento de señal. Actualmente cuenta con los siguientes módulos:

Conductividad; Este módulo es una versión del de Castro (1980), que se adaptó a este sistema generalizado.

Dirección; Brújula de estado solido desarrollada en base a sensores de efecto Hall (Rico, Wong, Mitrani, 1983).

Presión y Temperatura; La adquisición de la señal de presión, es la que permite a este sistema, comportarse como un medidor de oleaje.

Las exigenciasas generales mínimas deseadas para este sistema de adquisición generalizado, además de las especificadas para el módulo de acondicionamiento de las señales de presión y temperatura para el MOle fueron:

- Almacenamiento de datos en memoria de estado sólido.
- Bajo consumo de potencia.
- Programable.
- Modular.
- Autónomo.
- Capacidad de funcionamiento dentro de los siguientes alcances con las exactitudes y resoluciones que se especifica:

VARIABLE	ALCANCE	EXACTITUD	RESOLUCION
Profundidad	0 a 50m	$\pm 0.1\text{m}$	$\pm 0.05\text{m}$
Temperatura	0 a 40°C	$\pm 0.15^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$

II.3 CIRCUITERIA

El instrumento es básicamente un sistema de adquisición que se conforma con seis módulos interconectados entre si por medio de tres ductos. Dichos módulos se describen a continuación (ver figura 1).

Fuente de alimentación

Fuente conmutada que a partir de una batería recargable de 12V 5AH, genera todas las tensiones necesarias del sistema: 5V para la circuitería digital, (5V) de voltaje auxiliar (Vaux) que alimenta a la circuitería que no se apaga durante el funcionamiento del instrumento, 12V, voltaje requerido por la circuitería analógica y 21V, voltaje de programación (Vpp) de las memorias de lectura exclusiva.

Comunicación con el usuario

Módulo que a través de un puerto serie RS 232, nos permite programar el instrumento mediante una terminal cualquiera

Microcomputadora

Sistema basado en el microprocesador CDP1806C con 8Koctetos de memoria de lectura exclusiva, 16Koctetos de memoria de lectura/escritura, circuitería de descifrado, un puerto de entrada/salida de 4 bits y un reloj de tiempo real.

Memoria Masiva

Módulo en el que se almacenan en forma permanente, los datos adquiridos durante un experimento de medición en memorias de lectura exclusiva. Dicho módulo se controla a través de un puerto de entrada/salida y tiene una capacidad máxima de almacenamiento de 128 Koctetos.

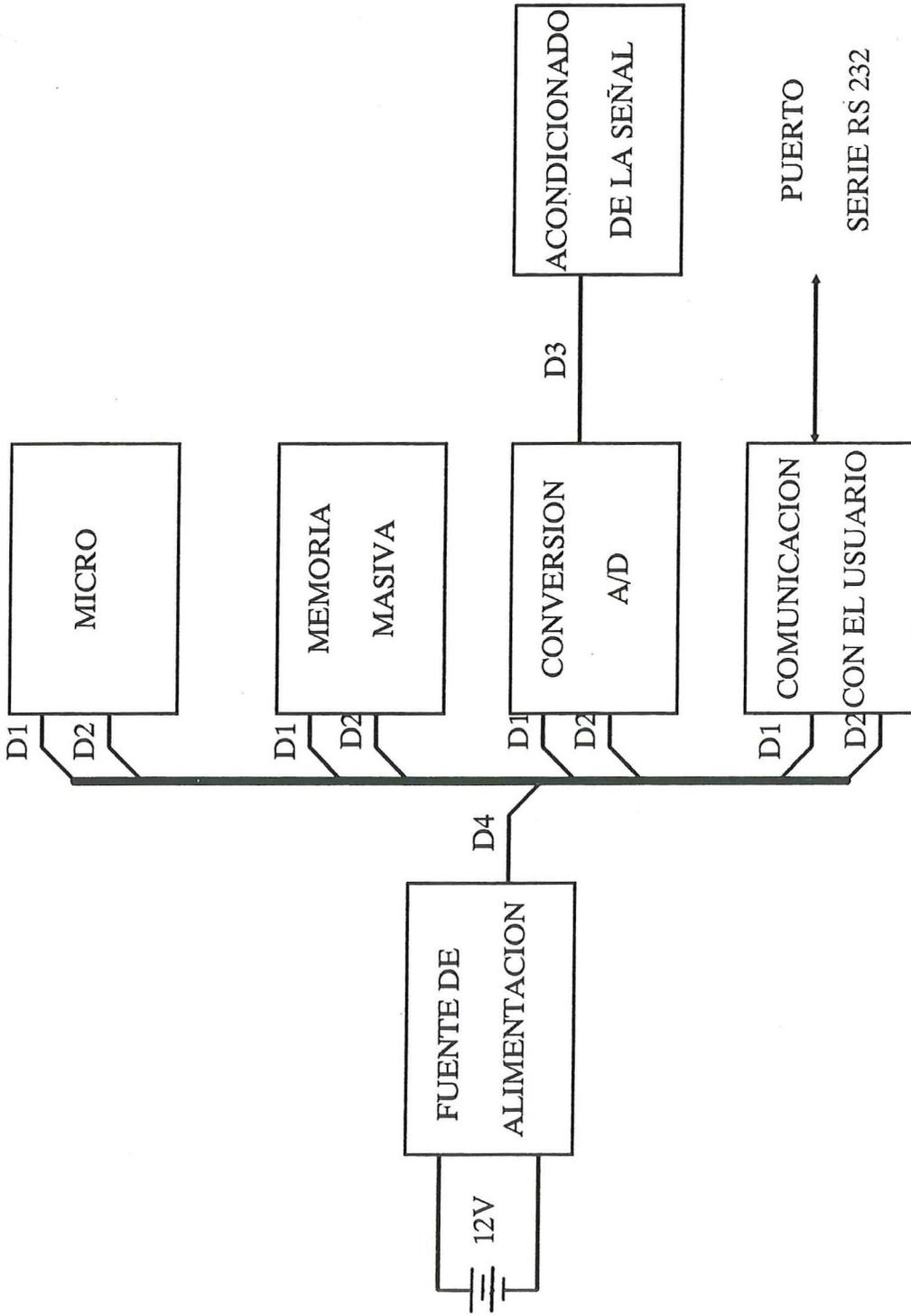


figura 1 Diagrama a cuadros de medidor de oleaje

Módulo de conversión analógico/digital

Módulo que se encarga de adquirir las señales analógicas, convertirlas a digital y enviarlas a la microcomputadora. Contiene un multicanalizador de 4 entradas analógicas en forma diferencial, un puerto de entrada/salida de 8 bits y un convertidor analógico/digital de 12 bits más signo.

Módulo de acondicionamiento de la señal

Módulo en el que se dan las ganancias y escalamientos a las señales de presión y temperatura.

II.4 PRINCIPIO DE OPERACION

La interconexión de los módulos anteriormente descritos, que en su conjunto conforman el medidor de oleaje, se muestra en el diagrama a cuadros de la figura 1. En ella se observa que el medidor es un sistema de adquisición típico. La energía de todo el instrumento la proporciona una batería recargable de 12 V, que alimenta directamente una fuente conmutada capaz de generar todas las tensiones que requiere el MOle. El sistema, a grandes rasgos, funciona como sigue: las fluctuaciones de presión producidas por el oleaje son sensadas por un transductor de presión, el cual convierte estas variaciones de presión en variaciones de tensión, su salida se conecta al módulo de acondicionamiento, en donde se amplifica y escala para dar los niveles requeridos por el convertidor analógico-digital. Una vez que la señal tiene los niveles adecuados, pasa al módulo de conversión A/D, en donde se encuentra un selector de cuatro canales, de los cuales el MOle usa solo dos, el canal 0 (C0) para la señal de presión y el canal 1 (C1) para la de temperatura. En seguida pasa a un circuito de muestreo y retención para luego pasar al convertidor A/D. Todo este proceso es controlado por la microcomputadora mediante un programa de control, escrito en lenguaje ensamblador. Después de que la señal se digitaliza, existen dos opciones, guardar la información adquirida en el módulo de memoria masiva o mostrarla en un monitor, enviándola mediante el módulo de comunicación con el usuario, a través de un puerto serie RS 232. Este último módulo también se usa para recuperar la información que se almacena en la memoria masiva.

II.5 PROGRAMACION

Las tareas básicas que realiza el programa de control son las de configuración del instrumento, adquisición, conversión, almacenamiento y recuperación de datos. La tarea

de configuración del medidor, se ejecuta mediante una terminal a través de un puerto serie RS 232 haciendo uso de los siguientes mandos:

AM	Adquiere y almacena en memoria masiva
AP	Adquiere y despliega en pantalla
AS	Asigna subrutina a canal analógico
FE	Despliega fecha y hora
FI	Programa fecha de inicio de adquisición
FR	Despliega formato de programación
LE	Lee la memoria masiva
PA	Programa intervalo entre ráfagas y número de las mismas
PF	Programa fecha y hora
PI	Programa intervalo entre muestras
PR	Programa número de muestras por ráfaga

Cada uno de los mandos anteriores con sus respectivos argumentos se explican con más detalle en el capítulo de programación (V).

En la figura 2 se muestra un diagrama de flujo que presenta las tareas que realiza el programa de control. A continuación se da una descripción general de dicho programa.

Después de que el instrumento ha sido programado, se desenergiza y espera en reposo hasta que el microprocesador recibe una interrupción del temporizador, que le indica que debe iniciar la adquisición. Dependiendo del modo de adquisición que se le haya programado (AM o AP) almacenará los datos adquiridos en forma temporal en memoria de lectura/escritura o los desplegará en pantalla. Cuando termina una ráfaga completa (entendiéndose por ráfaga un grupo de muestreos con un intervalo de muestreo constante), si se encuentra en el modo "AM", almacena la información en forma permanente en la memoria masiva, desenergiza el medidor y espera por la siguiente interrupción. Si se encuentra en el modo "AP" no almacena los datos sino que los muestra en pantalla, desenergiza el sistema y espera la siguiente interrupción. Lo anterior se repite una y otra vez, hasta que el número de ráfagas programado por el usuario es cero, cuando esto sucede, si se encuentra en el modo "AM" almacena la última ráfaga de datos, el formato y la fecha y hora de la última adquisición y desenergiza el aparato incluyendo el reloj. En el modo "AP" despliega el formato y regresa el control al usuario.

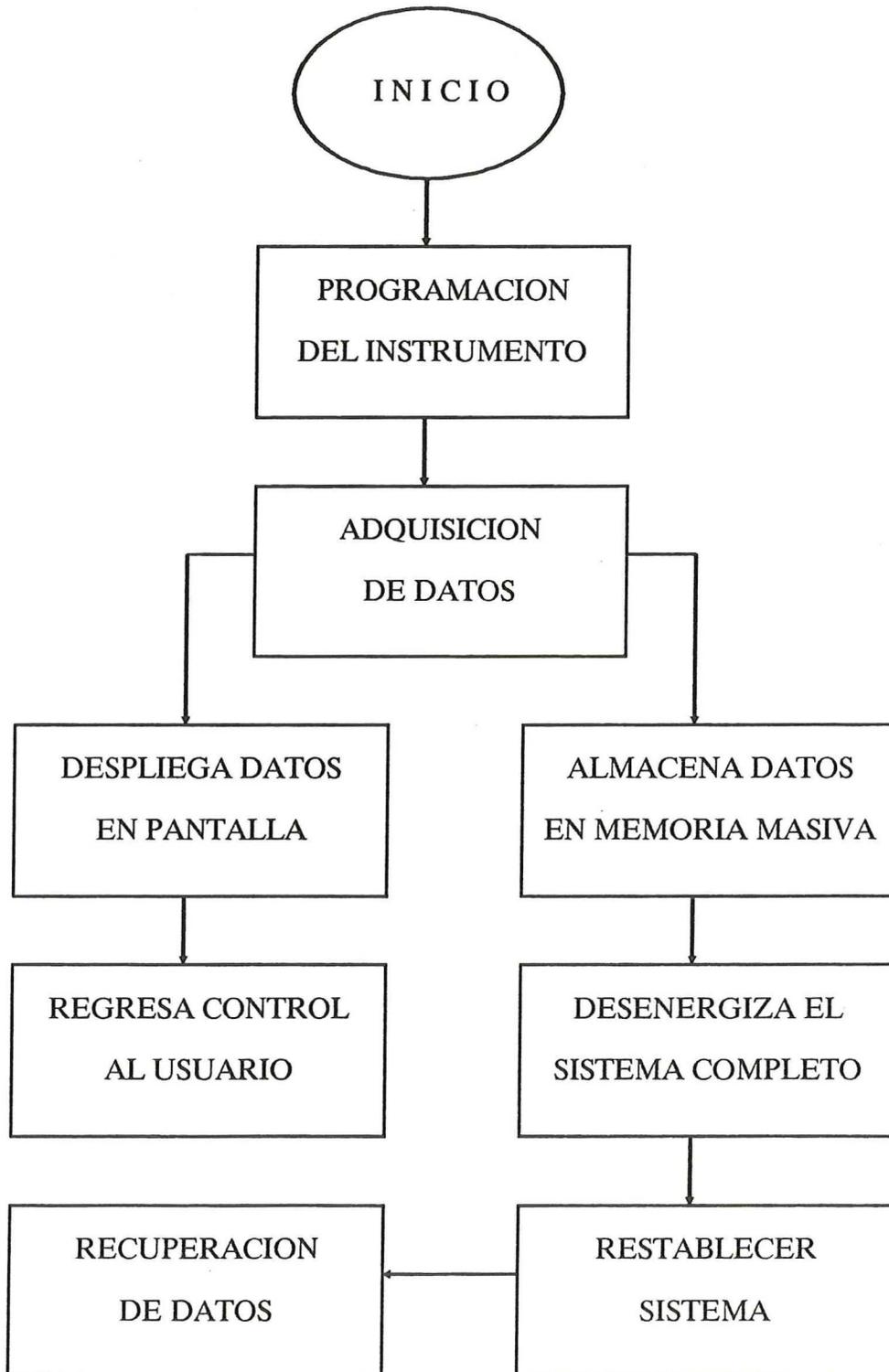


figura 2 Programa de control del medidor de oleaje

II.6 CARACTERISTICAS

Entre las características y especificaciones más relevantes se pueden enumerar las siguientes:

- Totalmente programable
- Autónomo
- Energizado con solo una batería de 12V 5AH
- Almacenamiento de datos en memorias de estado sólido (EPROMS)
- Comunicación externa a través de un puerto serie RS 232
- Basado en microprocesador
- Capacidad de entrada de 4 canales analógicos en diferencial

II.7 ESPECIFICACIONES

Presión

Sensor	BM-1000 Kulite Semiconductors
Alcance	0 - 100 PSIA
Sensibilidad	1.035 mV/PSI
Salida a escala completa (EC)	0 - 100 mV (± 2 mV)
Exactitud	0.35% a EC
Excitación	12 V C.D.
Resolución	Infinita

Temperatura

Sensor	44202 YSI
Alcance	-5°C a 45°C
Exactitud	$\pm 0.15^{\circ}\text{C}$

Convertidor Analógico/Digital

Dispositivo	AD7552 CMOS
Resolución	12 bits más signo
Exactitud	± 1 cuenta
T. de conversión	160 ms

Almacenamiento de datos

Medio	Memorias de estado sólido
Capacidad máxima	128 Koctetos

Selección de canales

Dispositivo	CD4052B CMOS
Número de canales	4

Programación

No. de ráfagas	Programable de 1 a 65,535
No. de muestreos	Programable de 1 a 65,535
Int. de muestreo	Programable de 0 a 64 min. en incrementos de 1/4s
Int. entre ráfagas	Programable de 0 a 24 H en incrementos de 1s

Energía

Medio	Batería recargable de 12 V 5 AH
-------	---------------------------------

Consumo

Modo de:	Tip(mA)	Max(mA)
Configuración	62	64
AP	62	64
AM	33	35
Escritura de datos	88	92
Reposo	.6	.8

III ADQUISICION DE LAS SEÑALES

III.1 INTRODUCCION

En este capítulo se darán los principios bajo los cuales funcionan los transductores de presión y temperatura, así como el funcionamiento respectivo de los circuitos electrónicos que adquieren las señales y por último, se describe el sistema de Conversión Analógico-Digital que se utiliza para enviar las señales al procesador.

