

09.70.23

CNRC - PT-4

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1970

**INSTRUMENTACION PARA EL SUPERMONITOR
DE NEUTRONES DE BUENOS AIRES**

por

Raúl José Otero

— **CENTRO NACIONAL DE RADIACION COSMICA** —

SERIE: PUBLICACIONES TECNICAS

Buenos Aires, ARGENTINA

Junio, 1970.

El Centro Nacional de Radiación C6smica
es un Instituto dependiente del Consejo Nacional de
Investigaciones Cientificas y T6cnicas en el que par-
ticipan la Comisi6n Nacional de Energfa At6mica y
la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (U. B. A.)

INSTRUMENTACION PARA EL SUPERMONITOR
DE NEUTRONES DE BUENOS AIRES *

por

Raúl J. Otero

* Este trabajo ha sido subvencionado en parte por la Ex-Comisión Nacional para los Años Internacionales del Sol Quieto (CNAISQ).

INSTRUMENTACION PARA EL SUPERMONITOR

DE NEUTRONES DE BUENOS AIRES *

1) CONSIDERACIONES GENERALES:

El Supermonitor de Neutrones (SMN) es un sistema detector destinado al registro de las variaciones temporales de la intensidad de la componente nucleónica de la radiación cósmica secundaria.

Este nuevo sistema fue diseñado especialmente (Carmichael, 1964) para el estudio de las variaciones temporales de pequeña amplitud, lo que requiere detectores capaces de proporcionar altos contajes por unidad de tiempo, reduciendo así las fluctuaciones de carácter estadístico que se superponen y oscurecen los fenómenos a estudiar. Este era uno de los objetivos del programa científico internacional preparado para el período denominado de los Años Internacionales del Sol Tranquilo (1964-1965), y el instrumento que aquí se describe fue adoptado por varios grupos de investigadores para integrar la red mundial de observatorios de radiación cósmica. La ventaja de utilizar sistemas detectores similares reside en que así se simplifica la tarea de comparación de los registros simultáneos. El mismo criterio fue utilizado durante el período denominado Año Geofísico Internacional (1957-1958) durante el cual se utilizó en distintos observatorios el

(*) Trabajo subvencionado en parte por la Comisión Nacional para los Años Internacionales del Sol Quieto (CNAISQ).

sistema denominado "Monitor de Neutrones" (MN), modelo AGI, (Simpson, 1957). Las características básicas de estos sistemas, MN y SMN, son similares, utilizando ambos como elementos detectores contadores proporcionales de trifluoruro de boro (BF_3) enriquecidos con B^{10} ; difieren fundamentalmente en las dimensiones de dichos contadores, que en el caso del SMN son cilindros de: 15 cm de diámetro y 191 cm de longitud eficaz, (Fowler, 1963) mientras que los contadores del MN son cilindros de 3,8 cm de diámetro y 86,5 cm de longitud eficaz.

En la pila monitora, los contadores están rodeados de un cilindro de polietileno (moderador) y anillos de plomo (productores). Todo el conjunto está a su vez contenido dentro de una caja de polietileno (reflector) cuyas dimensiones externas son: ancho: 9,50 m; alto: 52 cm y 2,22 m de profundidad. La masa total de polietileno utilizado en el SMN de 18 contadores es de 4,5 Tn. y la de plomo es de 30 Tn. (Figuras 1 y 2).

En el nuevo diseño el conteo es mayor debido al incremento de la superficie expuesta a la radiación, y también por el aumento de la eficiencia en la detección de los neutrones generados localmente en el plomo por los nucleones energéticos de la radiación cósmica. Así el SMN de Buenos Aires, que tiene un total de 18 contadores, registra un conteo horario de unas 420.000 cuentas, mientras que el modelo anterior con 12 contadores, también operando en Buenos Aires, proporcionaba un registro horario de unas 21.000 cuentas.

En lo que sigue se han de describir los circuitos electrónicos que integran el conjunto del SMN de Buenos Aires. Con

excepción del preamplificador que es provisto por el fabricante de los tubos contadores, y de algunos instrumentos especiales, barómetro digital e impresor, todo el equipo electrónico fue diseñado y construido en el CNRC, según criterios impuestos por Carmichael (1964).

El sistema responde a la componente nucleónica, esencialmente neutrones y protones de alta energía, que incide sobre él, mediante la detección de los neutrones que se producen en interacciones nucleares de aquélla con el plomo de la pila. El moderador de polietileno degrada la energía de esos neutrones hasta termalizarlos, de modo que así son eficazmente detectados por los contadores proporcionales. En los contadores, como resultado de la interacción de los neutrones térmicos con el B^{10} , circulan cargas eléctricas del orden de 10^{-13} Coulomb, que generan pulsos que deben ser procesados por los circuitos electrónicos descritos en este trabajo.

