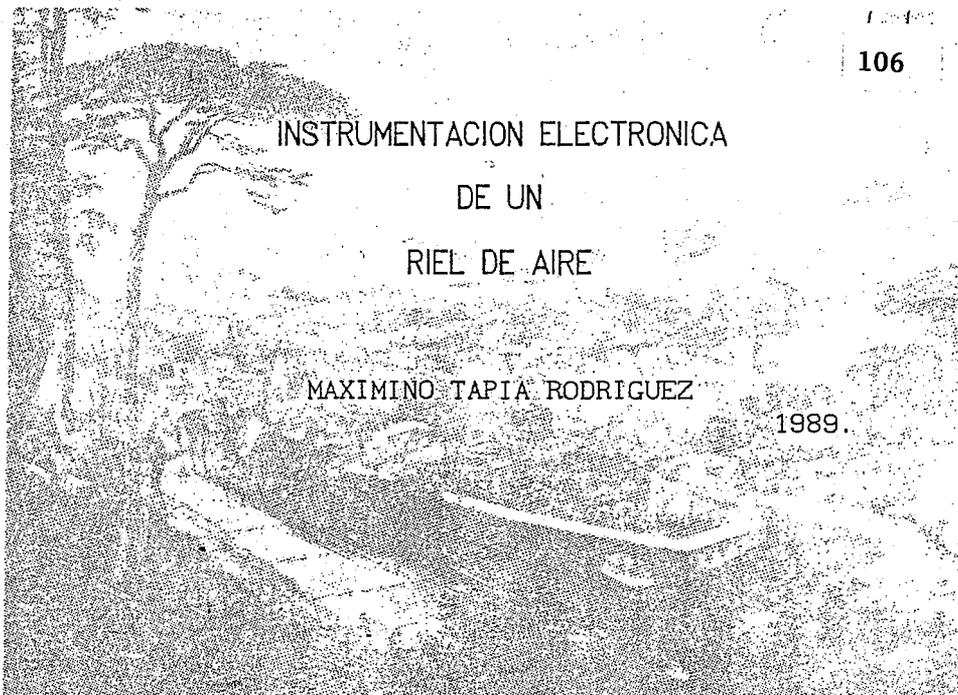


# COMUNICACIONES DEL CIMAT

106



INSTRUMENTACION ELECTRONICA  
DE UN  
RIEL DE AIRE

MAXIMINO TAPIA RODRIGUEZ

1989.

Este trabajo, fue realizado gracias a las oportunas y valiosas intervenciones de Gilberto Marrufo Quirino.

**CENTRO DE  
INVESTIGACION EN  
MATEMATICAS**

Apartado Postal 402

Guanajuato, Gto.

México

Tels. (473) 2-25-50

2-02-58



# INSTRUMENTACION ELECTRONICA

## DE UN

## RIEL DE AIRE

I.-Introducción.

II.-Instrumentación del riel.

1.- Medidores de desplazamiento.

a) El transmisor.

b) El receptor.

c) Circuito de cambio de variable  $s \rightarrow t$ .

2.- Tarjeta de cambio de variable  $t \rightarrow \#$  binario.

3.- El medidor de tiempo real.

4.- El elemento de proceso.

III.- Ejemplos y resultados.

IV.- Apendice A El reloj de tiempo real.

V.- Apendice B El receptor.

IV.- Apendice C La tarjeta de cambio de variable

$t \rightarrow \#$  binario.



## I.- Introducción.

Las mediciones experimentales de fenómenos físicos, son una base para formular, comprobar o refutar teorías analíticas que describen el comportamiento de dichos fenómenos.

La forma de obtener mediciones experimentales, se ha mejorado notablemente, con la utilización de la tecnología actual. Ya que se han desarrollado instrumentos de medición con especificaciones técnicas, que permiten alcanzar rangos y exactitudes muy altas.

Un aspecto importante en el proceso de mediciones experimentales, es la captura y/o transmisión de ellas a una computadora, ya que con la llegada de este elemento de proceso, a los laboratorios experimentales, el análisis se realizará optimamente. El elemento de proceso para manipular las mediciones experimentales (la computadora), se toma como parte integrante del instrumento de medición, cuando existe un enlace directo, entre el sensor del fenómeno a medir y la computadora. La tendencia en la fabricación de instrumentos de medición actuales, es incorporar un elemento de proceso numérico (microprocesador o computadora), dentro de él.

El riel de aire es un equipo diseñado para mantener en suspensión cuerpos rígidos, sobre un colchón de aire, como lo muestra la figura 1. Este equipo experimental se diseñó para estudiar el movimiento, en una sola dirección, de cuerpos rígidos, en un medio donde la fuerza de rozamiento es pequeña.



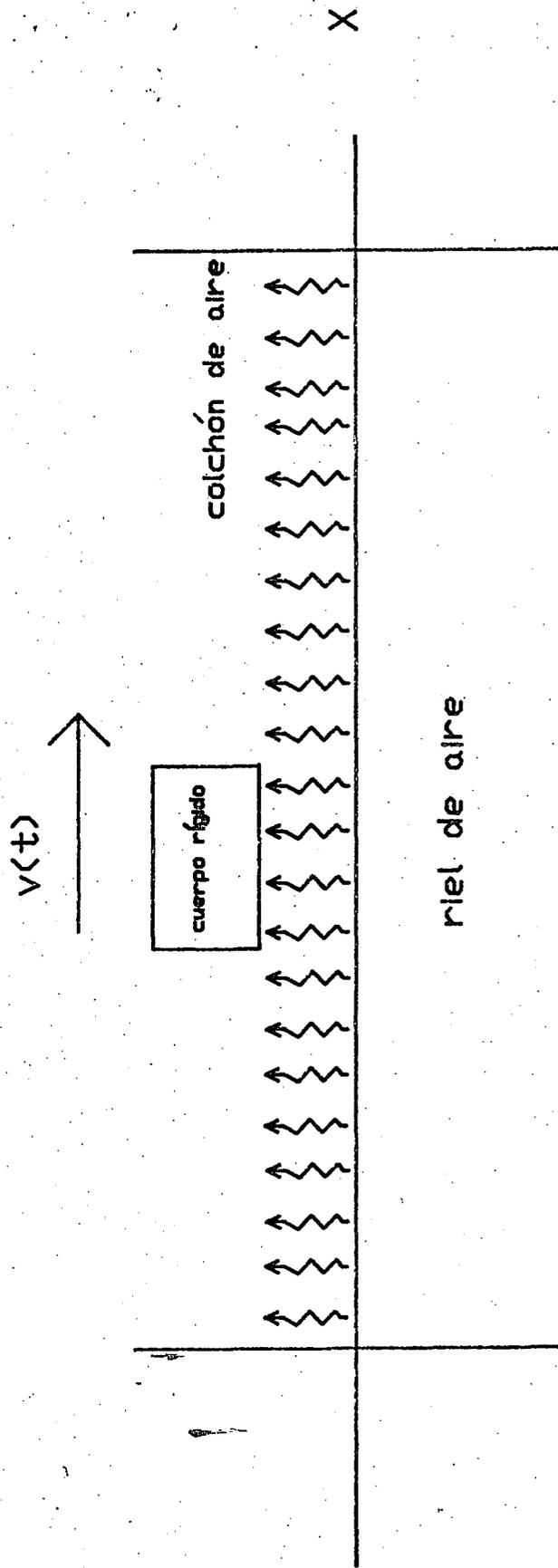


Fig 1 Principio de funcionamiento del riel de aire



En el riel de aire se pueden estudiar las diferentes variables asociadas al movimiento de los cuerpos, como son: El desplazamiento  $s(t)$ , la velocidad  $v(t)$ , la aceleración  $a(t)$ , y otras como la fuerza y la energía por ejemplo. La medición de estos conceptos físicos se puede obtener, tomando mediciones, únicamente de posición y de tiempo, como pares ordenados  $(s,t)$ , y realizar un análisis numérico adecuado para obtener la variable deseada. Como se desea estudiar la interacción de dos cuerpos en movimiento, la instrumentación requiere de:

a) Dos medidores de desplazamiento o posición  $s_1, s_2$ , asociados a cada uno de los cuerpos en movimiento.

b) Un medidor de tiempo para formar los pares ordenados de (desplazamiento, tiempo).

c) Un controlador, para manejar la aplicación o no, de aire, para la suspensión de los cuerpos en movimiento.

Como se ha mencionado en los párrafos anteriores, estos instrumentos formarán un enlace directo con la computadora, como elemento de proceso.



## II.- La instrumentación del riel de aire.

El diagrama a bloques de la figura 2, muestra las diferentes etapas, que conforman la instrumentación del riel de aire, y que son :

1.- Dos medidores de desplazamiento (uno para cada cuerpo), donde se realiza una conversión de variable, de desplazamiento a tiempo, es decir se obtiene un intervalo de tiempo proporcional al intervalo de desplazamiento medido.

2.- Una tarjeta de cambio de variable, de tiempo a un número binario, esto se realiza asociando un número binario a cada magnitud del intervalo de tiempo; para establecer el enlace directo con la computadora, ya que esta requiere los datos digitales para su proceso.

3.- Un medidor de tiempo real .

4.- Un control de encendido-apagado, de la bomba de suministro de aire, que mantendrá en suspensión los cuerpos en movimiento.

5.- Un elemento de proceso numérico, para manipulación y exhibición de los resultados de las mediciones experimentales.

Cada etapa se describe a continuación.

1.- Medidores de desplazamiento.

Esta basado en líneas de retardo magnetostrictivas, y su operación se ilustra en la figura 3.