III.2 PRESION Y TEMPERATURA

III.2.1 PRESION

La información de oleaje necesaria en la planeación de cualquier tipo de estructura costera u oceánica, se puede obtener a través de diferentes métodos, entre los cuales se pueden mencionar los acelerómetros montados en boyas flotantes, las ecosondas invertidas, la fotografía aérea, los sensores de presión, etc. Hasta ahora el más usado por su bajo costo y sencillez ha sido el que se basa en los sensores de presión, el cual consiste en medir las variaciones de la elevación de la superficie del mar, mediante las fluctuaciones de presión ocasionadas por las mismas perturbaciones.

La profundidad a la que se puede sumergir un sensor de presión y seguir midiendo las variaciones de presión de la superficie, ocasionadas por el oleaje, depende de la longitud de onda de la ola (Martínez, Nava. 1988). Entre los transductores de presión mas comunes se encuentran los transductores elásticos, los cuales miden la deformación de materiales elásticos bajo la acción de una fuerza de presión, tales transductores son de volumen pequeño, tienen buena resolución, bajo consumo de potencia, sin embargo, como es propio de cualquier resorte, presentan problemas de histéresis y sensibilidad a la temperatura. Estos transductores, utilizan en su gran mayoría, sensores tales como tubos de Bourdon o diafragmas de Bellous, debido a la gran deflexión que son capaces de sentir estos elementos. La forma en que posteriormente, esta deformación física se traduce en energía eléctrica, varía de acuerdo al fabricante.

El transductor que se usa en el aparato, pertenece al tipo de transductores elásticos. La elección del mismo fué un tanto forzada, debido a que ya existía en el CICESE. Sin embargo las características que éste presenta, llenan satisfactoriamente los requisitos que el aparato demanda (Aunque si se desea una mayor precisión en las mediciones, se deberá elegir otro transductor con mejores características). Dicho transductor tiene un alcance de medición de 0 a 50 psia, una resolución infinita y una sensibilidad de 1.03 mV/psia. La salida en su alcance de 0 a 50 psia, es de 0 a 100 mV CD. Como el alcance total del

convertidor analógico-digital se fijó en ± 4.8 V, hubo necesidad de amplificar y desplazar la señal de salida del transductor. Un diagrama a cuadros del circuito que acondiciona dicha señal se muestra en la figura 3.

En dicha figura se puede notar la presencia de una referencia de tensión, la cual es necesaria, debido a que pequeñas variaciones (del orden de 100 mV) en el voltaje de alimentación, causan variaciones significativas en el nivel de salida para una misma excitación.

Se observa también, que esta figura consta básicamente de tres etapas, la primera (E1) es una etapa preamplificadora con una impedancia de entrada muy alta $10^6 \Omega$ y una ganancia de 10. La siguiente etapa (E2) tiene varias funciones, es una configuración sumadora que nos desplaza la señal, nos amplifica con una ganancia diferente cada señal y nos resta el desbalance. La etapa final sólo nos da la amplificación necesaria ($G = 1.92$) para alcanzar los niveles de tensión requeridos por el convertidor analógico-digital (± 4.8 V).

Finalmente se hicieron pruebas usando como referencia un transductor de presión (DIGIQUARTZ PRESSURE TRANSDUCER, MODEL: 4060 DEPTH SENSOR), cuya exactitud es de 0.025cm. Ambos transductores fueron alimentados con la misma presión (aire) y del transductor de referencia se obtenía la presión a la que se estaba sometiendo el transductor bajo prueba. En base a estas pruebas, se pudo observar que en un alcance de 30m el sistema tuvo un comportamiento adecuado lo cual se puede observar en la figura 4.

En base a lo anterior, se presume que las características finales del sistema son:

Exactitud	± 15 cm.
Resolución	10cm.

III.2.2 TEMPERATURA

La adquisición de la señal de temperatura, fué también bastante sencilla. Para ello, inicialmente se seleccionó el sensor a usar. Entre los más comunes podemos encontrar, los termopares y los termistores. Los primeros se basan en el principio de que el número de electrones libres en un metal, depende de su temperatura y su composición. Así, dos piezas de metal diferente en contacto isotérmico, presentan una diferencia de potencial, que es una función reproducible de la temperatura (efecto termoeléctrico).

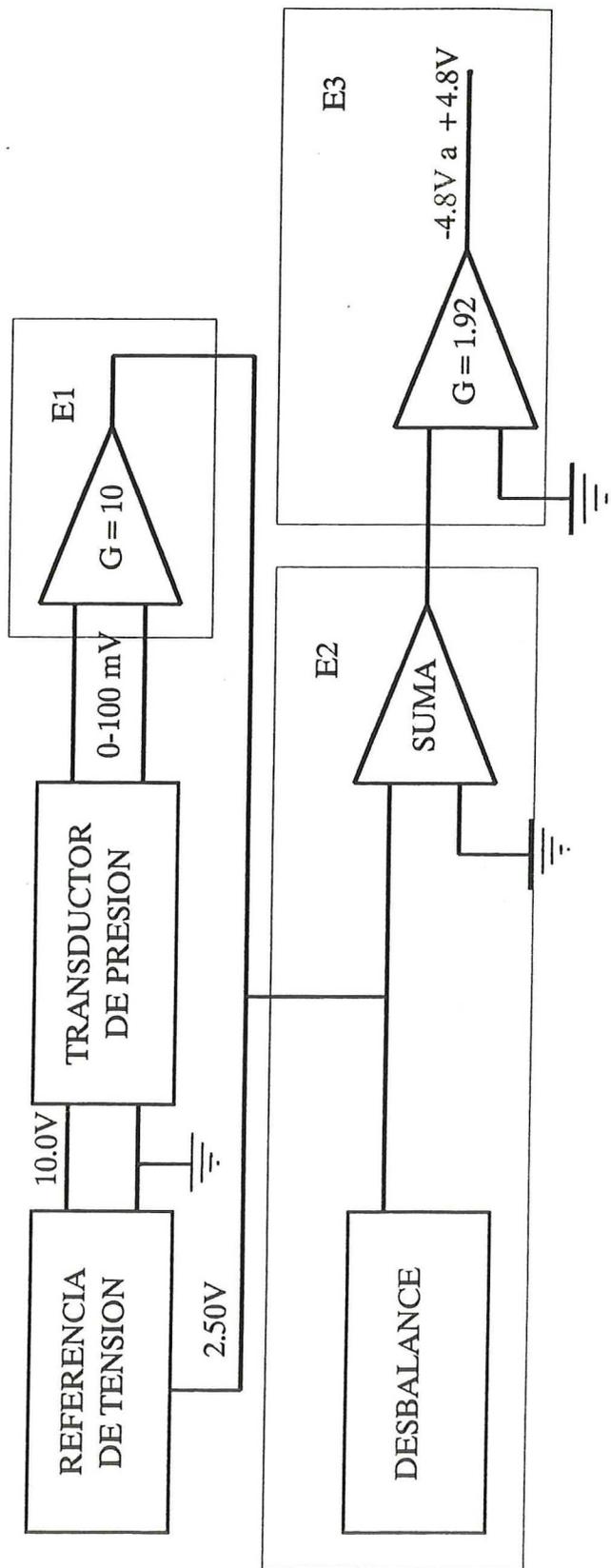


figura 3 Diagrama a cuadros del circuito que acondiciona la señal de presión

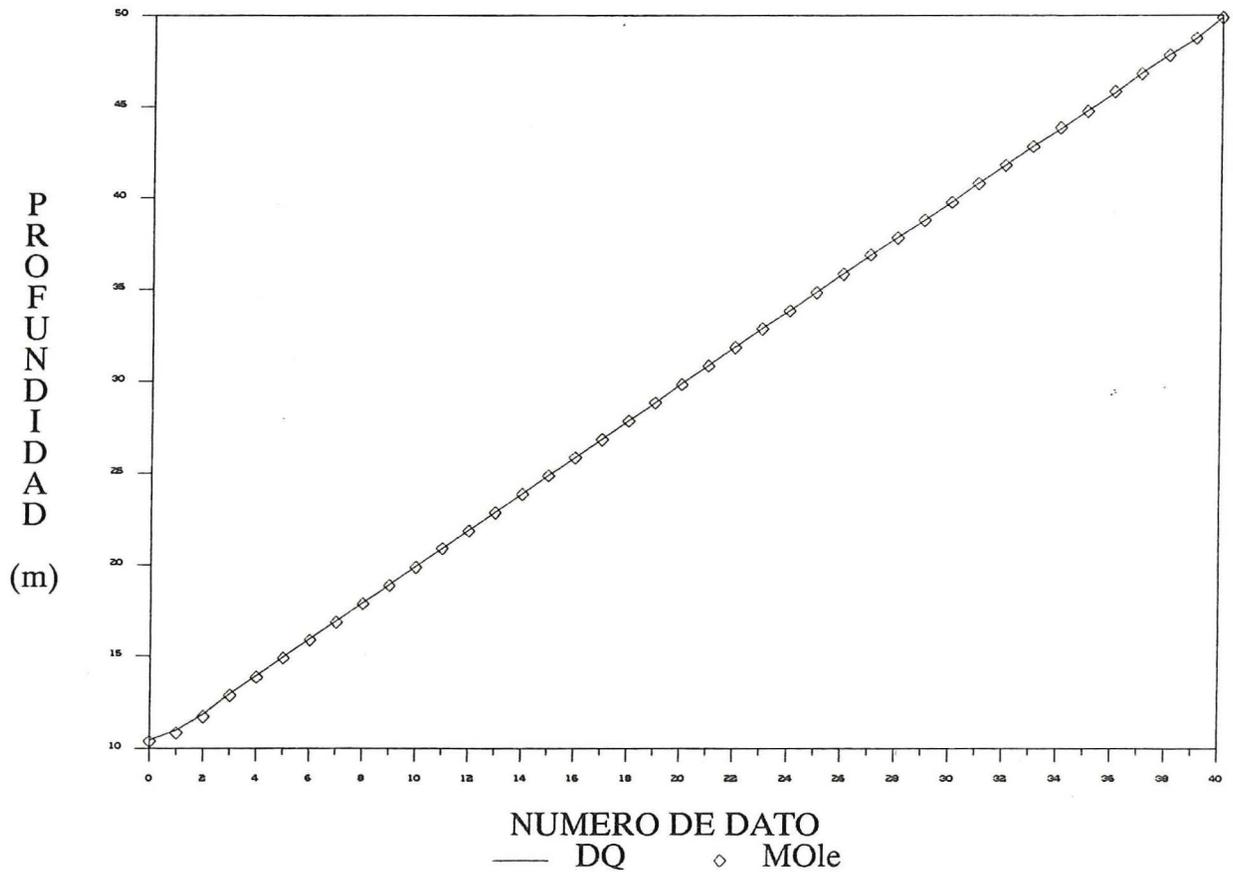


figura 4 Comparación entre los valores de presión medidos por los transductores Digiquartz y el Kulite

La desventaja de estos sensores, es que cada unión de dos metales diferentes, constituirá un termopar, por lo tanto, las mediciones con dichos dispositivos deben ser tales que minimizen la contribución no deseada por termopares incidentales indeseables.

Los termistores son sensores formados de material sólido semiconductor caracterizado por un alto coeficiente de resistividad negativa. A cualquier temperatura un termistor actúa como un resistor, si la temperatura cambia debido a disposiciones internas o debido a cambios en la temperatura ambiente, la resistencia cambia como una función exponencial de la temperatura. Las características de dicho sensor: sensibilidad, tiempo de respuesta precisión etc., son adecuadas para este instrumento. La temperatura se manifiesta mediante un cambio en la resistencia, mismo que generalmente se mide a través de un circuito puente.

Finalmente se decidió usar el termistor YSI 44202 por que sus características permitían que se satisficieran los requerimientos del termómetro que se especifican en el capítulo II. Además, este termistor incluye en un mismo dispositivo, dos termistores y provee un par de resistores fijos para obtener con esto, una respuesta lineal, ya sea como un divisor de tensión o como un dispositivo de dos terminales, dando recorrimientos lineales de resistencia proporcionales a la temperatura

En la figura 5 se muestra el diagrama a cuadros del circuito que acondiciona la señal de temperatura. Dicho circuito consta básicamente de tres etapas, en la primera se encuentra el puente que permite la conversión de temperatura a diferencia de potencial del termistor, ya que uno de los brazos del mismo, es precisamente el sensor. La segunda etapa amplifica la señal para alcanzar el nivel requerido por el convertidor analógico/digital y finalmente, el circuito tiene una tercer etapa que elimina el desbalnce. A este sistema se le hicieron pruebas de temperatura llevándolo desde los 0⁰C hasta los 40⁰C, sin que éste perdiera su estabilidad.