El total de los 18 contadores de la pila, están agrupados en tres (3) secciones iguales, A, B y C, de seis (6) contadores cada una. Cada sección tiene sus propios circuitos electrónicos asociados, pero la información proveniente de todas ellas concurre a un registro común. La información básica generalmente utilizada es la suma de los contajes simultáneos de las tres secciones, pero la división en tres partes iguales, permite en caso de falla de una de ellas, detectarla rápidamente por comparación y operar con la información provista por las otras, asegurando la continuidad del registro.

El registro se efectúa hasta el presente, por medio de

un sistema impresor, sobre cinta de papel, que, a intervalos regulares imprime los contajes acumulados por cada una de las Secciones, la presión atmosférica y el día, hora y minutos en que se realiza la impresión. El intervalo normal entre impresiones sucesivas, comandado electrónicamente, es de cinco minutos, pero el sistema pasa automáticamente a registrar cada minuto si el contaje supera un valor preestablecido.

La presión atmosférica se mide mediante un barómetro digital (Exactel, IQSY 581 CM-B) y su valor se imprime con el auxilio de un circuito lógico.

Por otro lado se registra analógicamente el contaje total, suma de las tres secciones, luego de ser reducido su valor al correspondiente a una presión de referencia. Para esto se emplea un amplificador cuya ganancia es controlada por la presión atmosférica.

El SMN de Buenos Aires funciona sin interrupción desde el 1º de enero de 1967 en los laboratorios centrales del CNRC. En las figuras 3 y 4 se muestra una vista general de la pila monitora y del equipo electrónico y el barómetro digital, respetivamente.

Un ejemplo típico de su funcionamiento a lo largo de una semana se muestra en la figura 5, donde se incluyen: a) la suma de los contajes horarios ($\div 32$) de las tres secciones; b) el promedio horario de la presión atmosférica; y c) los valores de a) reducidos a la presión atmosférica de referencia para Buenos Aires (760.0 mm Hg). Se incluye también los valores horarios de las relaciones entre los contajes de las secciones, A/B, B/C, y

C/A, cuya constancia es un índice del buen funcionamiento de los mismos. En el apéndice II, se dan las modificaciones y agregados que se efectuaron en la versión que se construyó para el Instituto Antártico Argentino.

2) DESCRIPCION FUNCIONAL DEL EQUIPO:

La Figura 6 muestra el diagrama de partes del equipo.

Los tubos contadores de una misma sección son alimentados por una fuente de alta tensión estabilizada, cuya tensión es 2800 Volts. Los pulsos de salida de cada uno de ellos excitan un preamplificador-discriminador cuya función es amplificar los pulsos y separar los producidos por neutrones de los de menor amplitud ocasionados por partículas cargadas, rayos gamma y ruido.

Las salidas de los seis preamplificadores-discriminadores excitan un circuito amplificador y sumador, el cual entrega en su salida los pulsos originados en cualquiera de aquéllos, convenientemente amplificados, de modo de poder atacar el circuito divisor de frecuencia de pulsos (escalímetro) con confiabilidad. Este último sistema reduce en un factor dado el conteo de modo de disminuir las pérdidas producidas por el tiempo muerto de los elementos electromecánicos de registro.

El reloj electrónico consiste en un oscilador a cristal cuya frecuencia de oscilación es 69,9057 KHz (muy aproximadamente 2^{22} c/minuto) que ataca a una cascada de 22 circuitos binarios que reducen la frecuencia a 1 c/min. Esta frecuencia es nuevamente dividida en un circuito divisor por cinco, obteniéndose un pulso por cada cinco minutos. Las dos señales ingresan en un Con

mutador de Intervalo de Registro (C.I.R.), cuya función es elegir cuál de las dos actúa sobre el impulsor que energiza el sistema impresor.

Cada sección del SMN posee un frecuencímetro integrador (rate-meter) que provee en su salida una corriente proporcional a su conteo. Con dicha corriente se excita un discriminador de C.I.R., el que produce una señal cada vez que el conteo promedio en el tiempo de integración del frecuencímetro se ha incrementado en aproximadamente un 30 % sobre el nivel normal.

La salida de los tres discriminadores ingresan al C.I.R. que opera de modo tal que el intervalo de impresión cambia si el incremento mencionado se produce en por lo menos dos de las tres secciones del SMN. De este modo el mal funcionamiento de una de las secciones no influye sobre su comportamiento.