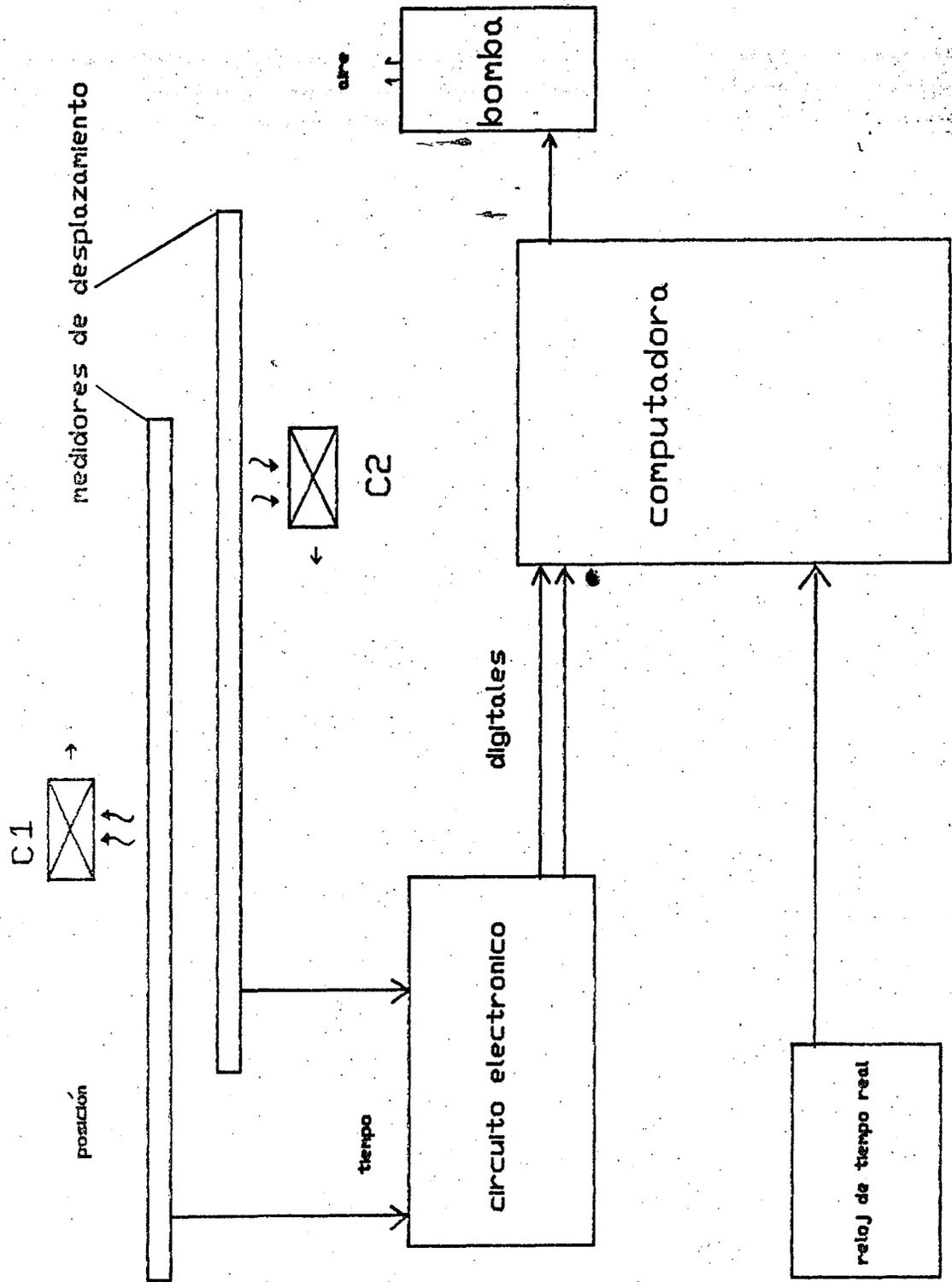


Fig 2 Diagrama a bloques



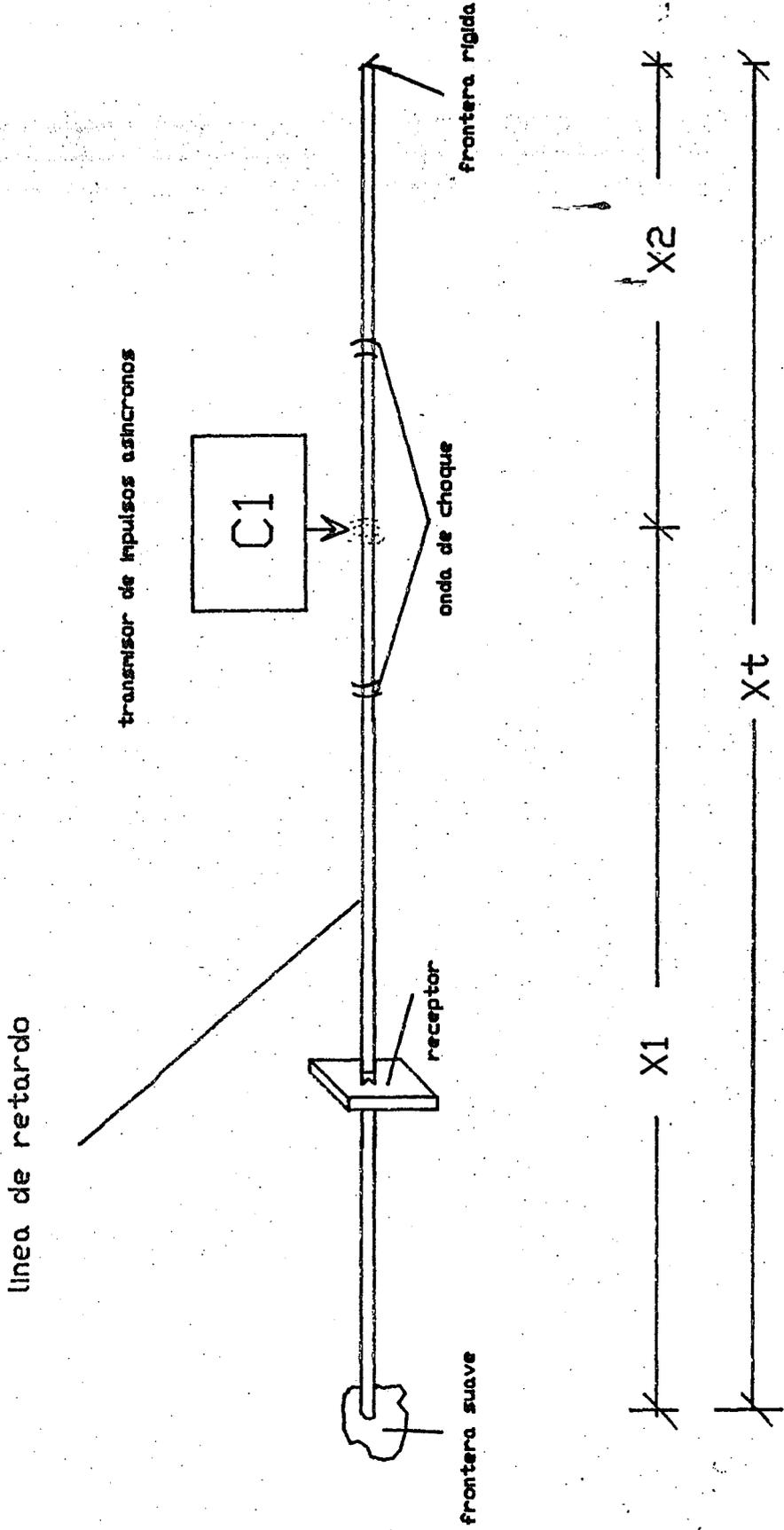


Fig 3 Medidor de desplazamiento.



El proceso, se inicia con la aplicación de impulsos periódicos asíncronos de campo magnético, a las líneas de retardo, en el tiempo  $t(0)$ . Estos impulsos son proporcionados por un transmisor que se encuentra montado en el cuerpo en movimiento. Generando una onda de choque que se desplaza en ambas direcciones, a través de las líneas de retardo. La que toma la dirección izquierda, es captada por el receptor, en el tiempo  $t(i)$ , y desaparece en la frontera suave. La que toma la dirección derecha, rebota en la frontera rígida (cambiando de fase), para llegar al receptor en el tiempo  $t(d)$ , y desaparecer en la frontera suave. Como se muestra en las figuras 3 y 4.

Los medidores de desplazamiento están constituidos por tres elementos :

a) El transmisor. que se encuentra montado en el cuerpo en movimiento, básicamente consiste en un oscilador a estable asimétrico con carga resonante de un circuito LC en serie, alimentado con una batería e implementado con un circuito integrado LM555. El diagrama esquemático se muestra en la figura 5.

b) El receptor. Este circuito esta constituido por la bobina sensora de impulsos de campo magnético, que esta acoplada a un amplificador diferencial, seguido de dos pasos de amplificación, todos ellos con un ancho de banda de 4 MHz. y un comparador de magnitud, para obtener pulsos cuadrados compatibles con niveles TTL. El diagrama esquemático se muestra en la figura 6.



$v = \text{velocidad de propagación}$      $t_m > 2(xt/v)$

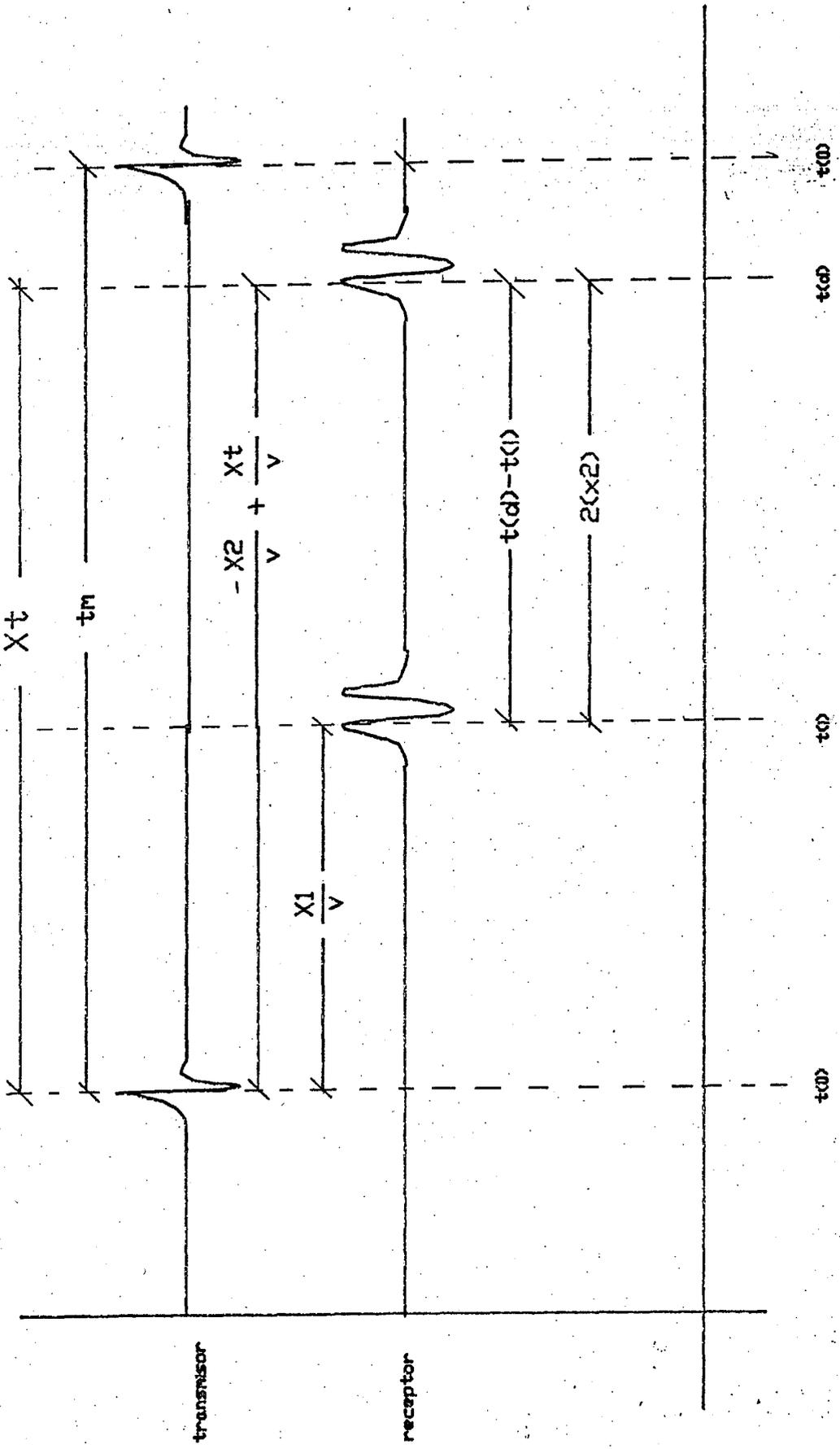


Fig 4 Diagrama de tiempo Transmisor-Receptor



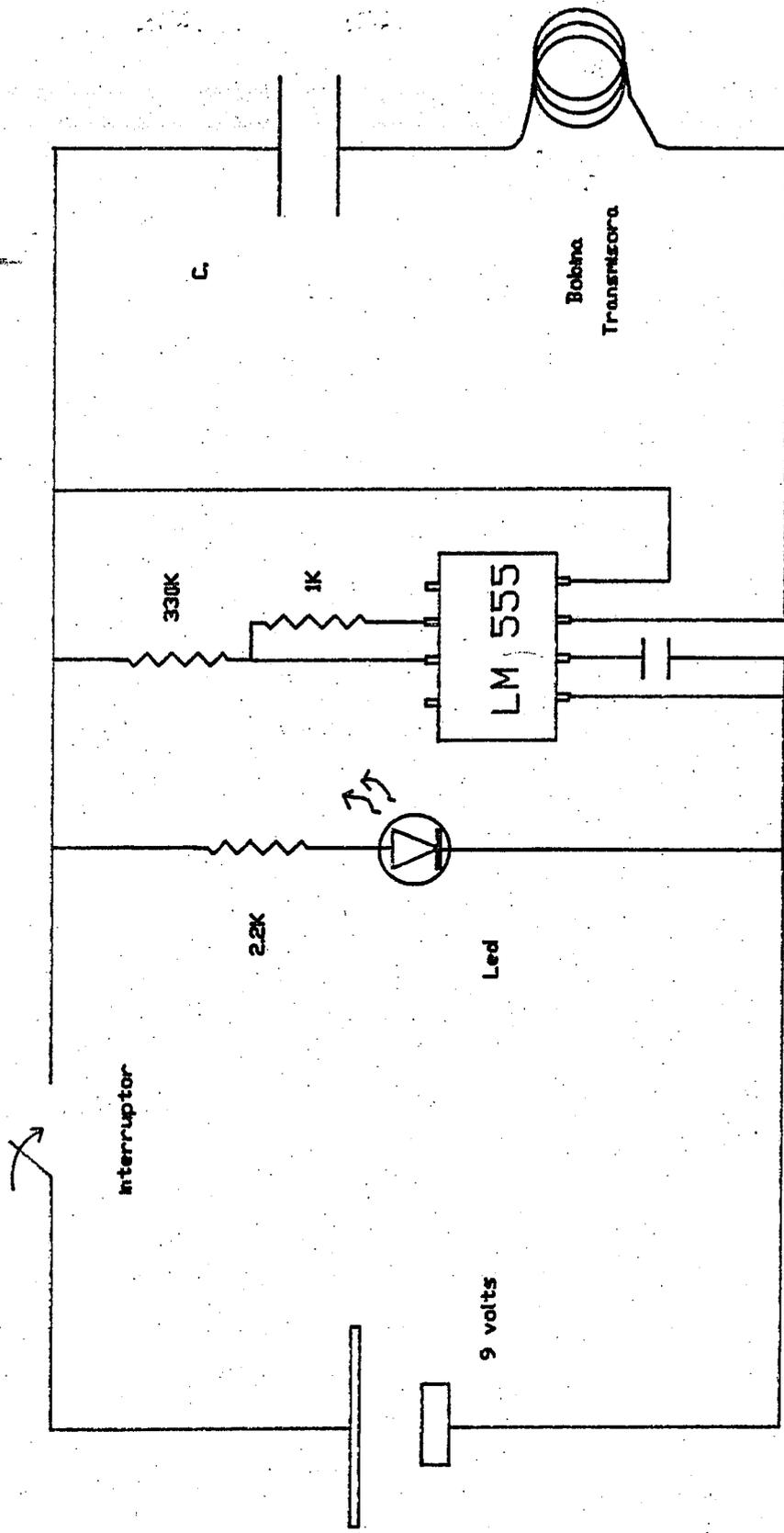


Fig 5 Transmisor montado en el cuerpo en movimiento.