Se hicieron pruebas de exactitud haciendo uso de un termómetro digital HP MOD. 28044 cuya exactitud (previa calibración) es de 0.04⁰C y con una resolución de 0.001⁰C. El experimento consistió en someter ambas sondas, la del sistema bajo prueba (SPB) y la del termómetro HP (THP) a la misma temperatura e ir variándola lentamente, comparando las respuestas. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 6.

Las características finales del termómetro fueron:

Exactitud	$\pm 0.10^{\circ}\text{C}$
Resolución	0.10°C

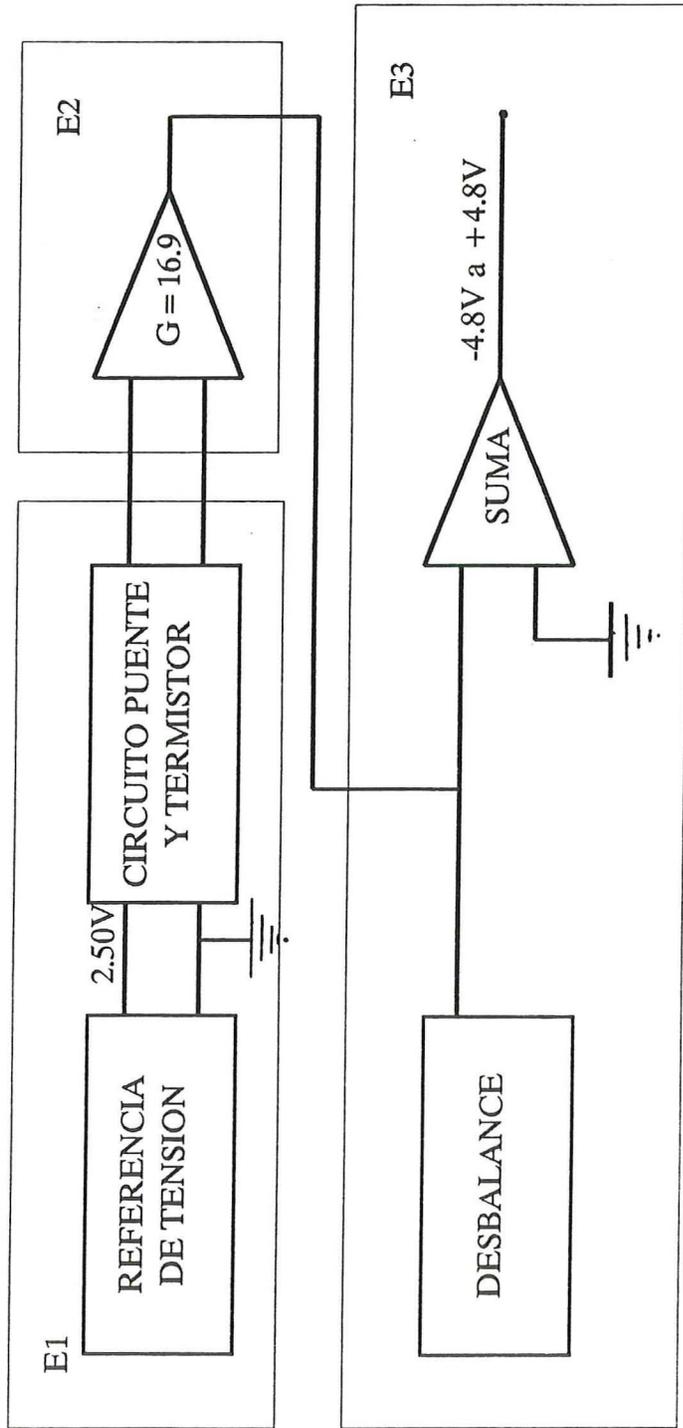


figura 5 Diagrama a cuadros del circuito que acondiciona la señal de temperatura

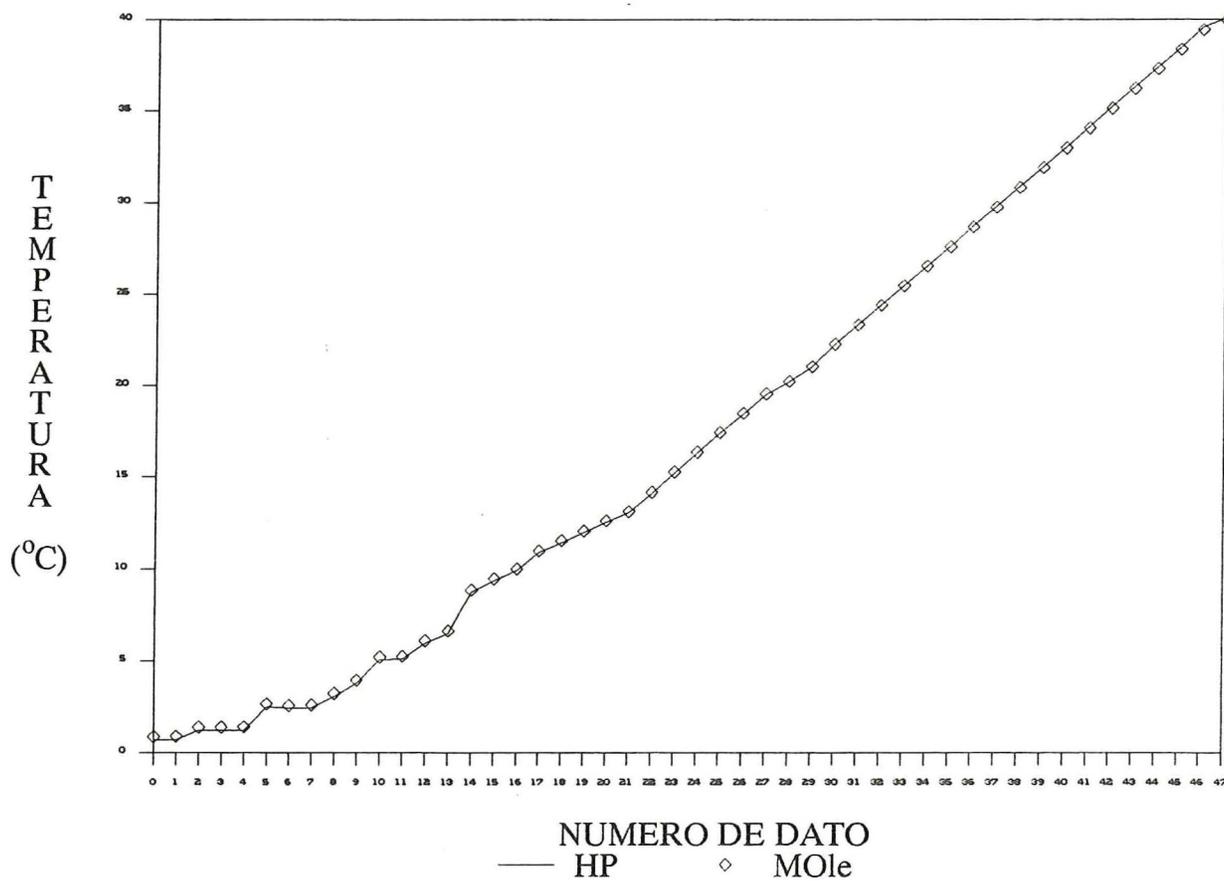


figura 6 Comparación entre las mediciones de temperatura de los termómetros THP y el del MOle

III.3 CONVERSION ANALOGICO-DIGITAL

III.3.1 DESCRIPCION GENERAL

Entre los convertidores A/D más populares, se encuentran los que funcionan por aproximaciones sucesivas y los que funcionan por integración (de pendiente doble o cuádruple) y dependiendo de la aplicación, en base a las características de estas aproximaciones, se selecciona el más adecuado.

El convertidor A/D que se usa en el MOle es el AD7552, convertidor CMOS de 13 bits de resolución el cual usa la técnica de integración (cuatro pendientes) y tiene una exactitud de ± 1 bit. Este se seleccionó por su bajo consumo de potencia, su gran exactitud, y su bajo costo, características que en conjunto no se encontraron en ningún otro convertidor en el mercado en ese momento.

La tarjeta de conversión analógico-digital consta de:

- Un convertidor analógico-digital.
- Un selector de cuatro canales con entradas diferenciales, dos entradas de control A y B y una entrada habilitadora. Las señales en las entradas de control seleccionan uno de los cuatro pares de canales, de éstos, actualmente sólo se usa un par.
- Un circuito de muestreo y retención, el cual es capaz de adquirir señales de 24V en entrada diferencial (máximo) en un tiempo de $5\mu\text{s}$ figura 4 Diagrama a cuadros del circuito que acondiciona la señal de temperatura
- Circuitería de control consistente en cuatro registros de cuatro bits cada uno y con sus entradas y salidas habilitadoras.

Un diagrama a cuadros de este sistema se muestra en la figura 7.

III.3.2 OPERACION

A esta tarjeta de conversión A/D, se accede a través de 3 ductos de 26 líneas cada uno, mediante las cuales se reciben las diferentes alimentaciones, las señales analógicas, el ducto de datos del microprocesador y algunas señales de control del mismo.

La secuencia ordinaria que se sigue para una conversión analógico-digital, se inicia una vez que el procesador envía una señal a una de las tarjetas analógicas para que empiece su adquisición. Cuando ésta termina, la señal analógica pasa a la tarjeta de conversión A/D.

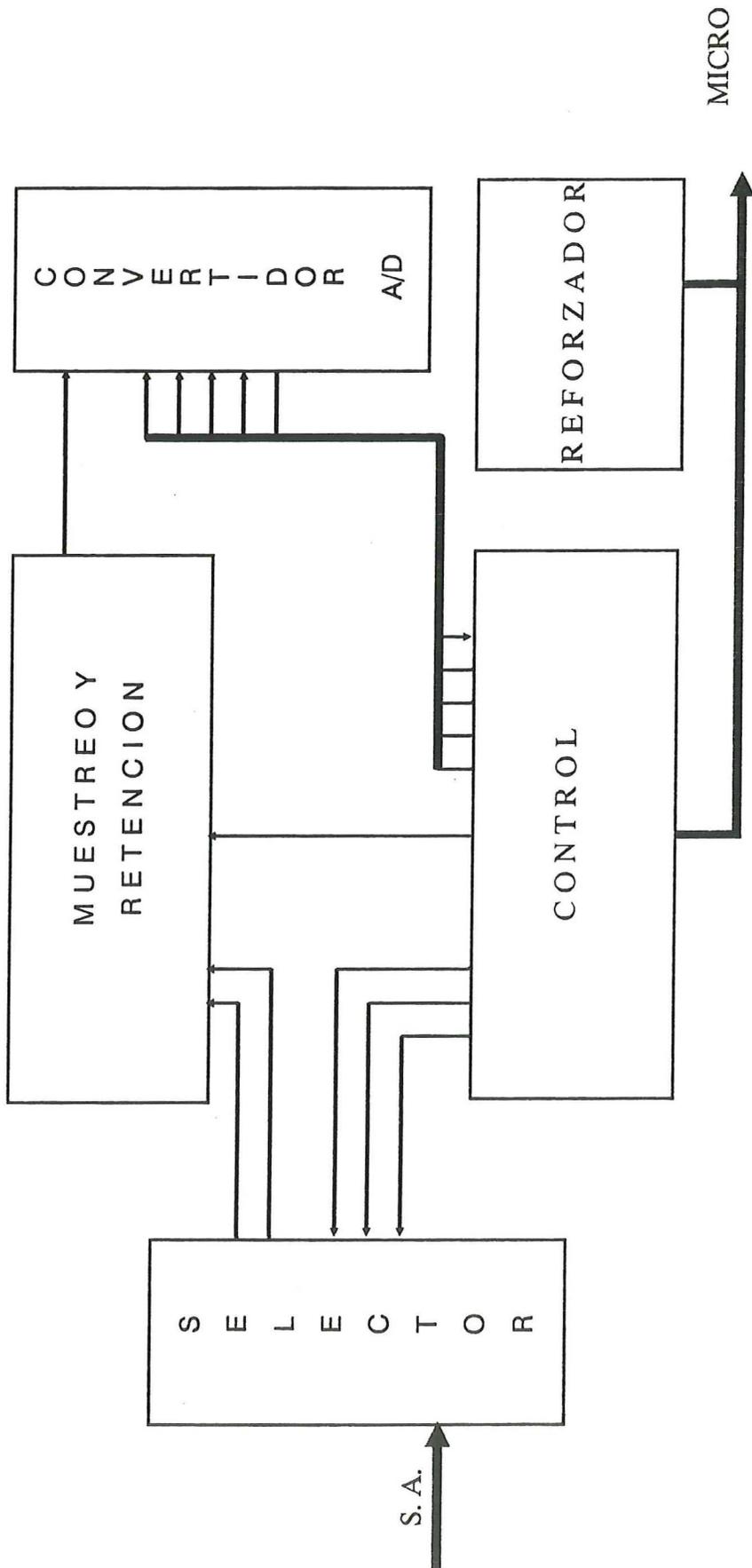


figura 7 Diagrama a cuadros del sistema de conversión analógico/digital

El microprocesador envía una nueva señal de control, ahora al selector, para seleccionar uno de los cuatro pares de canales. Hecho esto, la señal analógica está presente en las entradas del circuito de muestreo y retención, función que se realiza después de recibir otra orden del microprocesador. En ese momento, la señal analógica se encuentra en las entradas del convertidor A/D, cuyo control de conversión es activado también por el microprocesador. Terminada la conversión, el convertidor avisa al procesador, que el proceso ha terminado y éste, a su vez, mediante una instrucción de entrada-salida, adquiere el valor de la señal analógica ya digitizada. Este valor se almacena y el ciclo vuelve a comenzar con el envío de una nueva señal del microprocesador a otra de las tarjetas analógicas o bien a la misma, en caso de que se quieran tomar varias lecturas consecutivas del mismo parámetro.