La salida del flip-flop que entrega un ciclo por minuto, desfasada en 1/2 minuto con respecto a la impresión, se envía hacia la rueda del impresor que registra el número de minutos y a un contador electromecánico que denominaremos "Control Reloj", ya que permite contrastar la marcha del mismo con las emisiones horarias del L.O.L. o W.W.V. El desfase mencionado es necesario para evitar que el giro de la rueda minutería coincida con la impresión.

Existe además un "control de interrupción" que indica si cualquiera de las tensiones de alimentación se interrumpió durante algún lapso habiendo hecho perder sincronismo al reloj.

Por otra parte las corrientes que proveen los frecuencímetros son sumadas, con lo que se obtiene una corriente propor-

cional al conteaje de todo el monitor. Esta ingresa en un "Amplificador de Ganancia Controlada" donde se multiplica por el factor $\exp[\mu(P-P_0)]$ donde μ es un coeficiente llamado "barométrico", P es la presión atmosférica que existe cuando se efectúa la medición y P_0 es la presión atmosférica elegida como referencia para la estación de medición; en nuestro caso 760 mmHg. Este registro se efectúa sobre banda de papel, en la cual se inscriben además marcas cada 20 minutos.

La información de presión que modifica la ganancia del amplificador se obtiene de una salida potenciométrica que posee el Barómetro Digital.

El barómetro posee también una salida digital, que provee la información a ser impresa con la ayuda de una Lógica para el Registro de Presión.

La alimentación general de los circuitos electrónicos es provista por una fuente del tipo tensión constante - corriente constante, con dos salidas estabilizadas(+13 V y -13 V) de zumbido menor que 20 mV eficaces.

Sendos juegos de baterías conectadas en paralelo con dichas salidas son mantenidas con carga constante y alimentan al equipo en el caso de una interrupción en el suministro de energía eléctrica. La misma fuente carga automáticamente las baterías luego de finalizado el corte de tensión. Un tercer juego de baterías proporciona la tensión necesaria para la alimentación (-13 V) del sistema impresor; éstas se mantienen permanentemente en carga mediante un cargador de tipo resistivo.

3) DESCRIPCION DE LOS CIRCUITOS:

Se describen a continuación los distintos circuitos que componen la instrumentación electrónica del SMN, con excepción de los que integran la "Lógica para el Registro de Presión" que serán descriptos en otra publicación del CNRC.

Algunos de los circuitos aquí descriptos sirvieron como base para la transistorización de los monitores, tipo AGI, del CNRC (Otero, 1966).

Los criterios de diseño de los circuitos críticos del SMN, fueron expuestos por el autor en las "III^{as} Jornadas Argentinas sobre Enseñanza e Investigación en Ingeniería Eléctrica", San Juan, Mayo 1968 (Otero, 1969).

3.1) FUENTE DE ALTA TENSION:

La Figura 7 muestra su circuito. Es del tipo convertidor cc-cc con un lazo de realimentación que contiene tres válvulas reguladoras por efecto corona. En la misma figura se incluye la curva de corriente en las válvulas en función de la tensión de alimentación. El zumbido es menor de 3 mV pico a pico con frecuencia de 10 KHz. El consumo primario es de 75 mA.

La variación de tensión de salida con respecto a la temperatura es menor que 1 Volt/°C, lo cual incide en el conteo en menos de 0,01 %/°C (Otero, 1969).

Las Figuras 8 y 9 muestran vistas de las unidades construídas.

De esta fuente de alta tensión, como de todos los circui

tos, se ha construido una unidad de repuesto. En este caso, esa unidad no es exactamente igual a las que trabajan normalmente; la diferencia consiste en que por medio de una llave ubicada sobre el panel, se pueden cambiar las coronas que integran el lazo de realimentación, de modo de poder disponer de la tensión variable que se necesita para obtener periódicamente la curva característica de conteo versus alta tensión del conjunto tubo contador-preamplificador. En la Figura 10 se observa el circuito de las válvulas coronas.

3.2) PREAMPLIFICADOR:

La Figura 11 reproduce el circuito del mismo. Este fue desarrollado en la Atomic Energy of Canada Ltd., para este uso específico (Steljes, 1967), y es provisto por el fabricante de los tubos contadores.

Consta de un amplificador de cargas seguido por dos etapas que amplifican respectivamente tensión y corriente. A la salida de la última etapa los pulsos de corriente son discriminados en amplitud por el diodo túnel. La ganancia total es de aproximadamente 10^{10} Amperes/Coulomb. La carga mínima a ser discriminada es $1,40 \cdot 10^{-13}$ Coulomb.

El pulso obtenido es de aproximadamente 500 mV de amplitud y 20 μ seg de duración.