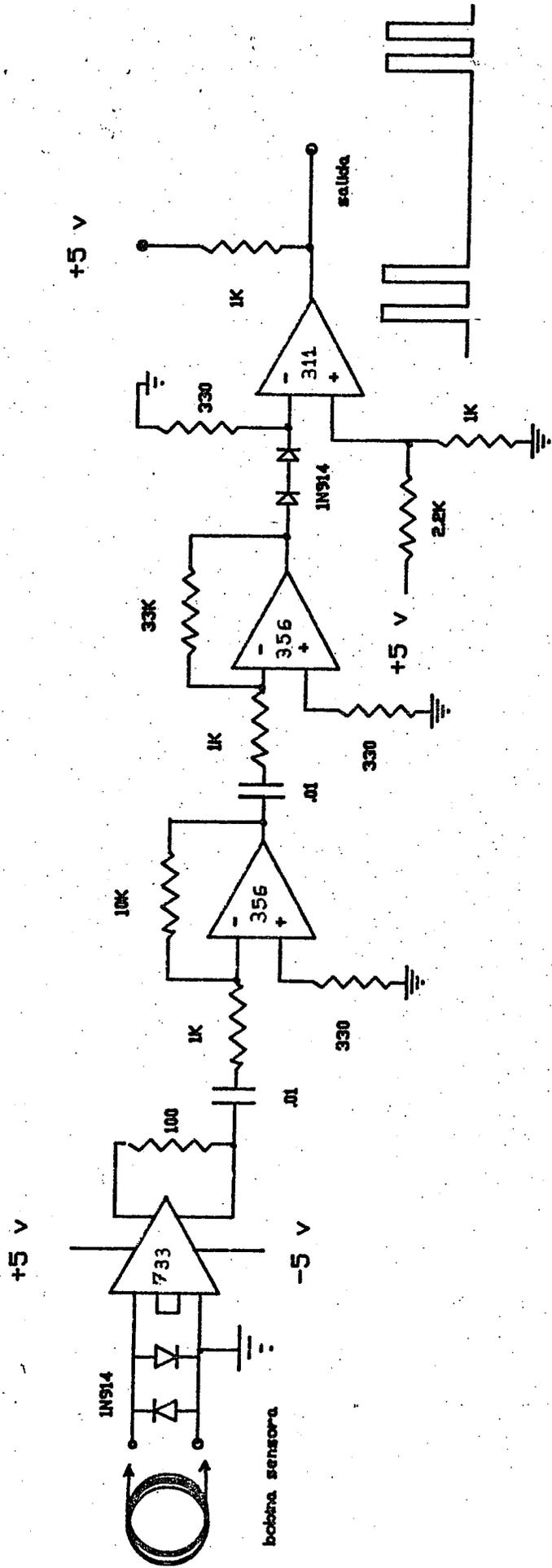


Fig 6 Amplificador



c) El circuito de cambio de variable (desplazamiento a tiempo). utilizado para obtener un pulso con una duración proporcional al desplazamiento medido. Está fabricado con un grupo de tres flíp-flops JK de donde se obtienen tres señales:

BORRA pulso para fijar contadores a la cuenta inicial.

CUENTA pulso de duración proporcional al desplazamiento.

INTERRUMPE pulso de medición realizada.

El diagrama esquemático se muestra en la figura 7 y un diagrama de tiempo se muestra en la figura 8.

### 2.- Tarjeta de cambio de variable (tiempo a número binario).

Este circuito permite el enlace directo con la computadora, y realiza una acumulación de números, asociada al intervalo de tiempo (duración del pulso CUENTA), que a su vez es proporcional al desplazamiento medido. El número binario acumulado es entregado a la computadora a través de cuatro puertos de entrada (dos bytes por cada medidor) cuando se avisa a la computadora con la señal INTERRUMPE que una medición ha sido realizada. El diagrama esquemático se muestra en la figura 9.

3.- El medidor de tiempo real. Que se utiliza para marcar el tiempo en que se registraron las mediciones de desplazamiento y formar los pares ordenados (desplazamiento, tiempo), se realiza con una tarjeta de reloj de tiempo real integrada en la computadora.