IV PROCESAMIENTO Y DISTRIBUCION DE LAS SEÑALES

IV.1 INTRODUCCION

Este capítulo se ocupa de describir el funcionamiento de las tarjetas donde se encuentran el sistema inteligente y el módulo de memoria masiva. Dichas tarjetas en conjunto, hacen posible el procesamiento y distribución de las señales que nos ocupan.

IV.2 EL SISTEMA INTELIGENTE

IV.2.1 DESCRIPCION GENERAL

La tarjeta del sistema inteligente, incluye: una unidad central de procesamiento (UCP), un temporizador de tiempo real, memoria de lectura/escritura, memoria reprogramable solo de lectura, descifrado, un puerto de cuatro bits y circuitería lógica. La UCP es un microprocesador CDP1806C con registros de 8 bits, bajo consumo de potencia y tiene como característica principal, 16 registros, de entre los cuales, cualquiera de ellos puede ser seleccionado como apuntador de programa, registro de índice, apuntador de pila, etc. Con respecto a la programación, posee aritmética decimal cifrada en binario y además, a través de la instrucción "IDLE" se puede disminuir aún mas su consumo de potencia.

El temporizador CDP1879 es un dispositivo mediante el cual, es posible llevar la hora y la fecha en tiempo real. Este puede ser accedido como un dispositivo de memoria, o bien a través de las líneas, de entrada/salida del CDP1806C (N2, N1, N0). Con el fin de dejar libres estas líneas se optó por incluir dicho dispositivo en el mapa de memoria a partir de la dirección 8004 en la siguiente forma:

DIRECCION(Hex)	REGISTRO
8004	CONGELAMIENTO
8008	SEGUNDOS
800C	MINUTOS
8010	HORAS
8014	DIAS
8018	MESES
801C	CONTROL/ESTADO

Para su programación, dicho reloj consta de cinco registros de lectura/escritura en donde se almacenan hora y fecha, cuatro registros solo de escritura, de los cuales, tres se usan para guardar la hora de alarma y el cuarto, es el registro de control. Este se usa para,

indicar al temporizador la frecuencia del cristal que se le conecta, seleccionar una de las quince señales de onda cuadrada que es capaz de presentar en su salida de reloj, controlar la escritura de los registros y parar o poner a correr la hora en tiempo real. Tiene además un registro de estado, que es solo de lectura, a través del cual se puede uno percatar de la fuente de interrupción, ya que ésta puede ser activada por el circuito de alarma o por la salida de reloj.

El descifrado se realiza haciendo uso de los circuitos CDP1859 y CDP1867 los cuales son interfaces descifradoras de memoria con cerrojo. Por medio de ellos se obtienen las líneas necesarias para direccionar los 24 Koctetos de memoria de la microcomputadora.

El CD4076, puerto de 4 bits, está, al igual que el temporizador, incluido en el mapa de memoria, solo que a éste se accede en la dirección 8020 (hexadecimal). En dicha dirección y a través del ducto de datos, se puede controlar el encendido/apagado de la fuente de +5V, enviar una señal a la línea PD (Power Down) del temporizador con el fin de bajar su consumo de potencia y seleccionar las memorias de lectura/escritura a través de su línea CS2, quedando aún una línea libre que puede controlar otro dispositivo. Se tratará de explicar ahora, las funciones que realiza esta tarjeta, siguiendo una secuencia de operación típica, referidos a la figura 8.

IV.2.2 OPERACION

Cuando se energiza por primera vez la tarjeta, las fuentes de 5V y Vaux se encienden. Mediante un circuito RC y un reforzador con disparador de Schmitt se envía una señal para restablecer momentáneamente, primero al temporizador y luego se niega la misma señal para restablecer el puerto interno. En seguida se le ordena al temporizador que se ponga en su estado de bajo consumo, a través de una de las líneas de salida del puerto interno.

El Microprocesador también es inicializado a través de un circuito RC, seguido de un inversor con disparador de Schmitt. Una vez que el nivel de la línea "CLEAR" del microprocesador ha subido, su primer ciclo de máquina es de inicialización, en el cual R0 se selecciona como apuntador de programa y se hace apuntar a la dirección 0000. En esta dirección se encuentra el programa que controlará el funcionamiento del instrumento. Este programa se basa ampliamente en el que se desarrolló para el adquisidor automático de datos de campo (Wong. 1986), con la salvedad de que la nueva versión está completamente desarrollada en el lenguaje ensamblador del 1806 y está realzado en cuanto a su versatilidad.

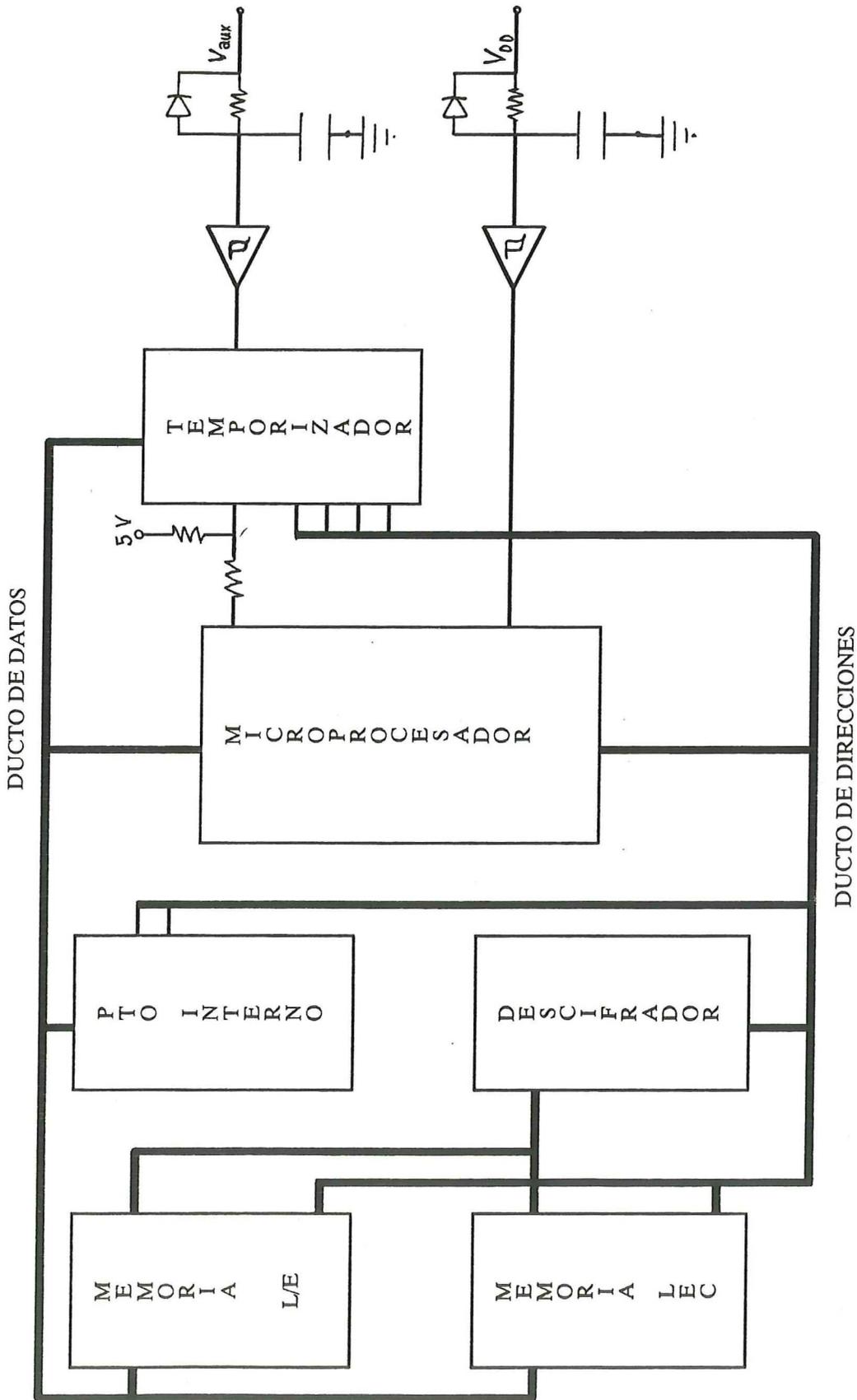


figura 8 Diagrama a cuadros de la microcomputadora

Dicho programa comienza enviando a la terminal un caracter de invitación a teclear. En seguida el operador debe actualizar el reloj y especificar los parámetros que programan el instrumento para su funcionamiento adecuado, tales como: número de muestras por ráfaga, intervalo de muestreo, número de ráfagas, etc. Después de que se concluyó dicha programación, se le ordena que inicie la adquisición de datos, ya sea mostrándolos en pantalla (AP) o bien, almacenándolos en memoria (AM). En el primer caso, (AP), el despliegue de los datos adquiridos es casi simultáneo a la adquisición en tiempo real. Cuando termina una ráfaga, el sistema se desenergiza casi totalmente, quedando solamente encendidos los circuitos que se alimentan con el Vaux, tales como el temporizador, la memoria de lectura/escritura, el puerto interno, etc. Cuando se cumple el tiempo entre ráfagas, el medidor se vuelve a energizar para tomar la siguiente ráfaga de muestras y así hasta que termina con el total de ráfagas programadas. Al finalizar su última rafaga, el sistema ya no se apaga, sino que envía a la terminal el formato con que fué programado y regresa el control al operador enviándole de nuevo el caracter de invitación a teclear.

En el segundo caso (AM), la información que se adquiere no se muestra en pantalla, sino que se almacena temporalmente en memoria de lectura/escritura y una vez concluida la rafaga, los datos se almacenan en forma definitiva en la memoria masiva. Después de que el último dato es guardado, el sistema se apaga al igual que en el caso anterior con la diferencia de que después de la última rafaga, el sistema se desenergiza y el control no regresa al usuario, restableciendo el instrumento solo después de apagar y encender.

IV.3 MEMORIA MASIVA

IV.3.1 DESCRIPCION GENERAL

Existen varias formas de almacenar información, dependiendo éstas de la cantidad y de la velocidad a la que se quiera guardar dicha información. En el sistema que se desarrolla (MOle), se pensó en primera instancia en usar como almacén de datos, una cinta magnética, lo cual implicaba evidentemente el uso de una grabadora, pero debido a que esta forma de almacenar requiere de un código de grabación, de un circuito para grabar y otro para leer, además de los problemas que implica el hecho de que sea un dispositivo electromecánico, se optó por usar un módulo de memoria masiva basado en dispositivos de estado sólido, básicamente memorias reprogramables (EPROMS) y un puerto de entrada/salida (CDP1851), evitando de esta manera, los problemas antes mencionados.

El CDP1851 es un puerto programable de entrada/salida directamente compatible con la serie CDP1800. Posee dos puertos, A y B, los cuales pueden ser programados como de entrada o como de salida con sus respectivas líneas de control de diálogo. Este puerto, tiene cuatro modos de operación, a saber, entrada, salida, bidireccional y bit a bit programable.

El módulo de memoria masiva consta de ocho pastillas de memoria del tipo de lectura exclusiva, eléctricamente programables y borrables con luz ultravioleta (EPROMS). Operan con una sola fuente de +5V, tienen un tiempo de acceso de 350ns y además tienen un modo en el cual reducen su consumo de potencia hasta en un 75%. Dicho módulo tiene cuatro capacidades configurables dependiendo de qué pastillas se usen (EPROMS 27128, 2764, 2732 ó 2716). Cada una de ellas se selecciona en base a un arreglo de puentes. Actualmente la tarjeta está configurada con ocho EPROMS 2764, cada una de ocho kilopalabras.

IV.3.2 OPERACION

Para direccionar cada uno de los ocho bloques de memoria, se usa un descifrador de tres a ocho líneas (CD4028), de las cuales se activa una y solo una a la vez con el fin de reducir el consumo de energía. A las entradas de este dispositivo se accede a través de una serie de puentes cuya configuración define el bloque seleccionado. Existe además otra entrada a la cual llega una línea que es a su vez el control de Vcc y encendido/apagado de la fuente que genera el tensión de programación (Vpp) y dependiendo si su estado es activo o inactivo se habilitan o no los bloques de memoria.

El envío de mandos se efectúa a través del puerto CDP1851 y las direcciones se envían haciendo uso de cuatro registros CD4076 tipo D, de cuatro bits, en los cuales se tiene control tanto de la entrada de datos como de la salida de los mismos. Un par de registros recibe como señal de reloj la línea TPA, por lo cual, éste adquiere la parte alta de la dirección, el reloj del otro par es TPB, tomando este último la parte baja. El puerto ocupa las direcciones:

DIRECCION	ASIGNACION
8001	ZONA DE MANDOS
8002	PUERTO A
8003	PUERTO B

Los comandos que se envían son los que definen en que modo serán programados los puertos A y B y controlan además el encendido/apagado de las fuentes Vcc y Vpp. El puerto A maneja las líneas de control de las memorias y el ducto de datos de entrada/salida de las mismas, se maneja a través del puerto B.

V PROGRAMACION

V.1 INTRODUCCION

Este capítulo describe en forma general la programación que le permite al instrumento en cuestión, tomar las características de autónomo y programable. Dicha programación se compone básicamente de subprogramas, los cuales se pueden agrupar para permitirnos realizar tres procesos principales, el de programación del instrumento, el de adquisición de datos y el de recuperación de los mismos.

A continuación se describen estos procesos y para mayor claridad se muestran los diagramas de flujo de los mismos.

V.2 PROGRAMACION DEL INSTRUMENTO

El proceso de programación es aquel que nos permite *decirle* al instrumento la forma en que se desea que opere. Para esto, se establece un diálogo usuario-instrumento, mediante una terminal a través de un puerto serie RS 232. Dicho diálogo consiste de una serie de mandos que permiten al usuario especificar en el laboratorio, los parámetros que el medidor requiere para funcionar en forma autónoma.

Este proceso se inicia al energizar el aparato (ver figura 9), el cual inmediatamente ejecuta el programa de control escrito en la memoria de lectura/exclusiva que se encuentra en la tarjeta de la microcomputadora. Empieza por inicializar todas las variables a cero y asignar las direcciones correspondientes a los registros de apuntador de programa, de retorno después de una interrupción y al puerto serie. En seguida se llama a la subrutina *Mandos*, misma que envía a la terminal el caracter ">" invitando a teclear y se queda en espera de un mando. Una vez que se le envía, se ejecuta la subrutina *Ident*, que es la que identifica si es o no un mando válido. En caso de que no lo sea, se llama a la subrutina *Error*, la cual imprime en pantalla el letrero *PARM ERROR*. Si el mando es válido se procede a ejecutarlo, llamando para ello la subrutina correspondiente a dicho mando.

Existen algunas restricciones que deben considerarse antes de programar el instrumento, dadas por el tiempo de acceso del convertidor A/D y el programa de control.

El intervalo de muestreo mínimo dependerá del número de canales que se programen. Para un canal es de un cuarto de segundo, para dos canales es de medio segundo y para tres o cuatro es de un segundo.

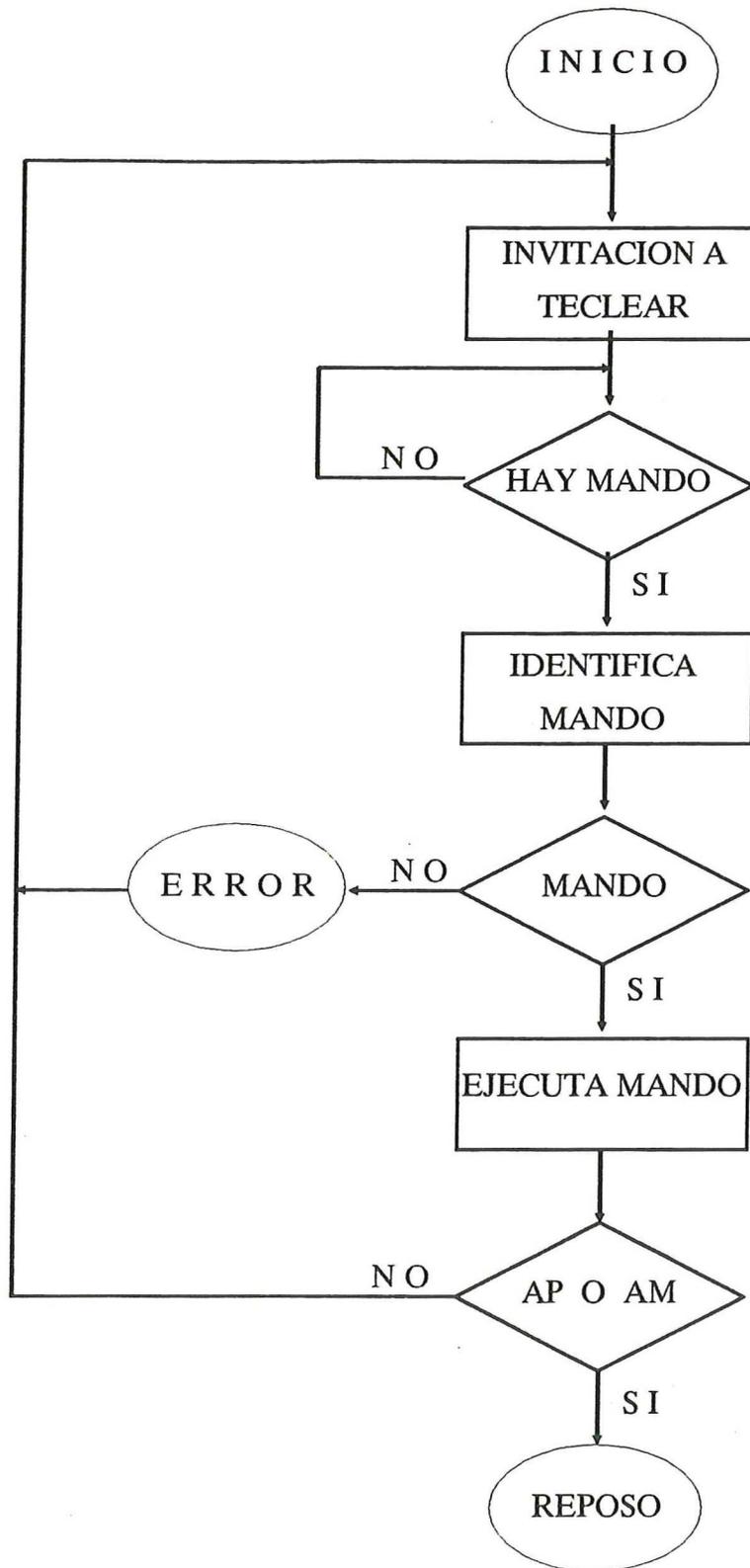


figura 9 Diagrama de flujo del proceso de programación

Los canales deben programarse en orden ascendente a partir del canal 0. Es decir, si se desea programar un solo canal, éste deberá ser el 0 y no el 1, 2, o 3, si se desean programar dos canales, éstos deberán ser el 0 y el 1, etc.

El intervalo entre ráfagas deberá ser mayor, por lo menos 30s, que es la suma total de los productos del intervalo de muestreo de cada canal, por su respectivo número de muestras/ráfaga, o sea que:

$$IR > (IM0)(NM0) + (IM1)(NM1) + (IM2)(NM2) + (IM3)(NM3) + 30s$$

Se describen a continuación los mandos que se usan en la programación del instrumento. En la columna de la izquierda se encuentra el mnemónico necesario para que se interprete el mando correctamente (debe escribirse en letras mayúsculas), en la columna central se encuentran los argumentos. Estos se deben expresar en formato hexadecimal, con excepción de los de temporización. Los valores entre paréntesis son aquellos que pueden tomar dichos argumentos y en la tercer columna está su descripción.

MANDO	ARGUMENTO	DESCRIPCION
AS	[manejador] [canal] (0 - 3) (0 - 3)	Asigna el manejador correspondiente al número de canal analógico que se apunta en el segundo argumento
FE		Muestra en pantalla fecha y hora actual
FI	[mes] [día] [hora] [minutos] [segundos]	Programa hora de inicio de adquisición de datos
FR		Despliega en pantalla los argumentos asignados a FI, PA, PI y PR
PA	[hora] [minuto] [segundo] [número de ráfagas] (0 - FFFF)	Programa el intervalo de tiempo entre ráfagas y el número de ráfagas
PF	[mes] [día] [hora] [minutos] [segundos]	Programa fecha y hora actualizada
PI	[canal] [int. muestreo] (0 - 3) (0 - FFFF)	Programa intervalo de muestreo por canal, expresado en n(1/4) de segundo

PR	[canal] [muestras/rafaga] (0 -3) (0 - FFFF)	Programa número de muestras por ráfaga por canal
AS		Asigna por omisión el manejador 0 al canal 0
DAS		Desasigna todos los manejadores. Es decir, ningún canal tiene asignado manejador alguno
PR		Programa por omisión 2048 (800H) muestras/ráfaga al canal 0
PI		Programa por omisión un intervalo de muestreo de dos cuartos de segundo para el canal 0
PA		Programa por omisión un intervalo de tiempo entre ráfagas de 6Hrs y un número de ráfagas de 15
PO		Este mando, programa por omisión: - 2048 muestras/ráfaga - 1/2 s de intervalo de muestreo - 6Hrs de intervalo entre ráfagas - 15 ráfagas - Asigna el manejador 0 Todo lo anterior para el canal 0

Después de que se configuraron los parámetros anteriores, se procede a pasar al proceso de adquisición.

V.3 PROCESO DE ADQUISICION

Este proceso se puede iniciar en dos formas diferentes, utilizando el mando AP o el mando AM. En realidad ambos mandos son muy similares, la única diferencia entre ellos es que el primero despliega los datos adquiridos en pantalla y el segundo los almacena en la memoria masiva. El mando AP generalmente se usa cuando se desea constatar el buen funcionamiento del instrumento, ya que como los datos adquiridos son mostrados en

pantalla, es posible compararlos con valores esperados y además verificar los parámetros programados. El siguiente diagrama de flujo (figura 10) nos muestra en forma muy general como se lleva a cabo el proceso de adquisición, ya sea en el campo o en el laboratorio a manera de calibración del instrumento.

V.4 RECUPERACION DE DATOS

El proceso de recuperación de datos, consiste en leer la información almacenada en el módulo de memoria masiva. Esto se lleva acabo con el mando LE a través del puerto serie RS 232 y haciendo uso de una pequeña subrutina en cualquier lenguaje de programación, la información se puede escribir en disco en cualquier minicomputadora que tenga un puerto serie RS 232.

La subrutina que se ejecuta con el mando LE, programa el puerto de entrada/salida que controla la tarjeta de memoria masiva, para que se realice la lectura de datos. En un diagrama de flujo se puede representar dicha subrutina en la forma en que se muestra en la figura 11.

Estos datos que se recuperan de la memoria masiva, tienen el siguiente orden; Las primeras 44 localidades (octetos) contienen el formato con que se programó el instrumento, las siguientes localidades contienen los datos muestreados y al final de estos datos se vuelve a escribir el formato de programación. En la figura 12 se muestra dicho ordenamiento con más detalle.

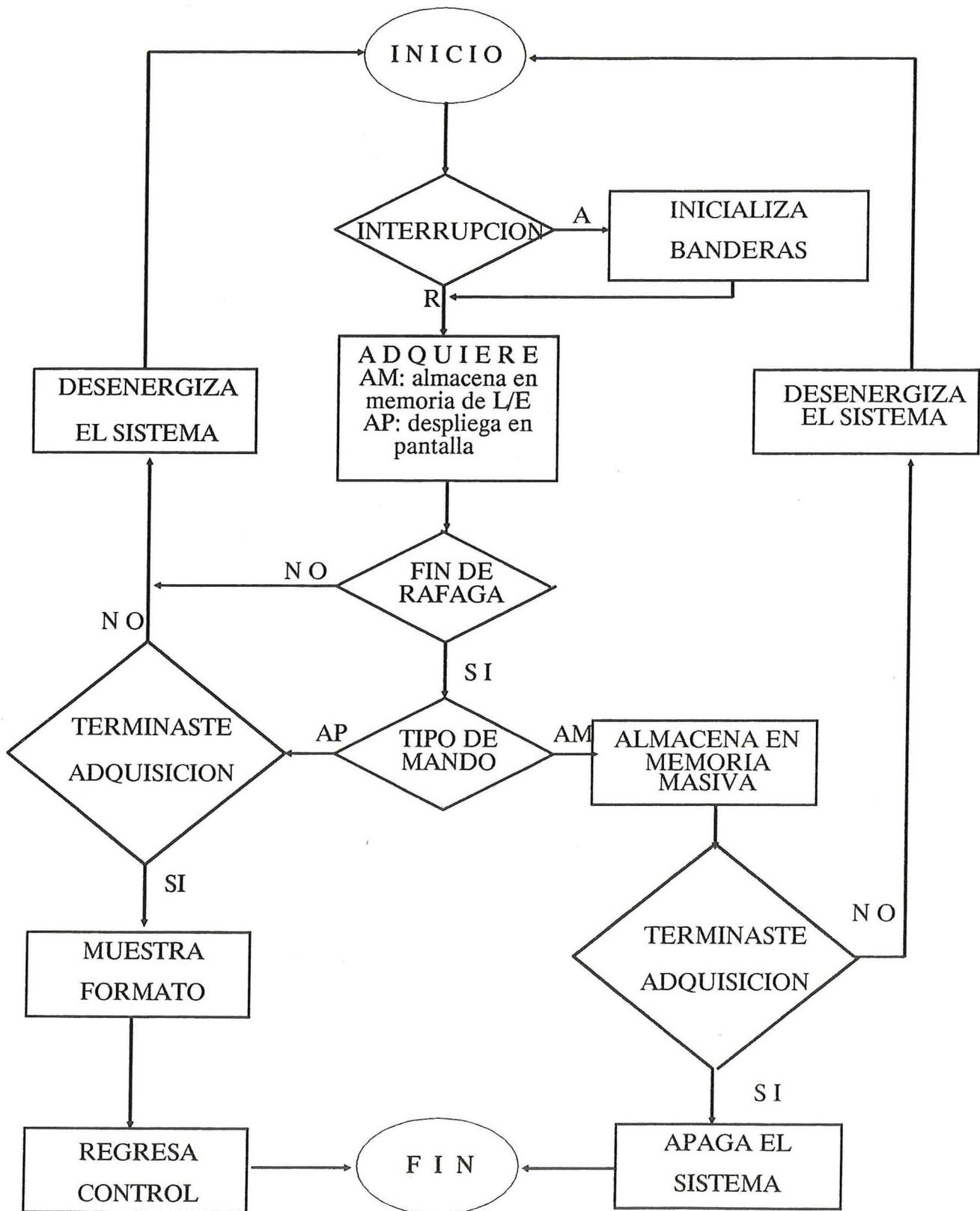


figura 10 Diagrama de flujo del proceso de adquisición

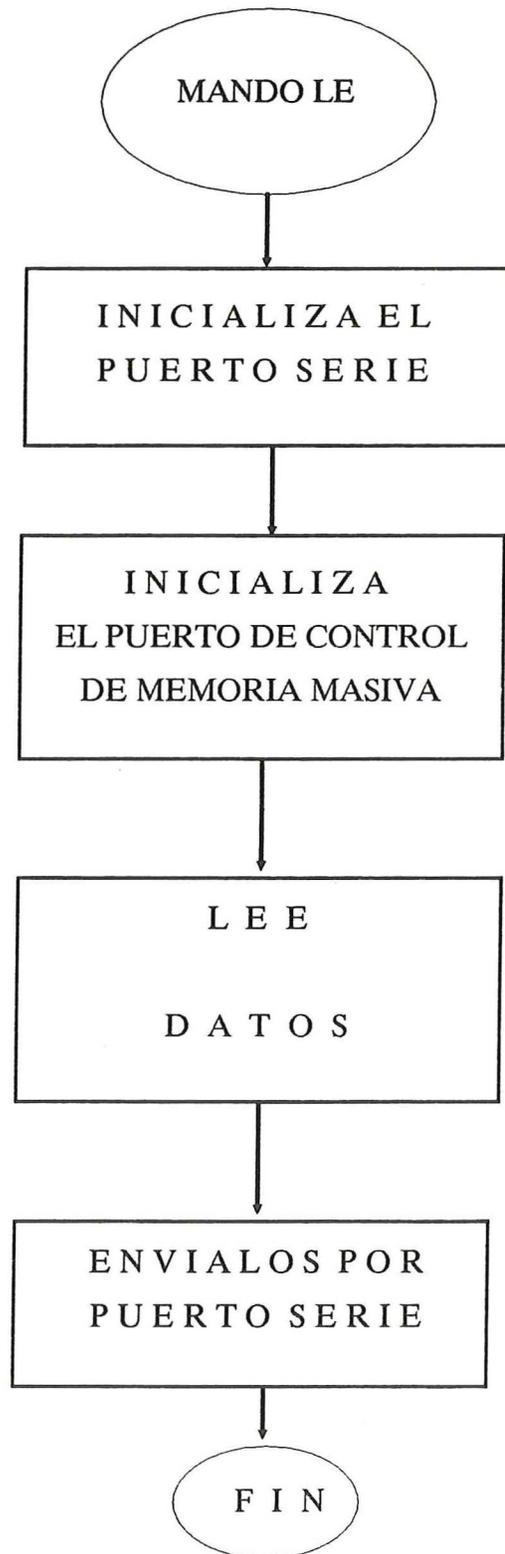


figura 11 Diagrama de flujo del proceso de recuperación de datos

DIRECCION	OCTETO
0000 0001	MES DIA
0002 0003	HORA MINUTO
0004 0005	SEGUNDO HORA DE ALARMA
0006 0007	MINUTO DE ALARMA SEGUNDO DE ALARMA
0008 0009	NUMERO DE RAFAGAS INTERVALO DE MUESTREO C0
000A 000B	INTERVALO DE MUESTREO C1 INTERVALO DE MUESTREO C2
000C 000D	INTERVALO DE MUESTREO C3 NO. DE MUESTRAS/RAFAGA C0
000E 000F	NO. DE MUESTRAS/RAFAGA C1 NO. DE MUESTRAS/RAFAGA C2
0010 0011	NO. DE MUESTRAS/RAFAGA C3
0012 0013	PARTE ALTA DEL DATO 0 PARTE BAJA DEL DATO 0
0014 0015	PARTE ALTA DEL DATO 1 PARTE BAJA DEL DATO 1
0016 0017	PARTE ALTA DEL DATO 2 PARTE BAJA DEL DATO 2
DIR n	FORMATO DE PROGRAMACION