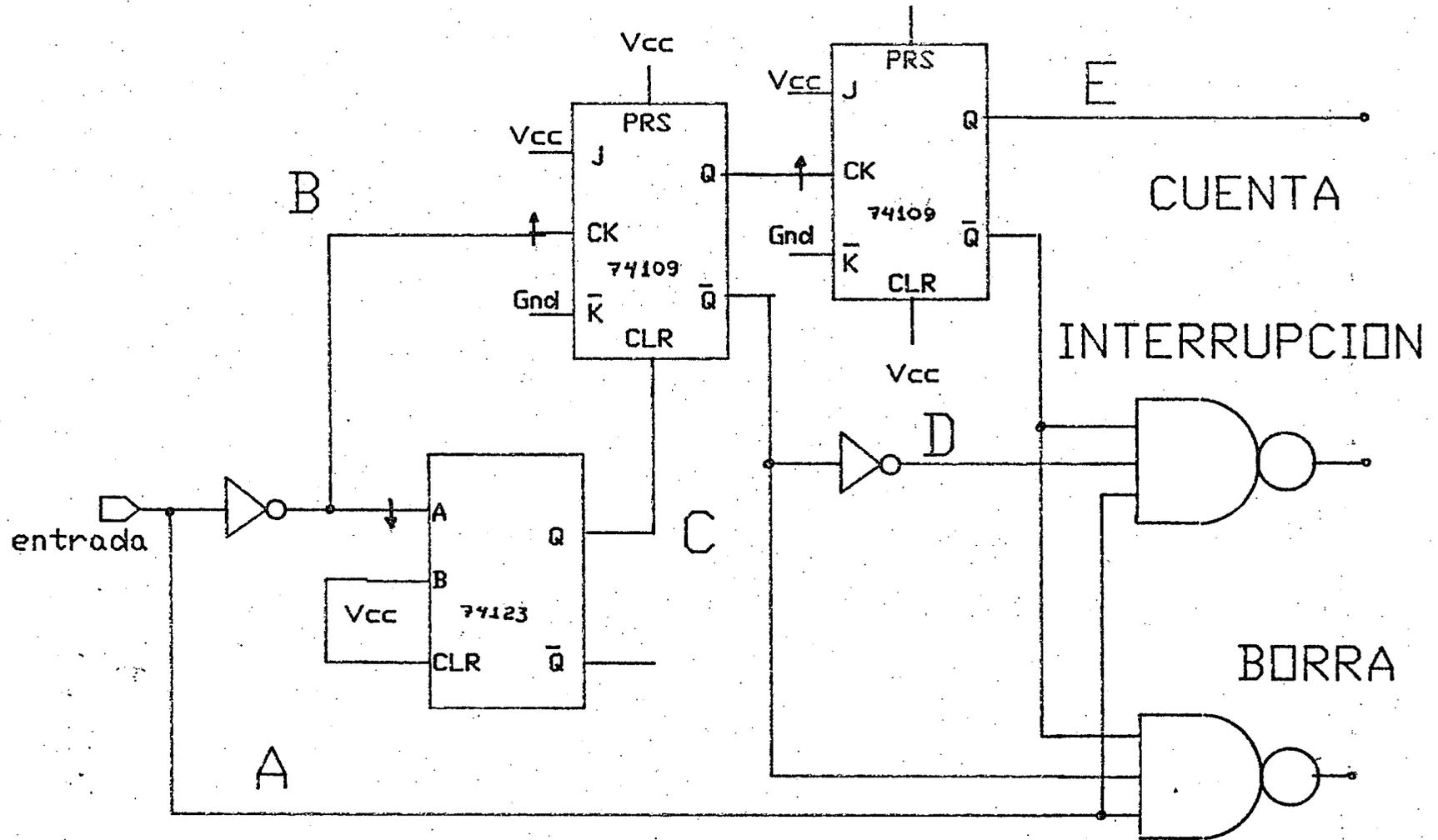


Fig 7 Procesamiento digital



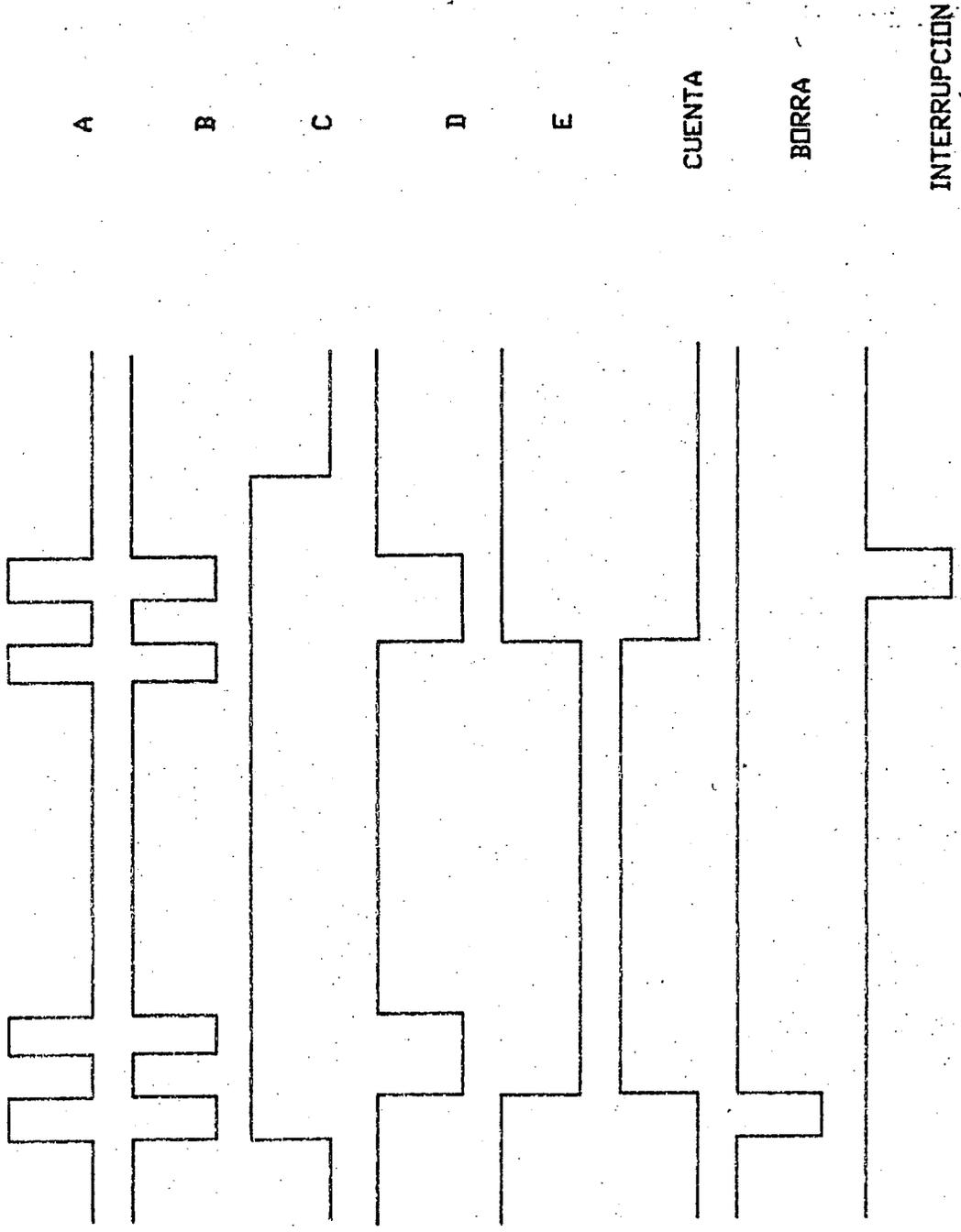


Fig 8 Diagrama de tiempo para proceso digital



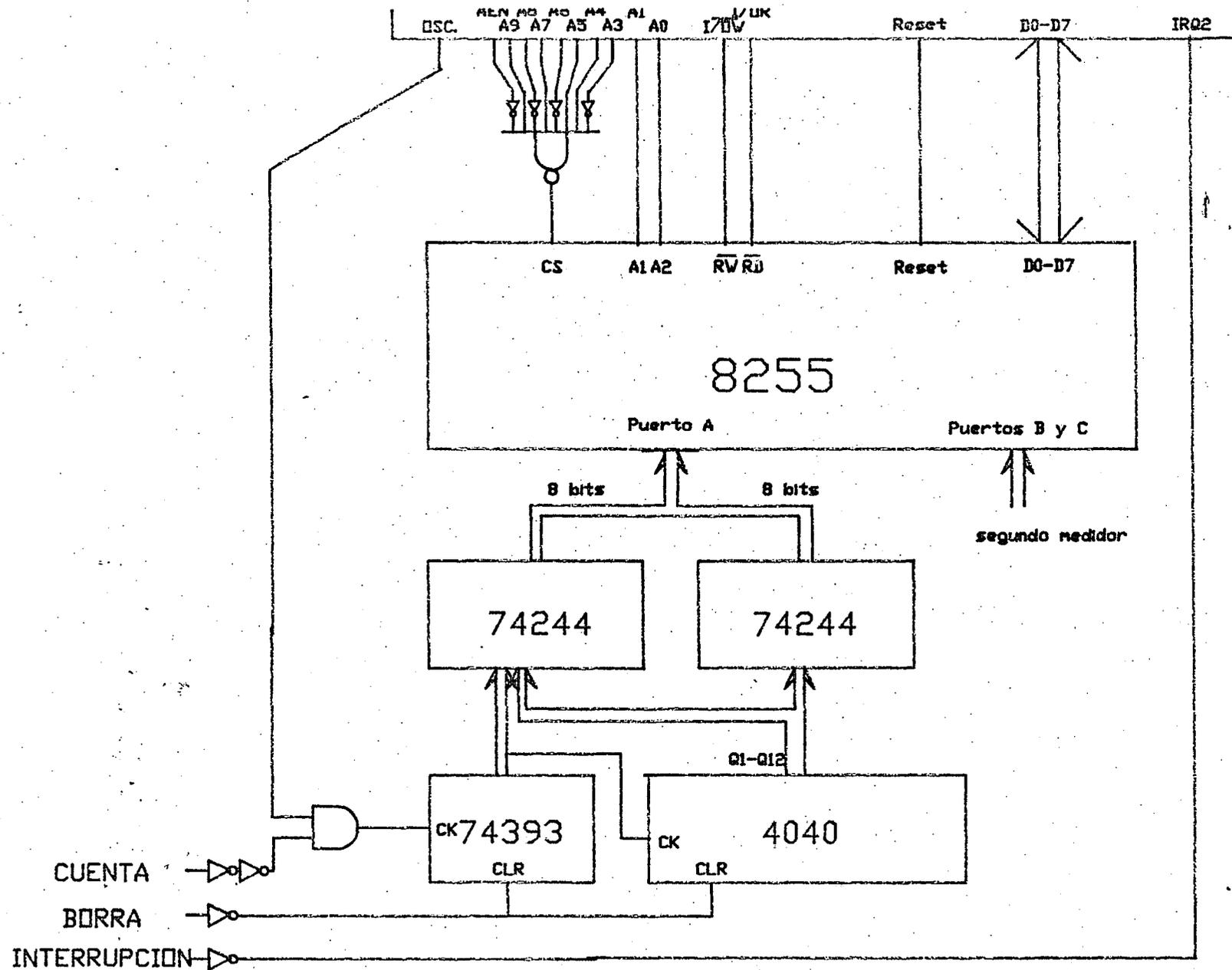
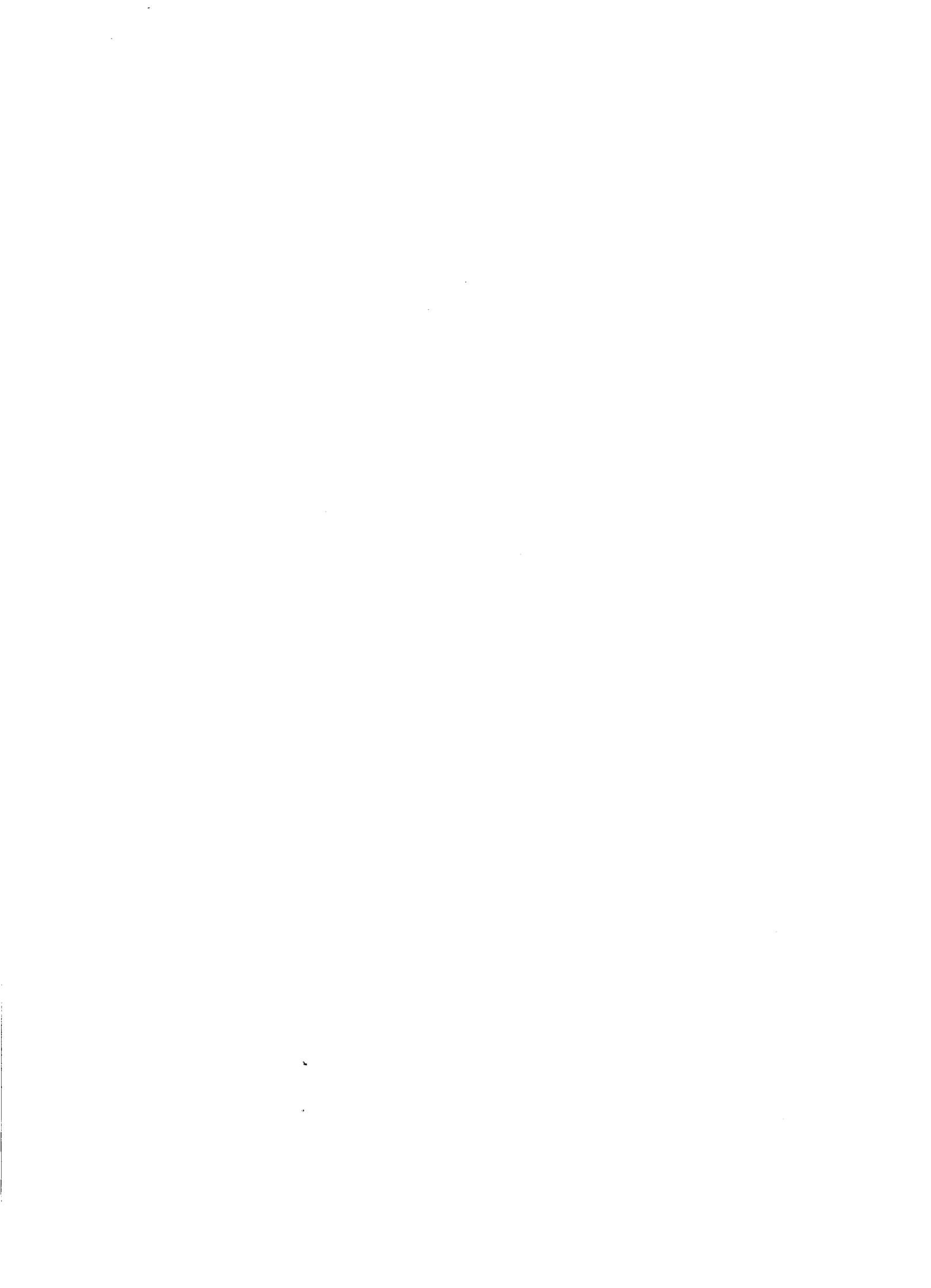


Fig 9 Contadores y enlace con comp.



4.-El control para la bomba. Que inyecta aire en el riel para formar el colchón de mínima fricción, donde el cuerpo flota en su movimiento. Es activado con un relevador de estado sólido, implementado con un opto-aislador con salida de triac que dispara a su vez un triac de media potencia. El diagrama esquemático se muestra en la figura 10.

5.- El elemento de proceso. Que está representado por una computadora personal IBM compatible y que trabaja en la adquisición de datos a través de interrupciones. Para permitir realizar análisis numéricos o graficación, mientras se realizan las mediciones, y solo cuando una interrupción ocurre (una medición se ha realizado) se encarga de tomar los valores de tiempo y posición obtenidos.



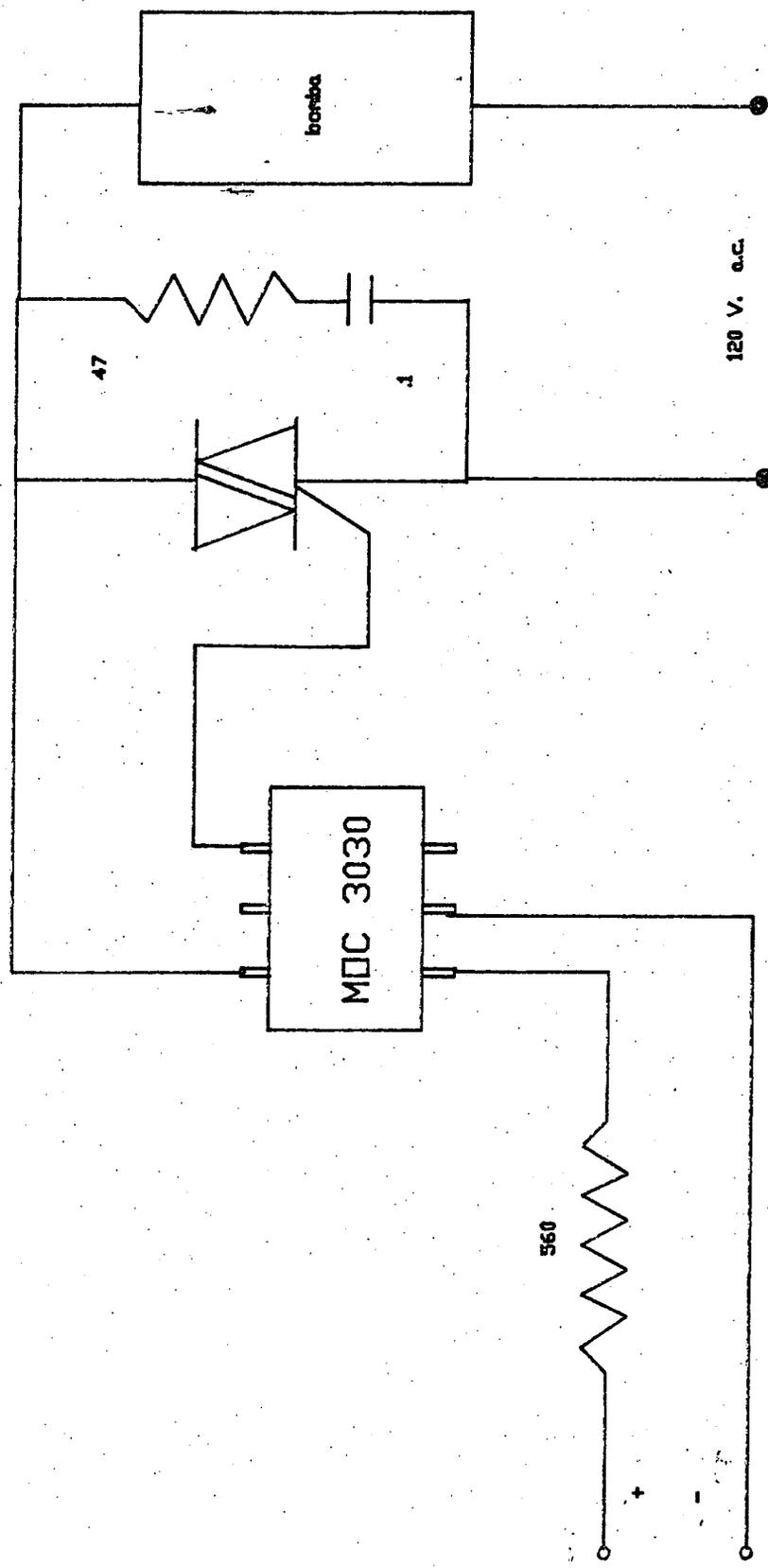


Fig 10 Controlador de la bomba



### III Ejemplos y resultados.

Las figuras 11, 12, ..., 20, son ejemplos que representan muestras de mediciones efectuadas sobre el riel de aire con diversos experimentos, y muestran solo ejemplos de las posibles mediciones que se pueden efectuar:

- a) movimiento rectilíneo uniforme.
- b) movimiento uniformemente acelerado.
- c) choques elásticos.
- d) sistema resorte-masa.
- e) oscilador armónico.
- f) sistema múltiple.

#### Especificaciones del medidor de desplazamiento

alcance	400 cm.
precisión	85%
exactitud	0.5 mm.
resolución	0.25 mm.

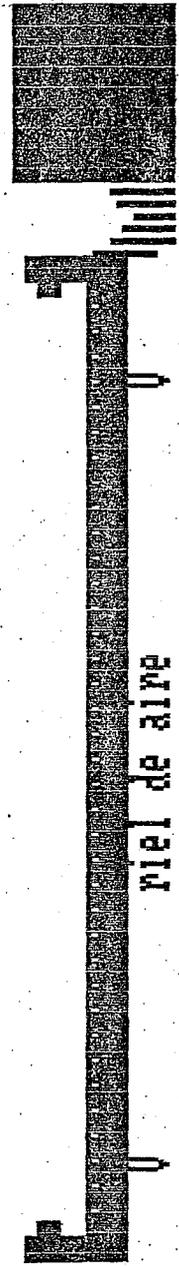
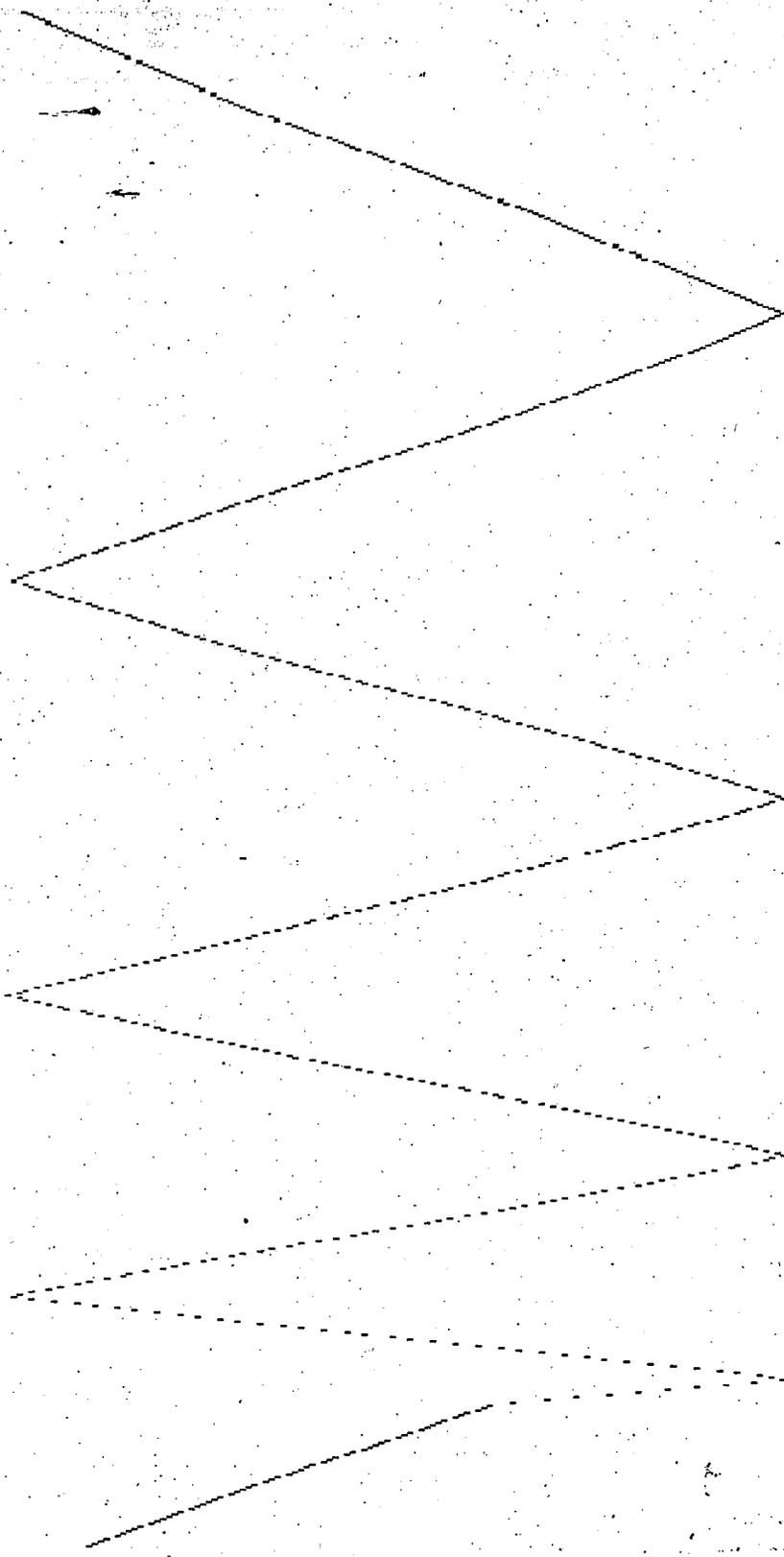
Se anexan histogramas para muestras de 200 datos, para diferentes posiciones a lo largo del riel, en la figura 21.