figura 12 Orden en que están escritos los datos en la memoria masiva

VI RESULTADOS Y CONCLUSIONES

VI.1 RESULTADOS

Con el fin de obtener resultados reales, el prototipo del MOle se sumergió al mar junto con un medidor de amplitud de oleaje comercial de la marca SEA DATA (SD), modelo 635-08, para comparar los datos adquiridos durante un experimento corto.

Ambos medidores se anclaron en el fondo del mar a una profundidad aproximada de 10.5m

Se programaron con los mismos parámetros de adquisición

PARAMETRO	MOle	SEA DATA
Int. de muestreo	0.5s	0.5s
Int. entre ráfagas	6 H	6 H
No. de mueatras/ráfaga	2048	2048
No. de ráfagas	5	indeterminado
Fecha de inicio	16 de febrero	16 de febrero
	14:00:00 Hrs	14:00:00 Hrs

Después de dos días se recuperaron los instrumentos, se leyeron y guardaron sus datos en el disco de una microcomputadora personal IBM/AT, con la ayuda de un programa de comunicación secuencial escrito en el lenguaje BASIC. Posteriormente se procesaron estadísticamente dichos datos, como en Martínez, Nava. (1988) y los resultados que se obtuvieron se describen a continuación.

En la figura 13 se presenta el oleaje registrado por el MOle en la parte superior y por el SD en la parte inferior. El eje horizontal representa el número de dato y el vertical la elevación de la superficie en metros. La diferencia en el promedio de las series se debe a que ambos medidores estaban colocados a diferente profundidad. Como se puede observar, las elevaciones registradas por los dos instrumentos, son bastante similares. Las perturbaciones como la que se muestra en el recuadro pequeño son debidas principalmente a la sensibilidad del transductor usado en el MOle, pero como se verá a continuación no influyen en la estadística básica que se obtiene de los registros.

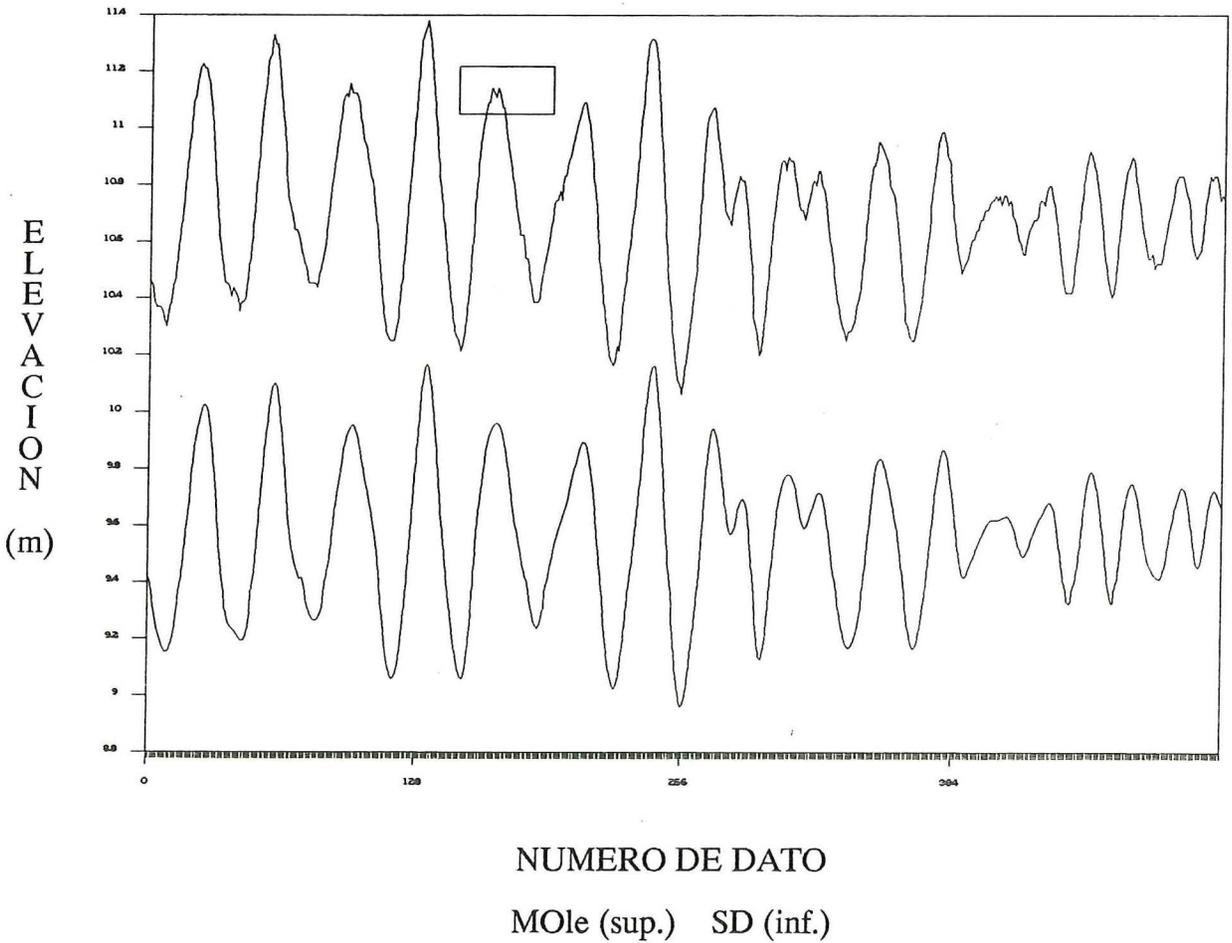


figura 13 Comparación entre las series de tiempo registradas por el MOle y el SD

La estadística obtenida para los registros del MOle y el SD se presenta en las figuras 14 y 15 respectivamente. Los parámetros mas importantes de estas estadísticas, son la altura significativa (HS, HM0), el periodo de cruces por cero (TZ), y el periodo del pico espectral (TP). La HS y la HM0 del MOle presentan una diferencia promedio de 5 cm con respecto a los del SD, lo cual se puede atribuir al desbalance del 0 en el transductor. La diferencia en TZ, parámetro que se calcula dividiendo el tiempo en el que se tomó el registro, entre el número de olas registradas durante ese mismo tiempo, se debe a que las perturbaciones señaladas en el recuadro de la figura 13 sobreestiman el número de olas en el registro. Sin embargo, si se calcula el periodo en el dominio de la frecuencia, donde las perturbaciones mencionadas representan energía en altas frecuencias, no afectan su cálculo, por lo que se puede ver que son iguales.

VI.2 CONCLUSIONES

De las características y especificaciones que se obtuvieron para el medidor de oleaje, se puede concluir que se cumplieron ampliamente los objetivos iniciales del presente trabajo.

Además, de los resultados obtenidos de la comparación que se hizo entre el MOle y el SD se concluye que el funcionamiento del instrumento desarrollado en este trabajo de tesis es bastante satisfactorio, ya que aunque las características del transductor de presión que usa el SD, son muy superiores a las del sensor del instrumento bajo prueba, los resultados obtenidos son bastante similares y las diferencias que existen entre ellos, son irrelevantes para el tipo de aplicación a que se asignará el mismo (estadística de oleaje).

Continuando con las comparaciones, también se puede concluir que las características del MOle rebasan en mucho, las de los medidores que se usan actualmente en el IIO, principalmente en los siguientes aspectos:

- El consumo de potencia en un SD, es por lo menos el doble de lo que consume el MOle.
- La capacidad que tiene el MOle de poder ser configurado mediante cualquier terminal que tenga un puerto serie RS 232.
- La versatilidad que le da al MOle el hecho de ser un instrumento controlado por una microcomputadora.

Sin embargo el MOle también tiene sus bemoles, es por eso que se proponen los siguientes realces:

-- Aumentar la capacidad de memoria de almacenamiento de datos a un megaocteto, ya que ésta es insuficiente para la cantidad de información que debe almacenar el medidor en un experimento típico.

Diseñar y construir un nuevo continente y una nueva estructura para el MOle, pues al continente actual se le mete el agua cuando está en el campo y la estructura resulta bastante impráctica, pues es muy difícil remover uno de sus módulos.

-- Y en un futuro no muy lejano, convertir este medidor de oleaje, en un medidor de corrientes marinas, agregando una brújula y un transductor de rapidez, aprovechando así los otros canales disponibles del instrumento.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS
U.A.B.C.

ESTADÍSTICA DE OLEAJE

ESTACION : ROMPEOLAS1
FECHA : 1988 2 16
APARATO : MOLE-01

HORA: 18:00
PROF: 10.72 M

REVISION : 1
NUM. DE DATOS : 2048
INT. DE MUESTREO: 0.5 S

DOM.TIEMPO	MITAD	P2	P3	P4	>P4	ERR	CON	CORR	H(MAX)	HPRM	HS	H10	HRMS	VARZA	TZ	ASIME	KURTO
PARAMETROS	1	82	17	6	1	0	0	.000	1.413	.545	.896	1.194	.628	.058	11.666	.131	3.272
	2	113	20	4	0	0	0	.002	.850	.507	.761	.833	.554	.039	14.135	.053	2.388

DOM.FREC	MITAD	HMO	TP	TM01	TM02	TM24	E	QP
PARAMETROS	1	.9279	18.2857	14.1122	12.9591	8.6561	.7442	4.2940
	2	.7760	18.2857	14.5718	13.2457	8.1096	.7907	5.1075

ESPECTRO	NU	FRECUENCIA (HZ)	PERIODO (S)	DENSIDAD ESPECTRAL (M*M/HZ)			DENSIDAD ESPECTRAL (% DEL 3.172)							
				MITAD 1	MITAD 2	MEDIA	0	20	40	60	80	100		
	1	.008	128.000	.0671	.0172	.0422	I							
	2	.016	64.000	.0445	.0283	.0364	I							
	3	.023	42.667	.0237	.0175	.0206	I							
	4	.031	32.000	.0262	.0173	.0218	I							
	5	.039	25.600	.0477	.0217	.0347	I							
	6	.047	21.333	.1069	.0965	.1017	I*							
	7	.055	18.286	3.5525	2.7906	3.1715	I*****							
	8	.063	16.000	.4463	.5777	.5120	I*****							
	9	.070	14.222	.1847	.1493	.1670	I**							
	10	.078	12.800	.8509	.1880	.5195	I*****							
	11	.086	11.636	.4069	.1465	.2767	I****							
	12	.094	10.667	.1230	.2260	.1745	I**							
	13	.102	9.846	.2643	.1684	.2164	I***							
	14	.109	9.143	.2600	.0116	.1358	I**							
	15	.117	8.533	.0836	.0616	.0726	I*							
	16	.125	8.000	.0400	.0456	.0428	I							
	17	.133	7.529	.0770	.0123	.0447	I							
	18	.141	7.111	.0311	.0286	.0298	I							
	19	.148	6.737	.0227	.0629	.0428	I							
	20	.156	6.400	.0136	.0094	.0115	I							
	21	.164	6.095	.0738	.0157	.0448	I							
	22	.172	5.818	.0222	.0137	.0180	I							
	23	.180	5.565	.0267	.0052	.0159	I							
	24	.188	5.333	.0128	.0206	.0167	I							
	25	.195	5.120	.0164	.0173	.0168	I							
	26	.203	4.923	.0176	.0062	.0119	I							
	27	.211	4.741	.0095	.0072	.0083	I							
	28	.219	4.571	.0093	.0177	.0135	I							
	29	.227	4.414	.0066	.0107	.0086	I							
	30	.234	4.267	.0112	.0177	.0145	I							
	31	.242	4.129	.0087	.0078	.0082	I							
	32	.250	4.000	.0007	.0002	.0004	I							

Figura 14. Resultados del análisis estadístico y espectral de los datos registrados por el MOLE el 16 de febrero a las 18:00 hrs.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS
U.A.B.C.

ESTADÍSTICA DE OLEAJE

ESTACION : ROMPEOLAS1
FECHA : 1988 2 16
APARATO : SEA-DATA 6350803

HORA: 18:00
PROF: 9.61 M

REVISION : 1
NUM. DE DATOS : 2048
INT. DE MUESTREO: 0.5 S

DOM.TIEMPO	MITAD	P2	P3	P4	>P4	ERR	CON	CORR	H(MAX)	HPRM	HS	H10	HRMS	VARZA	TZ	ASIME	KURTO
PARAMETROS	1	23	4	0	0	0	0	.002	1.394	.544	.864	1.206	.615	.052	12.830	.085	3.325
	2	17	2	0	0	0	0	.001	.800	.504	.714	.780	.537	.035	15.952	.062	2.380

DOM.FREC	MITAD	HMO	TP	TM01	TM02	TM24	E	QP
PARAMETROS	1	.8866	18.2857	14.2859	13.2102	9.0075	.7315	4.4788
	2	.7356	18.2857	14.7810	13.5091	8.4267	.7816	5.2629

ESPECTRO	NU	FRECUENCIA (HZ)	PERIODO (S)	DENSIDAD ESPECTRAL (M*M/HZ)			DENSIDAD ESPECTRAL (% DEL 2.940)					
				MITAD 1	MITAD 2	MEDIA	0	20	40	60	80	100
	1	.008	128.000	.0312	.0200	.0256	I	I	I	I	I	I
	2	.016	64.000	.0448	.0295	.0372	I	I	I	I	I	I
	3	.023	42.667	.0258	.0130	.0194	I	I	I	I	I	I
	4	.031	32.000	.0198	.0160	.0179	I	I	I	I	I	I
	5	.039	25.600	.0385	.0158	.0272	I	I	I	I	I	I
	6	.047	21.333	.1023	.0852	.0937	I*	I	I	I	I	I
	7	.055	18.286	3.3291	2.5511	2.9401	I*****	I	I	I	I	I
	8	.063	16.000	.4376	.5183	.4779	I*****	I	I	I	I	I
	9	.070	14.222	.1684	.1347	.1515	I**	I	I	I	I	I
	10	.078	12.800	.7668	.1777	.4722	I*****	I	I	I	I	I
	11	.086	11.636	.3635	.1134	.2385	I****	I	I	I	I	I
	12	.094	10.667	.1054	.1867	.1460	I**	I	I	I	I	I
	13	.102	9.846	.2314	.1633	.1973	I***	I	I	I	I	I
	14	.109	9.143	.2074	.0060	.1067	I*	I	I	I	I	I
	15	.117	8.533	.0769	.0527	.0648	I*	I	I	I	I	I
	16	.125	8.000	.0432	.0370	.0401	I	I	I	I	I	I
	17	.133	7.529	.0671	.0108	.0390	I	I	I	I	I	I
	18	.141	7.111	.0323	.0229	.0276	I	I	I	I	I	I
	19	.148	6.737	.0151	.0555	.0353	I	I	I	I	I	I
	20	.156	6.400	.0167	.0082	.0125	I	I	I	I	I	I
	21	.164	6.095	.0569	.0124	.0346	I	I	I	I	I	I
	22	.172	5.818	.0218	.0143	.0180	I	I	I	I	I	I
	23	.180	5.565	.0250	.0065	.0157	I	I	I	I	I	I
	24	.188	5.333	.0076	.0174	.0125	I	I	I	I	I	I
	25	.195	5.120	.0135	.0104	.0119	I	I	I	I	I	I
	26	.203	4.923	.0096	.0062	.0079	I	I	I	I	I	I
	27	.211	4.741	.0072	.0060	.0066	I	I	I	I	I	I
	28	.219	4.571	.0032	.0122	.0077	I	I	I	I	I	I
	29	.227	4.414	.0047	.0122	.0084	I	I	I	I	I	I
	30	.234	4.267	.0046	.0059	.0052	I	I	I	I	I	I
	31	.242	4.129	.0103	.0074	.0088	I	I	I	I	I	I
	32	.250	4.000	.0004	.0001	.0002	I	I	I	I	I	I

Figura 15. Resultados del análisis estadístico y espectral de los datos registrados por el SD el 16 de febrero a las 18:00 hrs.

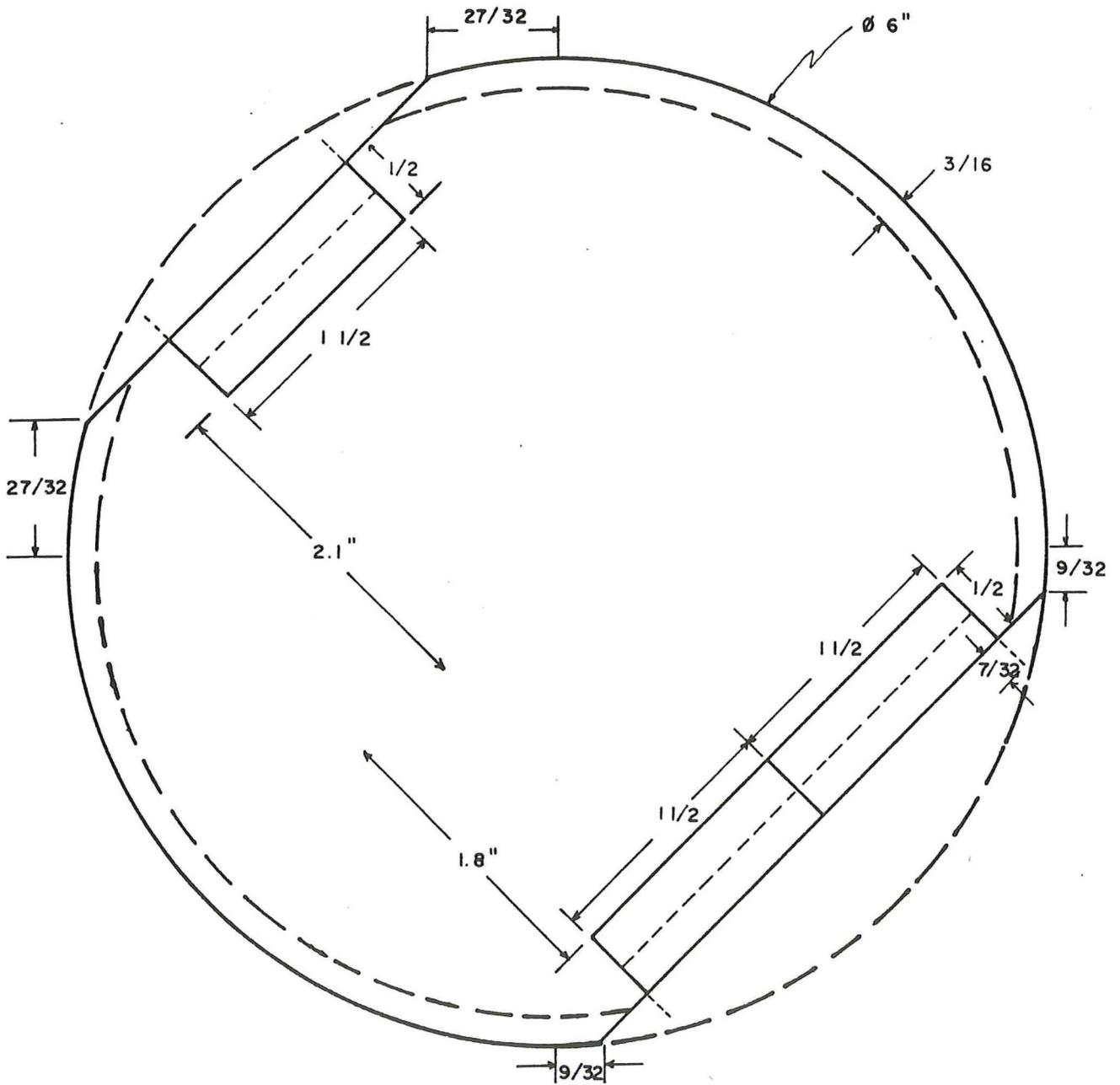
LITERATURA CITADA

- Castro. 1980, "Diseño de un Conductímetro de Agua Marina". MEXICON 80. Memorias IEEE. Tomo I: 74-77
- Martínez, Nava. 1988, "Sistema de Adquisición, Clasificación y Análisis de Datos de Oleaje" Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC, Reporte técnico 87-03
- Rico, Wong, Mitrani. 1983, "Diseño de una Brújula de Estado Sólido" V Reunión Académica de Ingeniería Electrónica. Electro 83. Memoria.
- Wong. 1986, "Desarrollo de un Instrumento para la Adquisición Automática de Datos de Campo" Tesis de maestría. CICESE.

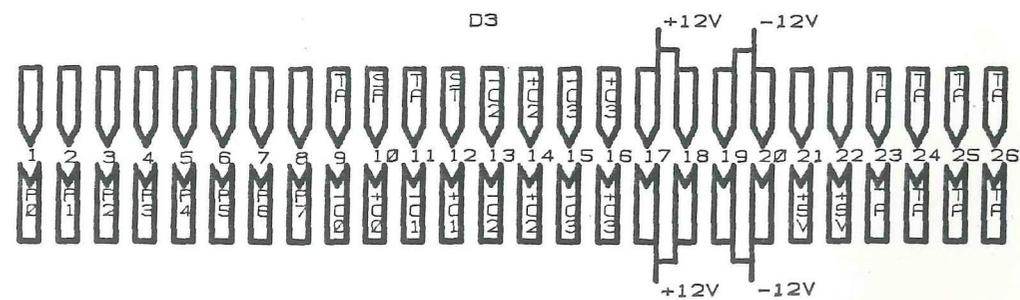
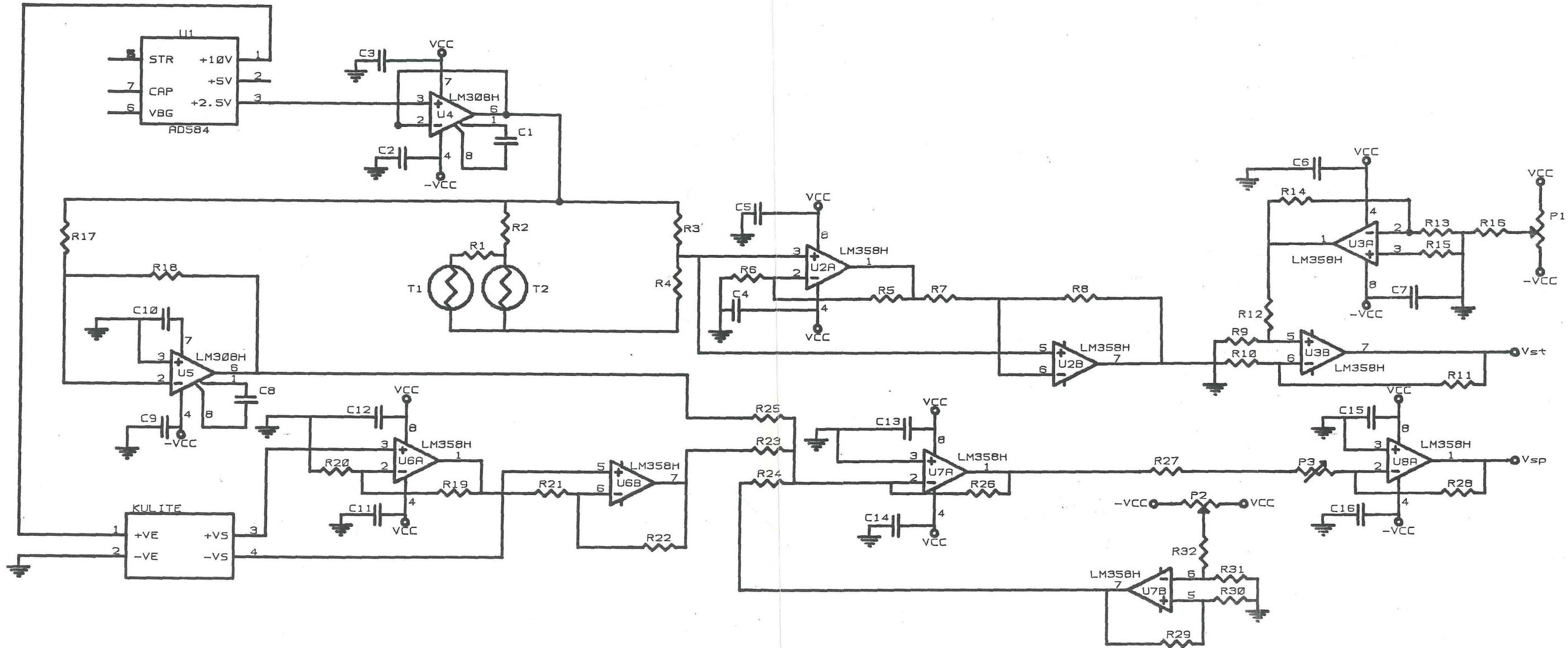
APENDICE A

DIAGRAMAS ELECTRONICOS

Nota: Los diagramas electrónicos que se nombran en el texto, pero que no aparecen en este apéndice, se pueden consultar en Wong . (1986).