#### Especificaciones del reloj de tiempo real.

reloj-calendario (tiempo y fecha)	
resolución	.01 seg.



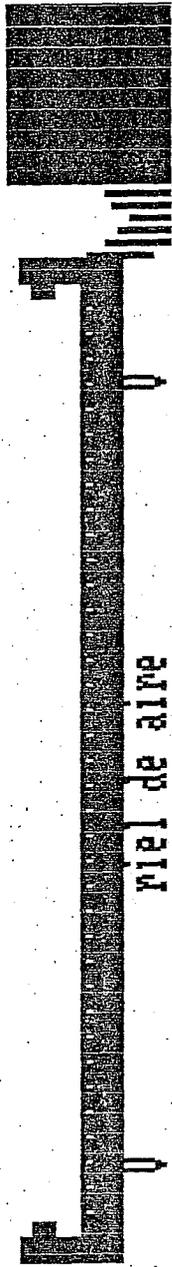
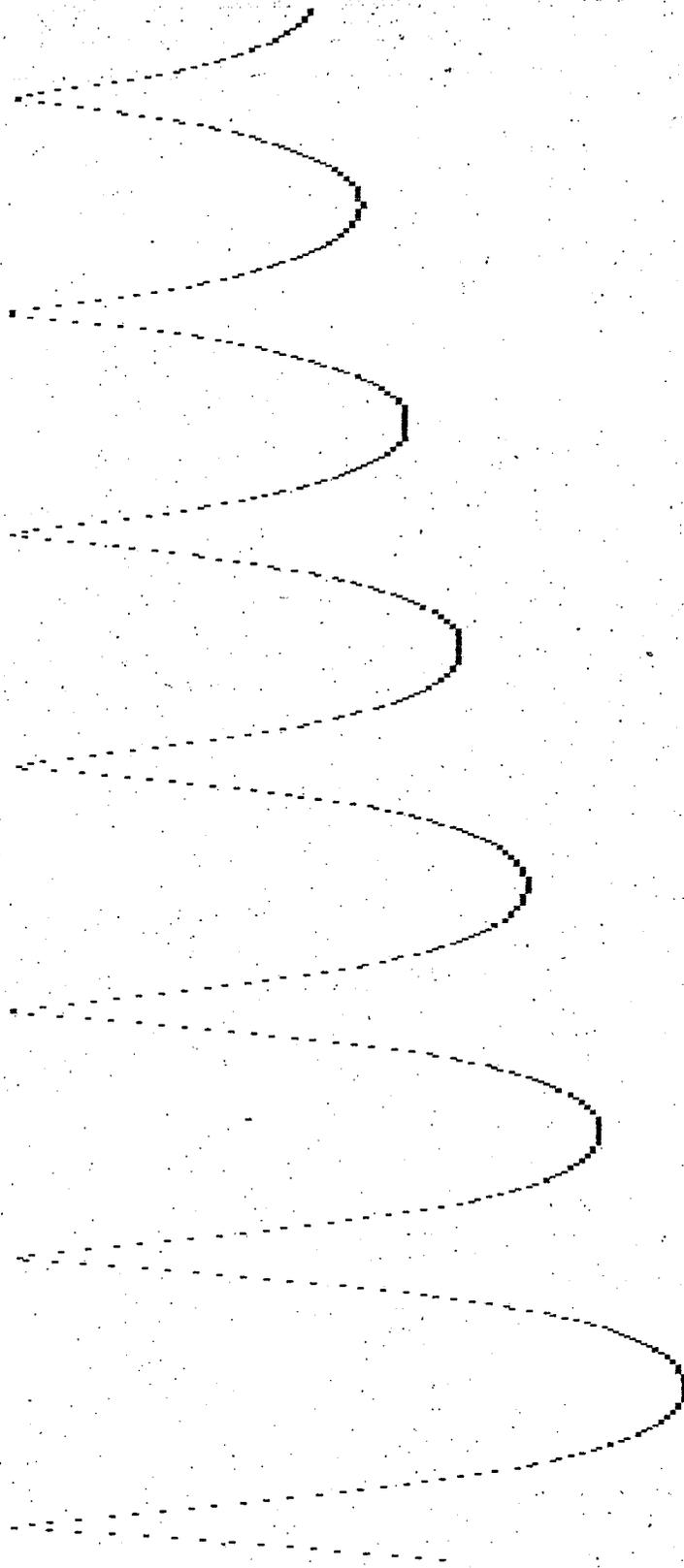
Archivo de Mediciones Experimentales ANE-(maximo)



riel de aire

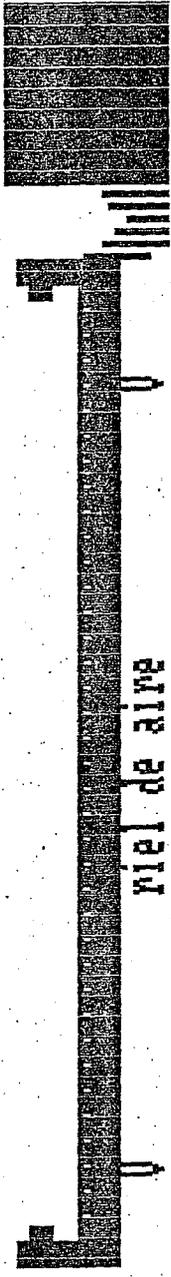
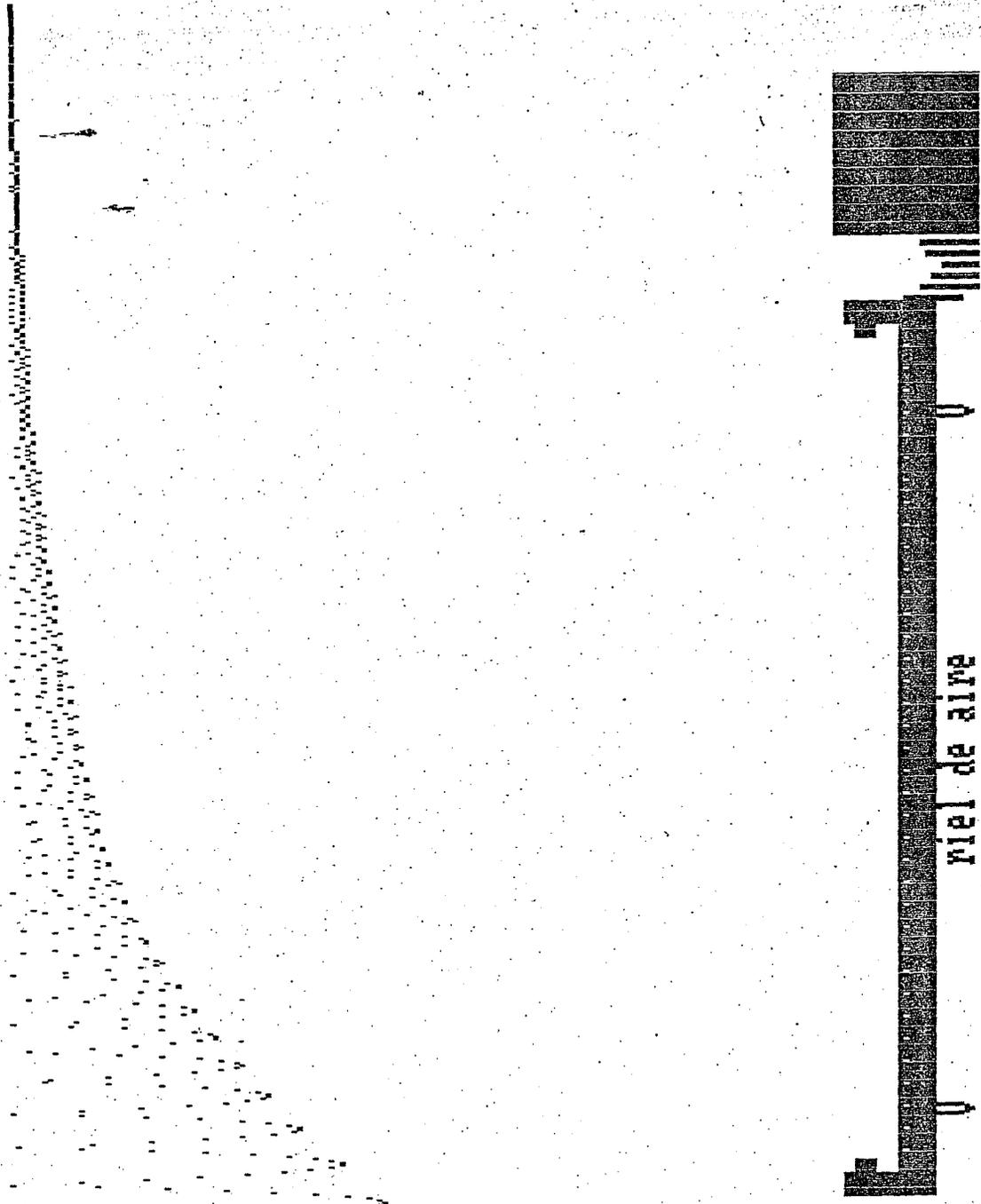


Archivo de Mediciones Experimentales AME=<maxtres>





Archivo de Mediciones Experimentales    AME=(maxcuatr)

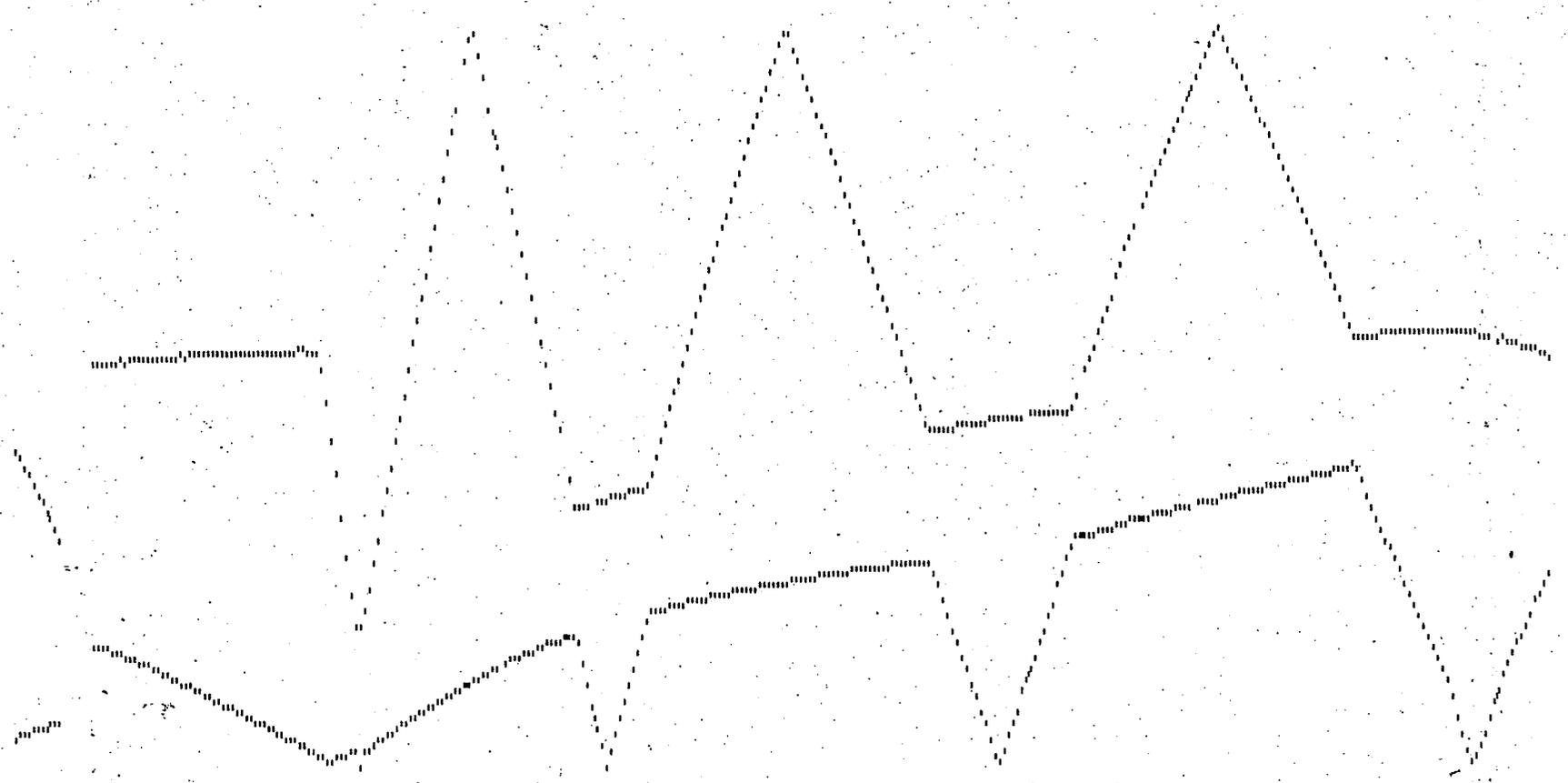


riel de aire

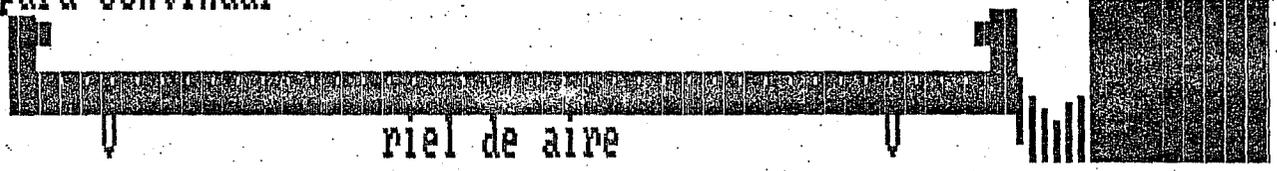


Archivo de Mediciones Experimentales

AME-(maxseis)