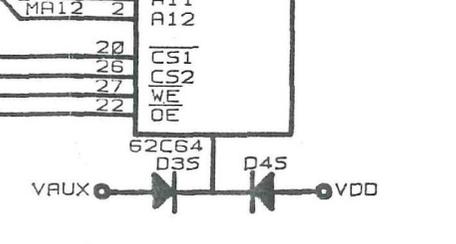
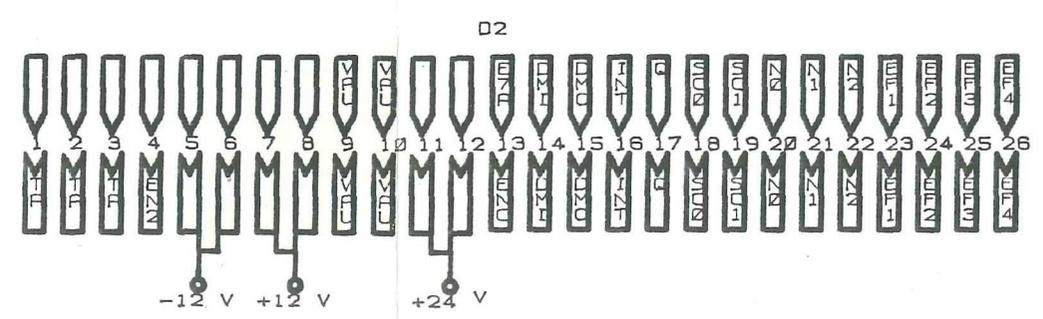
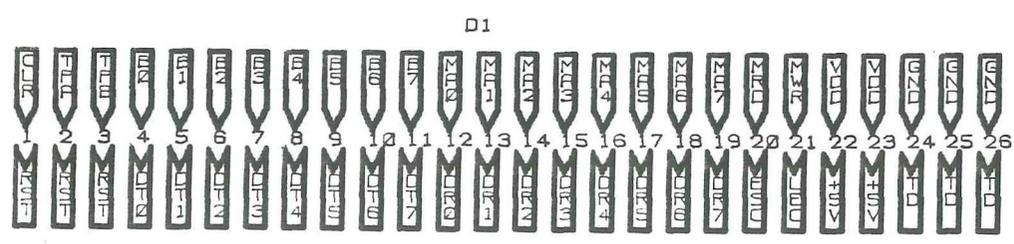
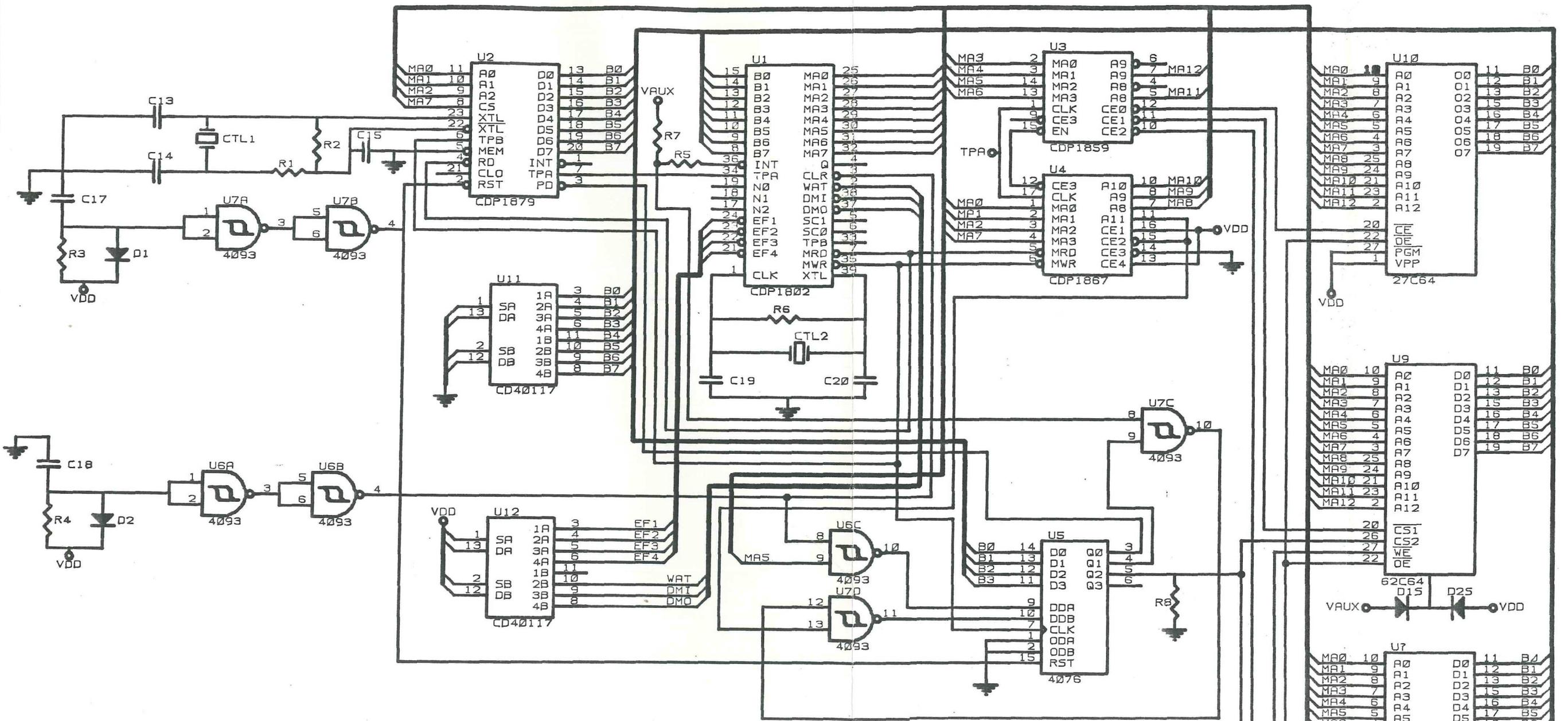
TARJETA PATRON DE LOS
 CIRCUITOS IMPRESOS

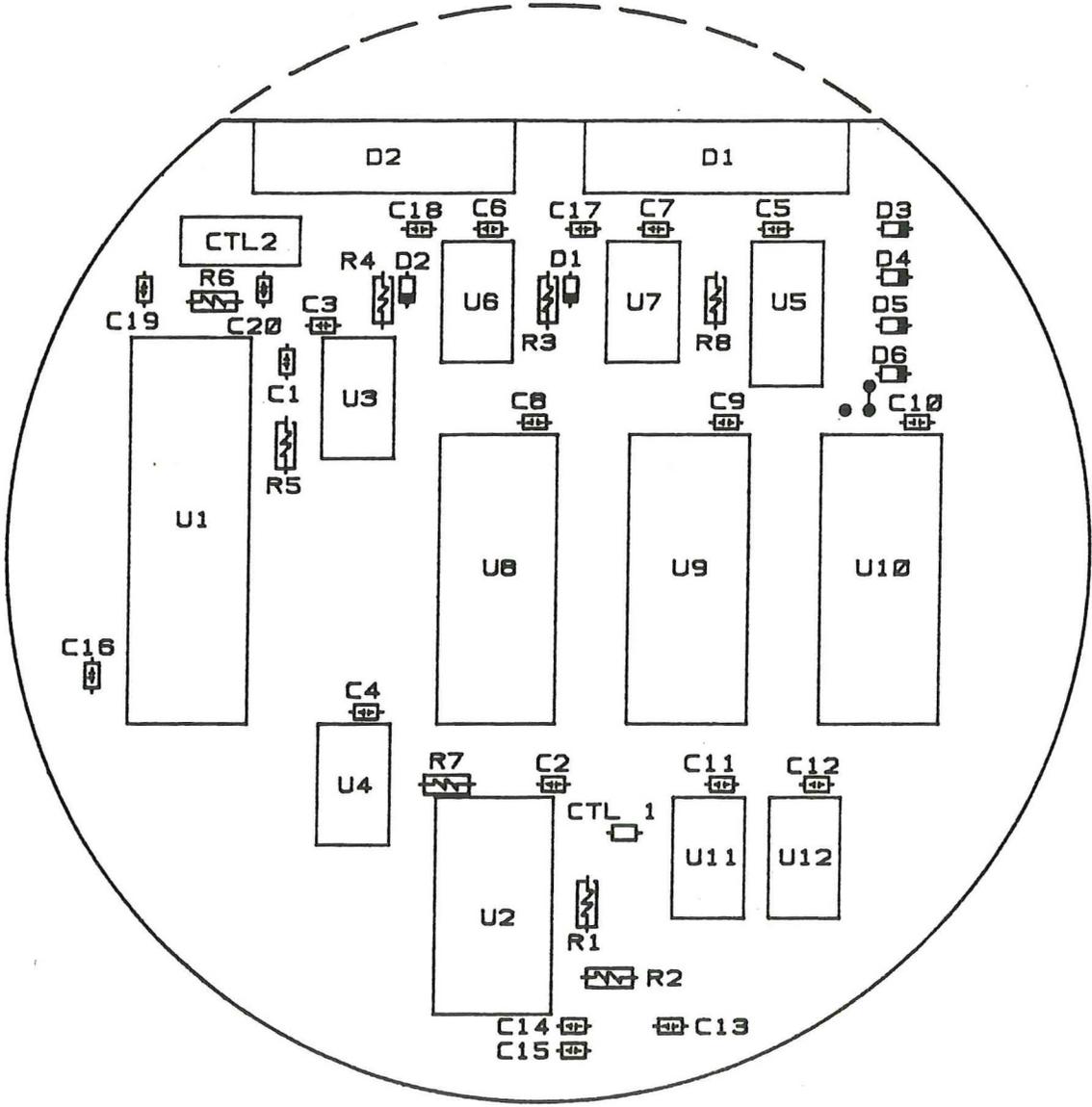


Lista de componentes del módulo de acondicionamiento de las señales

Componente	Cantidad	Referencia	Nombre o valor
1	1	U1	AD584JH
2	5	U2,U3,U6 U7,U8	LM358N
3	2	U4,U5	LM308H
4	1	R1	12.1K
5	1	R2	5.76K
6	1	R3	1.47K
7	1	R4	3.32K
8	3	R5,R8,R21	10.0K
9	2	R6,R8	158K
10	4	R9,R10 R11,R12	26.1K
11	3	R13,R20,R22	90.9K
12	1	R14	169K
13	2	R15,R30	100
14	2	R16,R29	200K
15	3	R17,R18,31	7.5K
16	1	R19	120
17	2	R23,R24	20.0K
18	2	R25,R26	100K
20	1	R27	9.26K
21	1	R28	19.1K
22	1	R32	112K
23	2	C1,C8	0.01 μ F
24	15	C2,C3,C4,C5 C6,C7,C9,C10 C11,C12,C13,C14 C15,C6,C17	0.1 μ F
25	2	P1,P2	50K
26	1	P3	500

Nota: Los valores de las resistencias y potenciómetros están dados en Ω . Las resistencias tienen una tolerancia de $\pm 1\%$ y los potenciómetros una de $\pm 10\%$.





DISTRIBUCION FISICA DEL
 MODULO DE LA
 MICROCOMPUTADORA

Lista de componentes de la microcomputadora

Componente	Cantidad	Referencia	Nombre o Valor
1	1	U1	CDP1806ACE
2	1	U2	CDP1879CE
3	1	U3	CDP1859D
4	1	U4	CDP1867E
5	1	U5	CD4076BE
6	2	U6,U7	CD4093BE
7	2	U8,U9	HM6264LP-12
8	1	U10	HM27C64G-20
9	2	U11,U12	CD40117BE
10	1	R1	470K
11	1	R2	22M
12	1	R3	1K
13	1	R4	5.6K
14	2	R5,R8	200K
15	1	R6	10M
16	1	R7	22K
17	13	C1,C2,C3 C4,C5,C6 C7,C8,C9 C10,C11 C12,C16	0.1 μ F
18	1	C13	10pF
19	2	C14,C15	20pF
20	1	C17	2.2 μ F
21	1	C18	22 μ F
22	2	C19,C20	15pF
23	2	D1,D2	1N914
24	4	D3,D4,D5,D6	1N7514
25	1	CTL1	f = 32,768HZ
26	1	CTL2	f = 2MHZ

Nota: Las resistencias están dadas en Ω y tienen una tolerancia de $\pm 5\%$, los capacitores C20 y C21 son de Tantalio.

APENDICE B

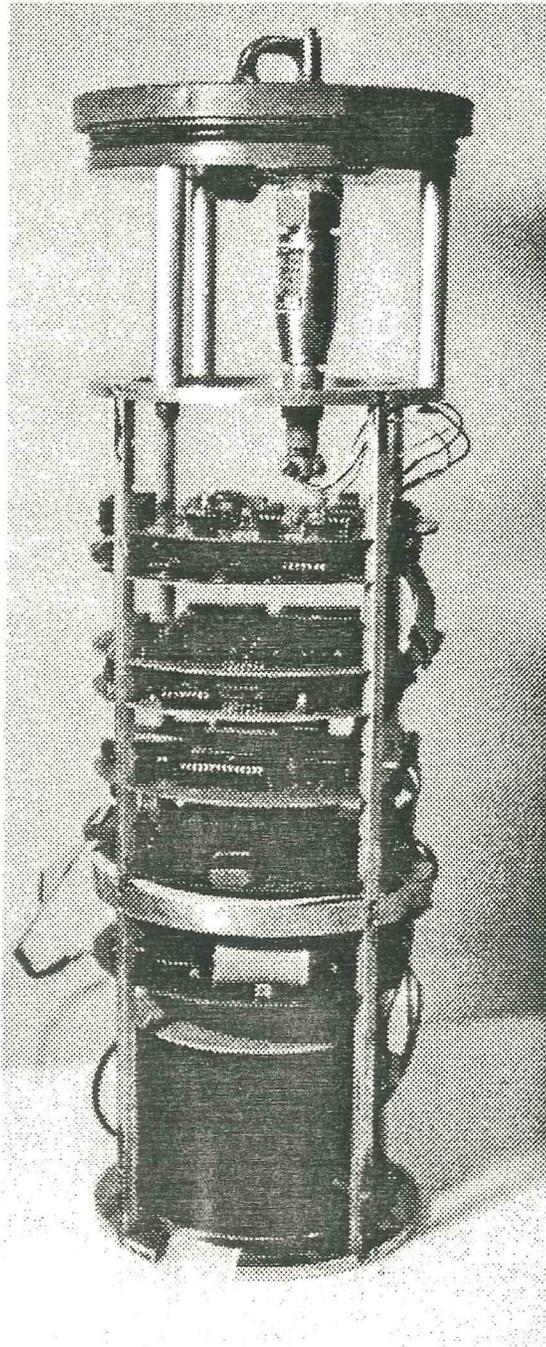
DISTRIBUCION DE LAS SEÑALES DE LOS DUCTOS D1, D2, D3 Y D4

FOTOGRAFIA DEL MOle

TERMINAL**CONECTORES**

	D1	D2	D3	D4
1	REST	TA	P0	TA
2	TPA	TA	P1	TA
3	TPB	TA	P2	TA
4	DAT0	ENC2	P3	ENC2
5	DAT1	-12V	P4	-12V
6	DAT2	-12V	P5	-12V
7	DAT3	+12V	P6	+12V
8	DAT4	+12V	P7	+12V
9	DAT5	VAUX	-CA0	VAUX
10	DAT6	VAUX	+CA0	VAUX
11	DAT7	+24V	-CA1	+24V
12	DIR0	+24V	+CA1	+24V
13	DIR1	ENC1	-CA2	ENC1
14	DIR2	DMA-IN	+CA2	
15	DIR3	DMA-OUT	-CA3	-VBAT
16	DIR4	INT	+CA3	+VBAT
17	DIR5	Q	+12V	-VBAT
18	DIR6	SC0	+12V	+VBAT
19	DIR7	SC1	-12V	-VBAT
20	ESC	N0	-12V	+VBAT
21	LEC	N1	+5C	+5V
22	+5V	N2	+5C	+5V
23	+5V	EF1	TA	TD
24	TD	EF2	TA	TD
25	TD	EF3	TD	TD
26	TD	EF4	TD	TD

Ductos de interconexión de los módulos



El MOle