una tecla para continuar

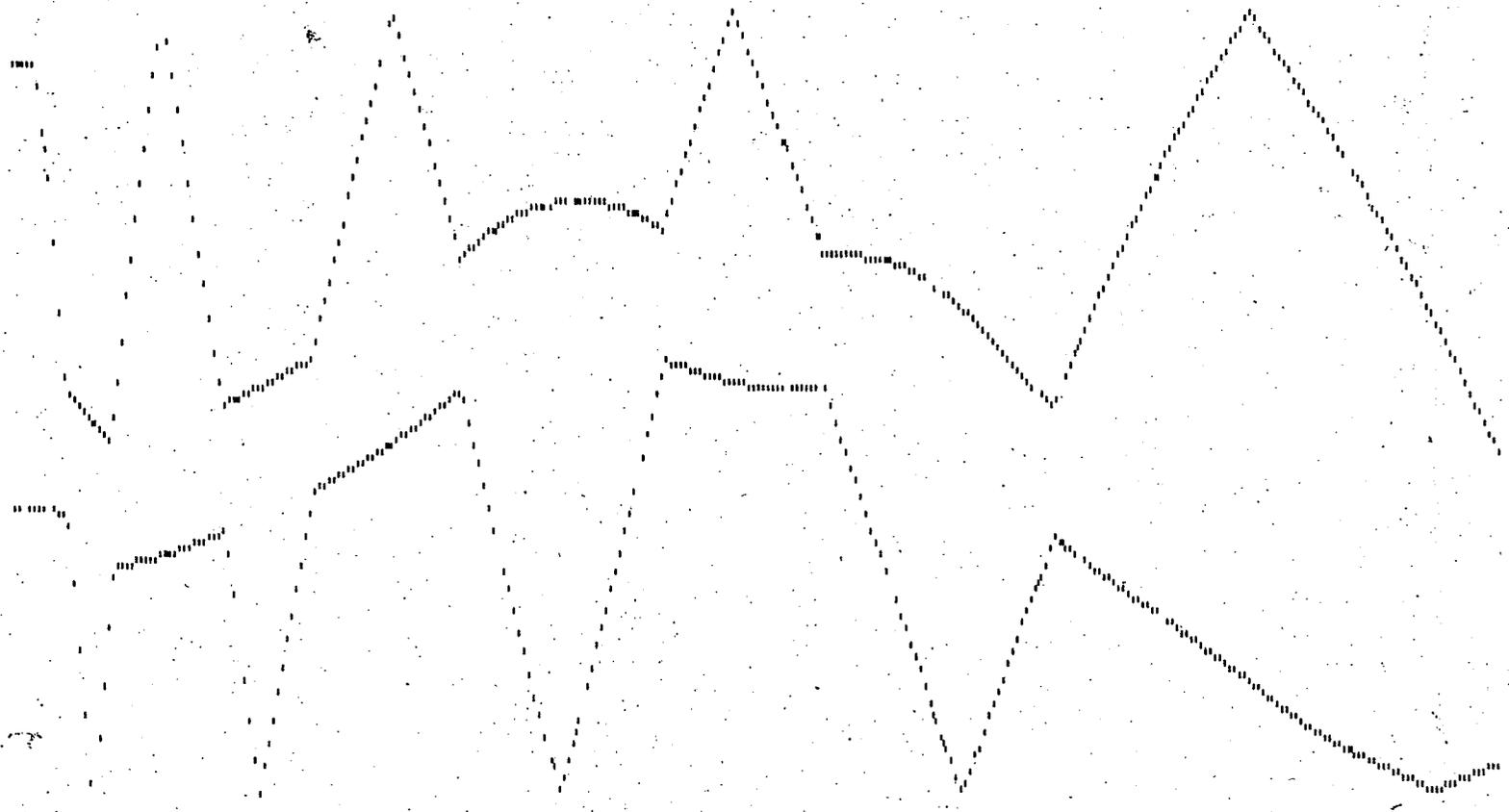


riel de aire

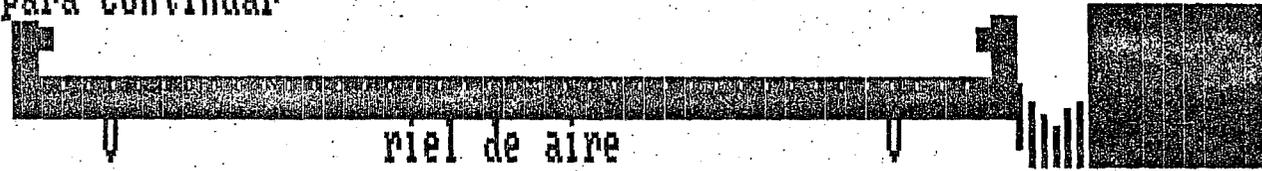


Archivo de Mediciones Experimentales

ANE-(alii)



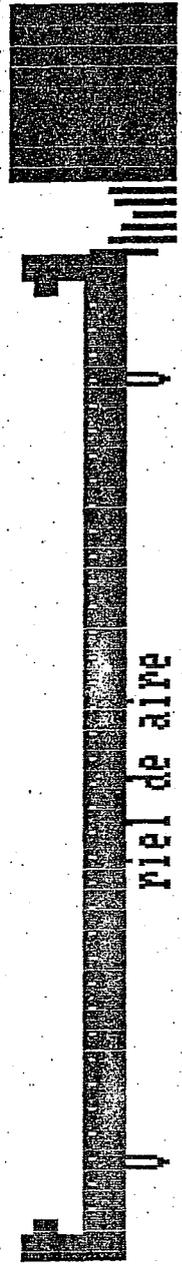
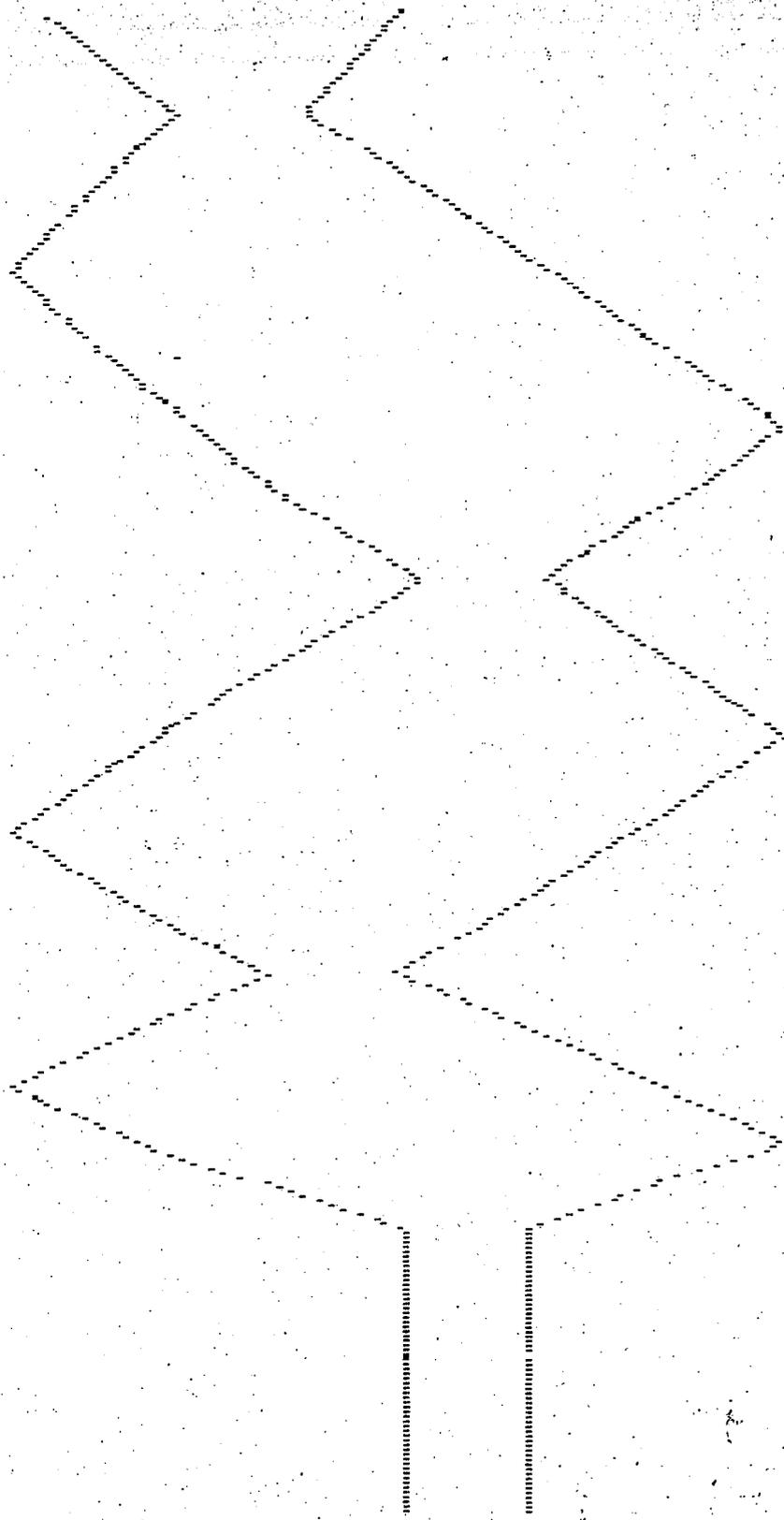
una tecla para continuar



riel de aire

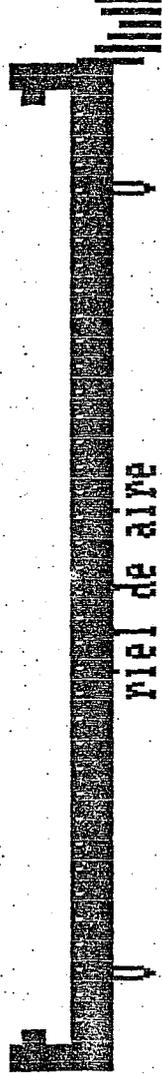
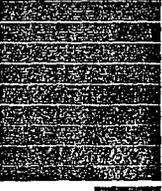
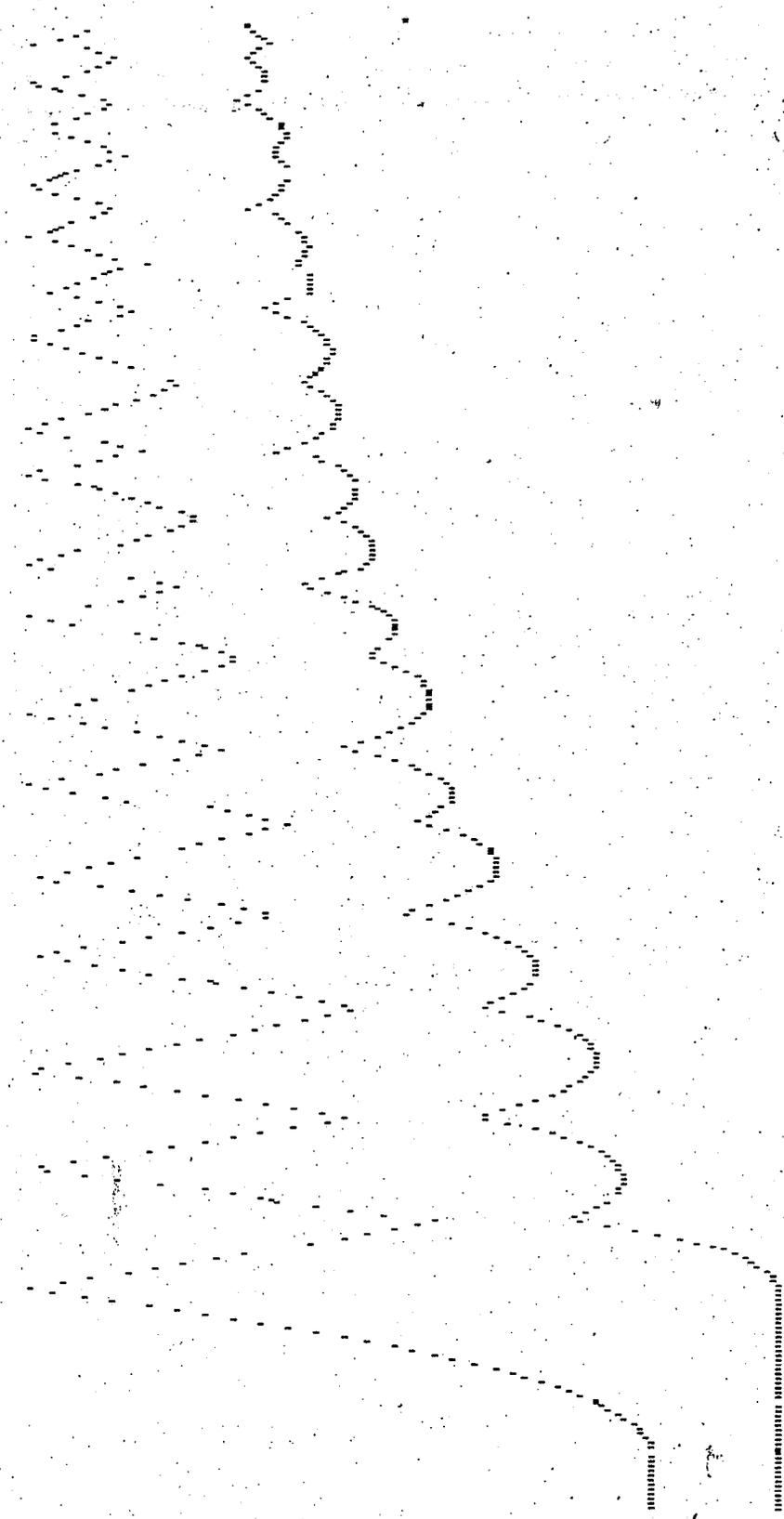


Archivo de Mediciones Experimentales    AME={ali3}





Archivo de Mediciones Experimentales AME=<ali4>



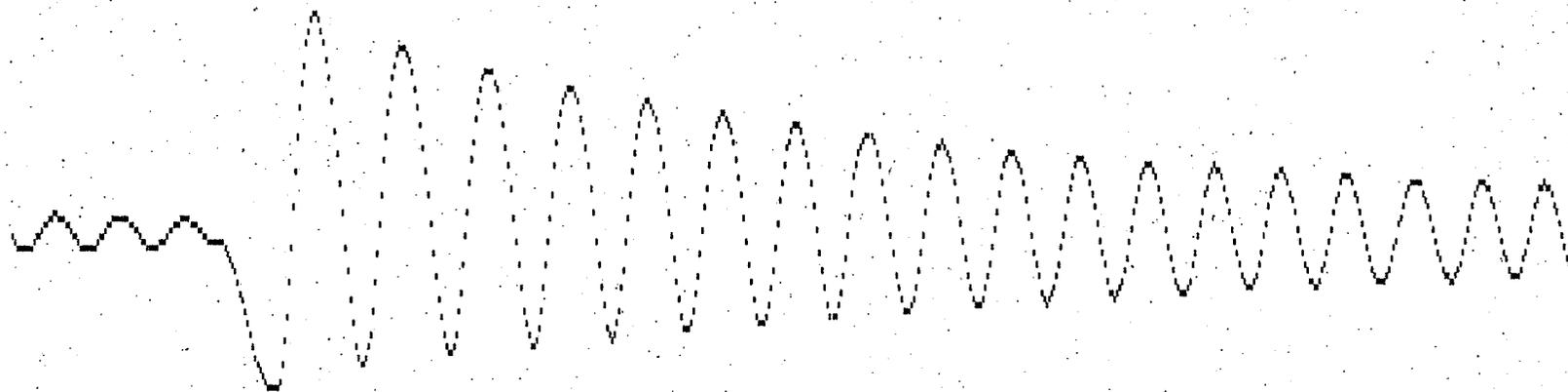
riel de aire



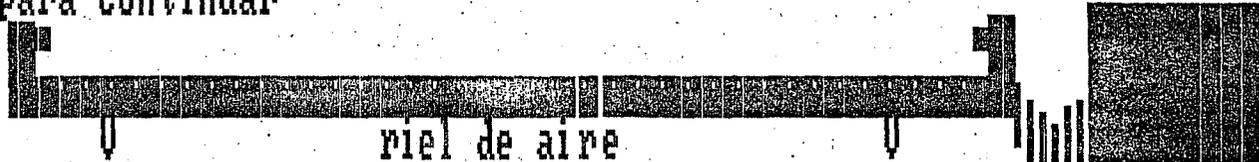


Archivo de Mediciones Experimentales

AME=<maxcinco>



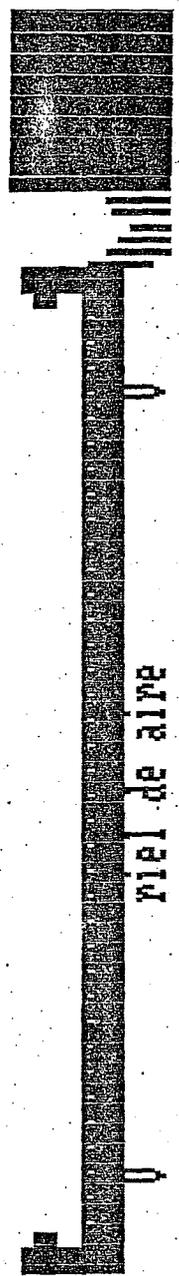
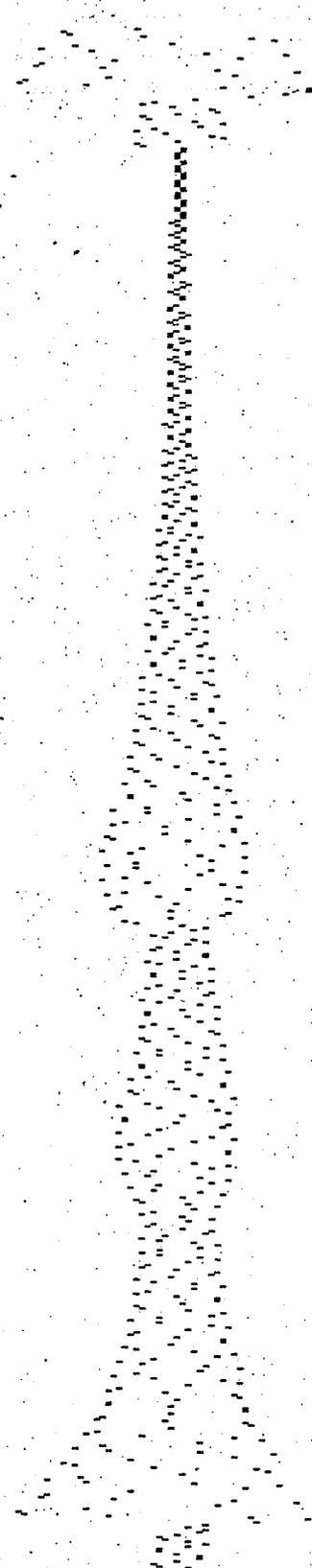
una tecla para continuar



riel de aire



Archivo de Mediciones Experimentales ANE-(nacho)



riel de aire



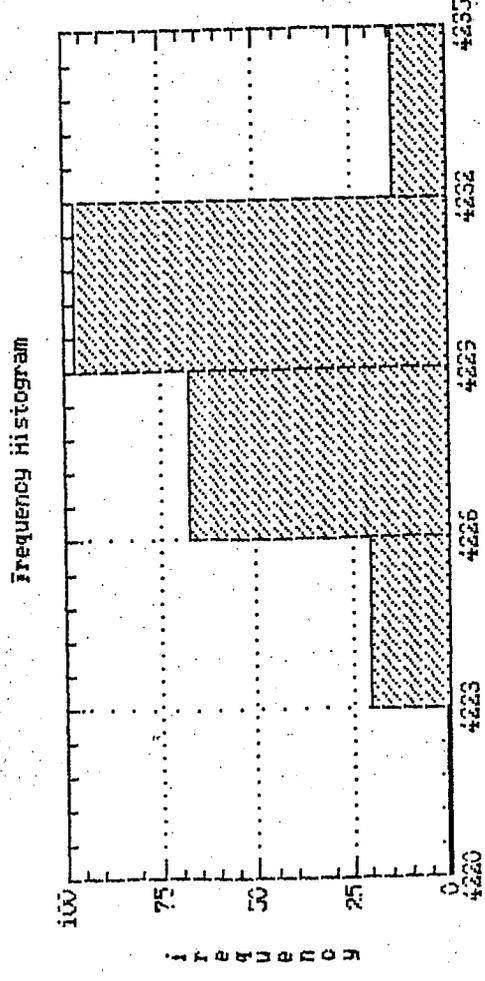
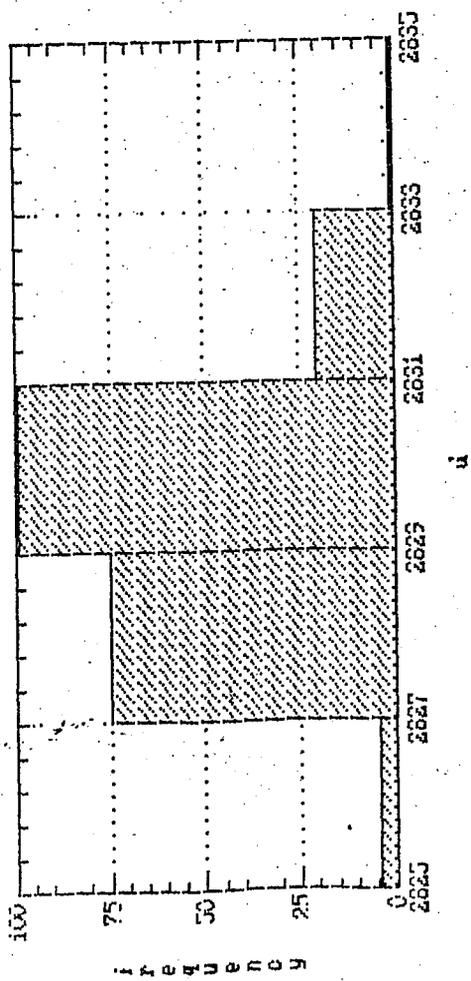
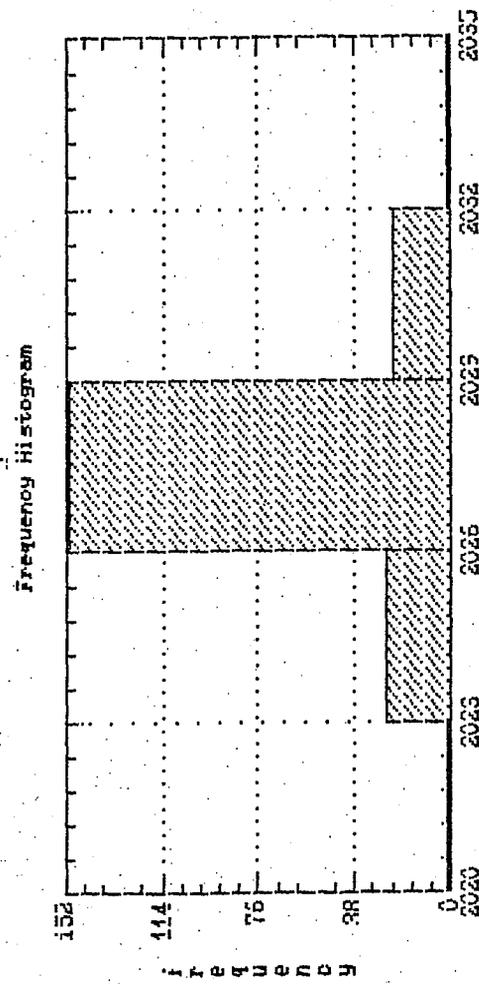
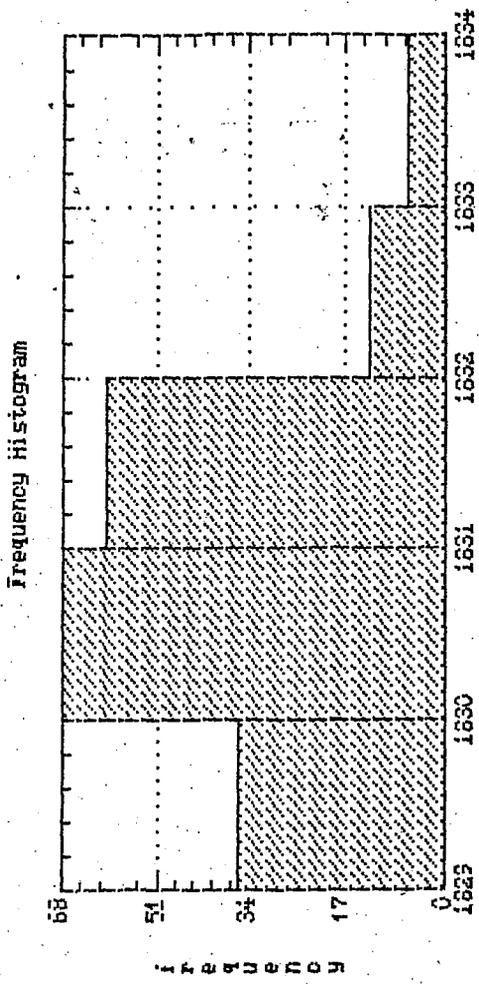


Fig. 21 Distribuciones de Muestras de 200 datos, para diferentes posiciones.



IV Apendice A El reloj de tiempo real.

.La tarjeta que contiene el reloj de tiempo real, tiene direccionados como puertos de entrada según se muestran en la siguiente tabla, así como su contenido.

# de puerto hex.	contenido
241	cent.
242	seg.
243	min.
244	horas
245	***
246	dia
247	mes
248	***
249	año



V Apendice B El receptor.

a) Identificación de las terminales en el conector tipo peine, que contiene al circuito impreso del receptor.

# de terminal	descripción
1	+ 5 volts 130 mA.
2	- 5 volts 10 mA
3	tierra
4	tierra
5	tierra
6	Tiempo a contar canal 1
7	Cuenta inicial cero canal 1
8	Cuenta inicial cero canal 2
9	Salida Q canal 1
10	Salida Q canal 2
11	Tiempo a contar canal 2
12	+5 volts 130 mA.

b) Circuito impreso del receptor, mostrando las dos vistas del circuito.

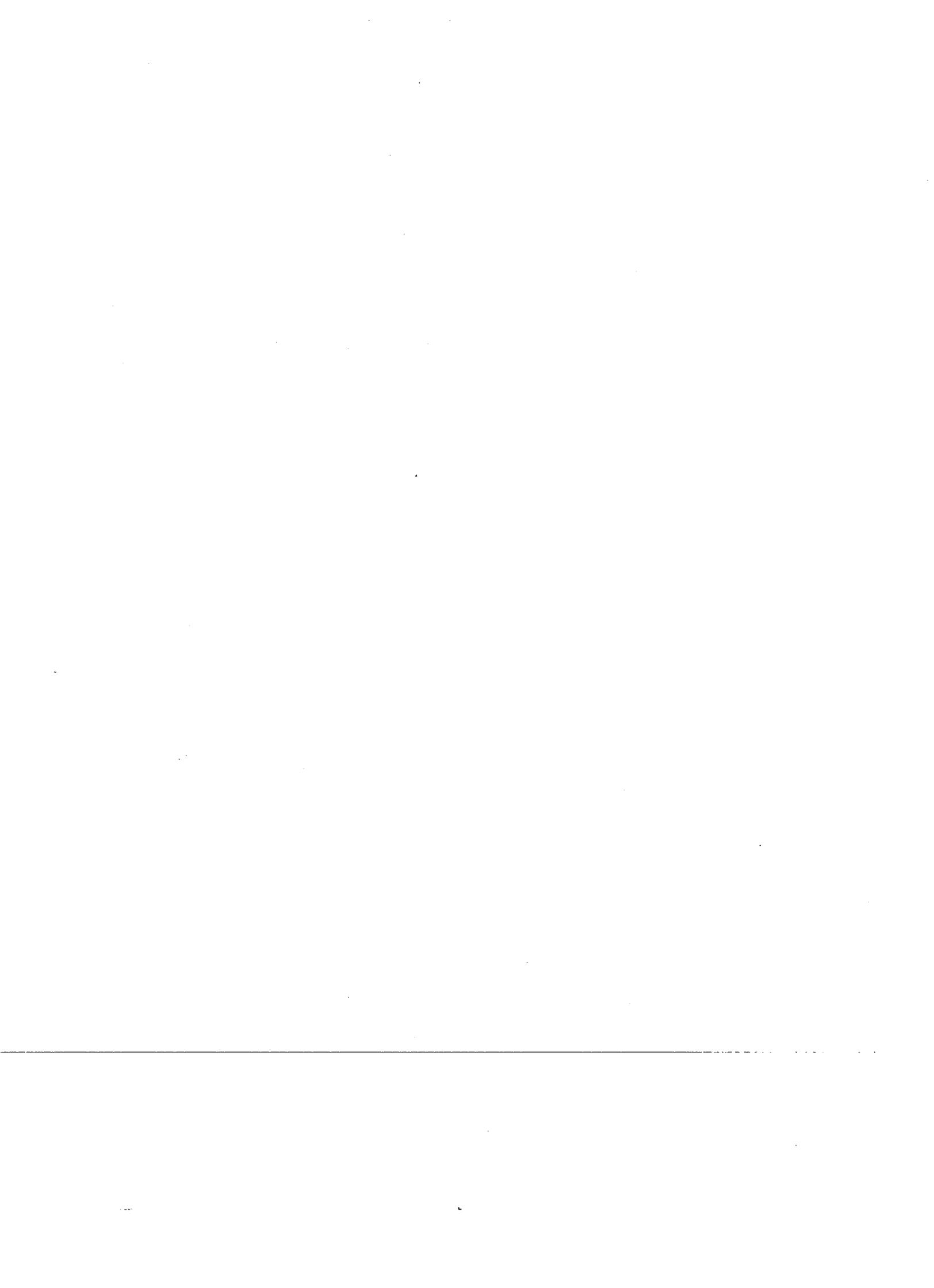
c) Identificación de las terminales del conector desalida, entre el receptor y la tarjeta de conversión de variable, de intervalo de tiempo a número binario.

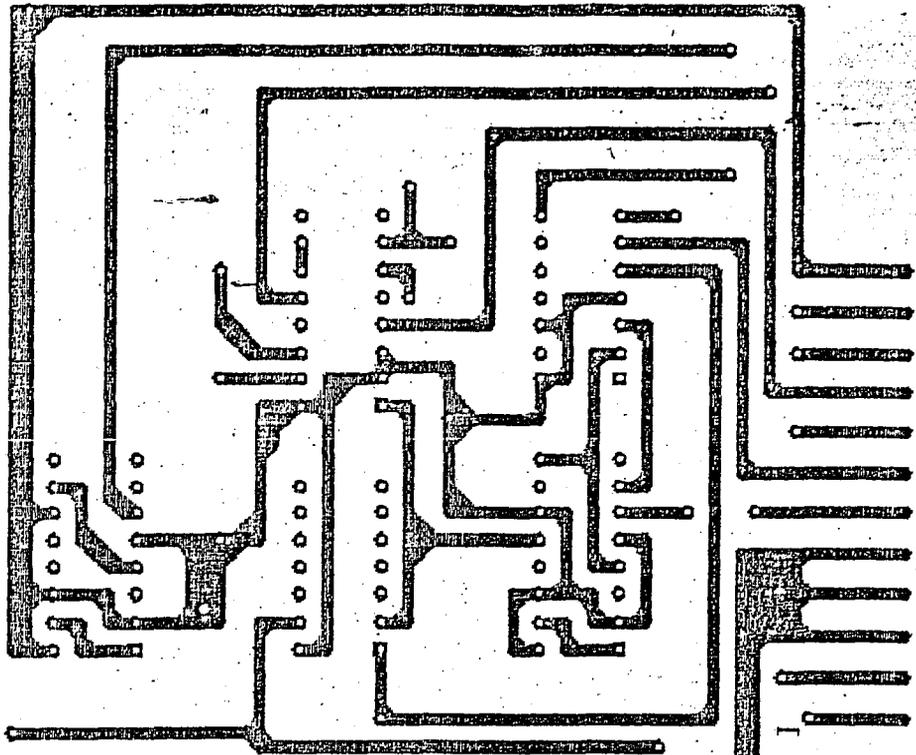
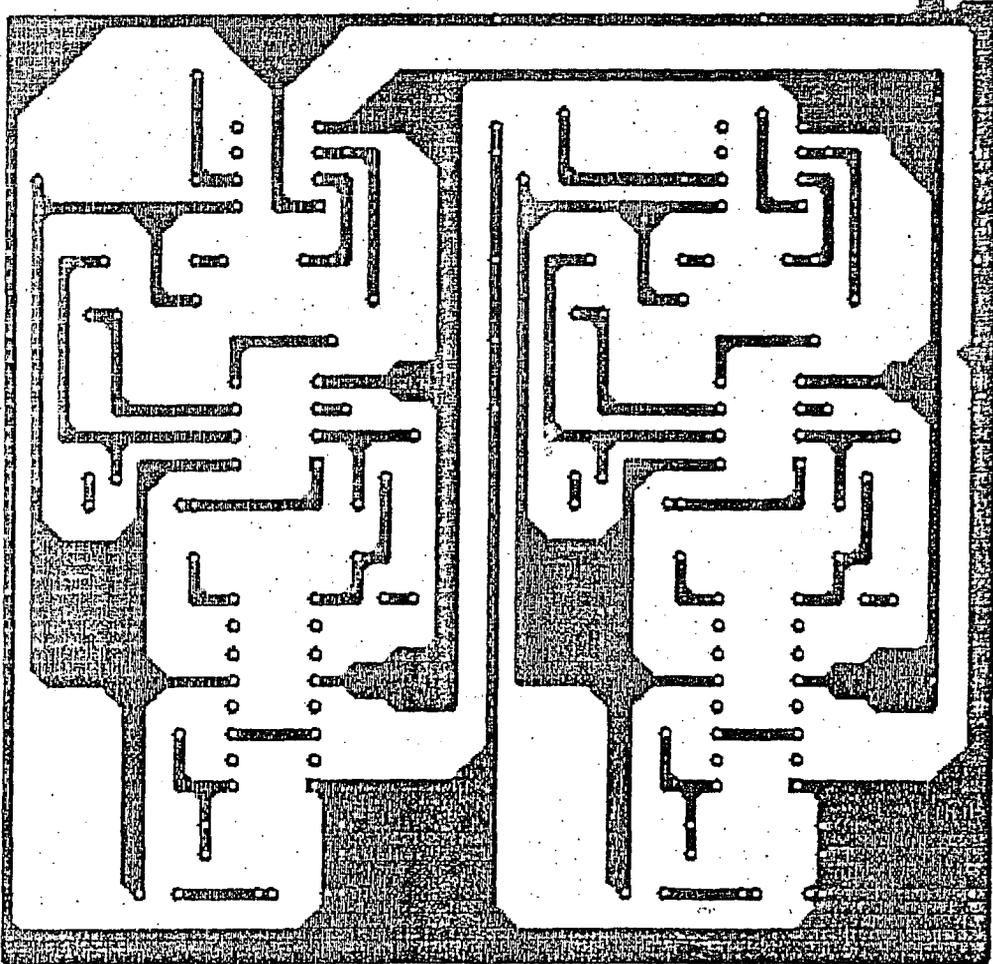


Terminal	descripción
A,B,C,D,E	tierra
F	señal encendido de bomba
1	INTERRUPCION canal dos
2	INTERRUPCION canal uno
3	pulso de CUENTA canal dos
4	BORRA pulso de canal dos
5	BORRA pulso de canal uno
6	pulso de CUENTA canal uno

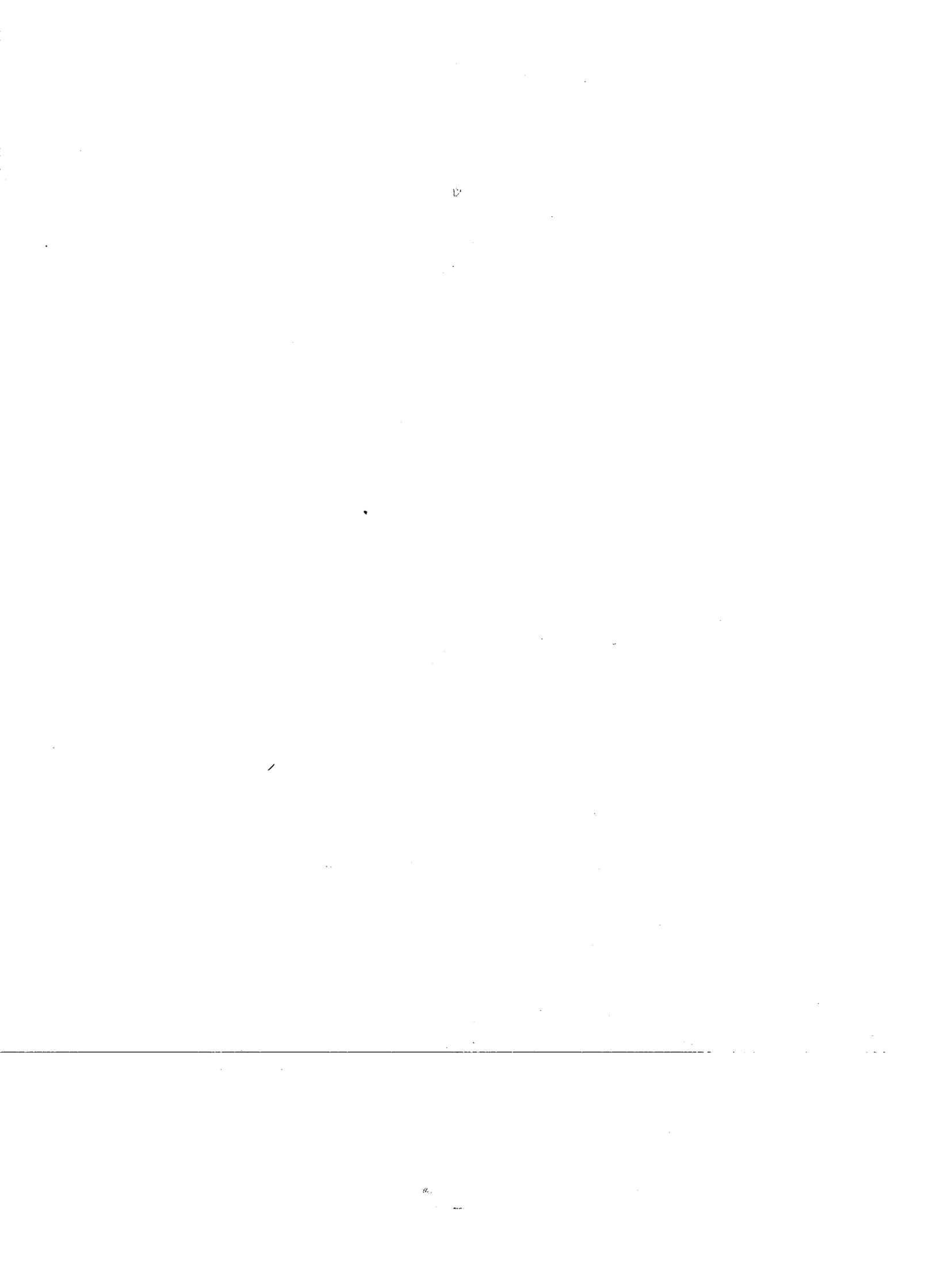








2X CHECKPOINT 31 Jan 1989 13:08:15  
 D:\FINAL.MAK  
 VI.2 NO HOLES: 257  
 SOLDIER SIDE  
 APPROXIMATE SIZE: 6.60 BY 4.05 INCHES



VII Apendice C Diagrama del circuito impreso de la tarjeta de cambio de variable. Intervalo de tiempo a número binario. Se muestran los negativos de ambas caras de este circuito.