La unidad va instalada en el extremo del tubo de aluminio que sirve de pantalla electrostática al tubo contador y que también contiene un filtro de alta tensión (Figura 12). El monta

je del preamplificador en el extremo del tubo se puede ver en la Figura 13.

3.3) UNIDAD CONTADORA:

Designamos con este nombre al conjunto de elementos que, contenidos en una misma caja, procesan la información proveniente de los contadores haciéndola compatible con el Sistema de Registro. Contiene los siguientes elementos: Amplificador-Sumador, Escalímetro, Impulsor, Frecuencímetro y Discriminador del C.I.R.

En la Figura 14 se observa la forma en que se han dispuesto los distintos elementos, dentro de la unidad.

3.3.1) AMPLIFICADOR-SUMADOR:

Su circuito se aprecia en la Figura 15, conjuntamente con el primer flip-flop del escalímetro. Como su nombre lo indica, su función es doble: por un lado eleva el nivel de la señal que proviene de los preamplificadores a fin de atacar con seguridad al primer binario del escalímetro, y por otro lado, hace que los pulsos se unan en un solo canal, lo que se verifica en la compuerta de diodos previa al seguidor de emisor que excita al primer binario.

Una de las especificaciones que se deben cumplir (Carmichael, 1964) es que el tiempo de resolución entre dos pulsos provenientes de distintos contadores sea menor que 5 μ seg. En nuestro caso dicho tiempo, que se fija en 3,5 μ seg, es fácilmen

te ajustable por medio del resistor intercalado entre la salida del seguidor por emisor y el primer binario. La resolución de los binarios posteriores es mejor que 5 μ seg de modo que la total es tá determinada por el primero.

La variación del tiempo de resolución produce un cambio en el conteo de 0,05 %/ μ seg. En nuestro caso es despreciable.

3.3.2) ESCALIMETRO:

Está constituido por una sucesión de binarios. El factor de división, se fijó en 32.

En la Figura 15 se da el circuito de primer binario, con juntamente con el amplificador-sumador, y en la Figura 16 el del segundo. Los demás binarios son iguales al segundo pero carecen de los diodos D3 y D4, siendo su tiempo de resolución mejor que 15 μ seg. El diodo de "vuelta a cero" (reset) no se utiliza en es te caso (ver 3.4.2).

3.3.3) IMPULSOR:

La Figura 17 muestra su circuito. El monoestable determina la duración del tiempo de salida que en nuestro caso es de 50 mseg.

Tiene dos salidas, por medio de un 0C80 para el impresor, y con un 2N697 como auxiliar para conectar, por ejemplo, un contador electromecánico. Ambas pueden entregar sin inconvenientes 200 mA.

El circuito responde a pulsos positivos acoplados por capacitor. Una compuerta de diodo comandada por el interruptor de conteo de la Figura 22, interrumpe la cuenta inmediatamente antes de la impresión como se explica en (3.4.5).

El circuito que está a la izquierda del monoestable en la misma figura interrumpe la alimentación negativa si se corta la positiva, evitando que los relés queden energizados un tiempo prolongado, con el consiguiente daño.

3.3.4) FRECUENCIMETRO:

El circuito se muestra en la Figura 18. Está integrado por un seguidor de emisor, un monoestable y el frecuencímetro propiamente dicho, que es el del tipo "bomba de diodos".

La sustitución en el circuito clásico de uno de los diodos por un transistor permite obtener la tensión necesaria para atacar el discriminador del C.I.R. sin alinealidad (O'Grady, 1964).

El dispositivo se conecta a la salida del tercer binario del escalímetro. Sobre la escala graduada en microamperes se lee directamente el número de pulsos que por segundo registra cada sección del monitor. Dicho conteo es de aproximadamente 40 c/s.

La constante de tiempo de integración es de 20 seg.

La corriente que circula por el instrumento lo hace también por el sumador previo al amplificador de ganancia controlada. En caso de no usarse el sumador aquella salida se conecta a tierra.

Para la calibración del frecuencímetro se toman dos sa-

lidas del reloj que proveen las frecuencias de 2^7 y 2^9 ciclos por minuto.

Dichas salidas se hacen colocando sendos seguidores por emisor en las salidas de los flip-flops correspondientes. El circuito de los seguidores por emisor se ve en la Figura 19.

3.3.5) DISCRIMINADOR PARA EL CONMUTADOR DEL INTERVALO DE REGISTRO:

En la misma Figura 18 se apreciaba este circuito constituido básicamente por un discriminador de diodo túnel. La señal proveniente del frecuencímetro ingresa a través de un seguidor por emisor. La salida discriminada del diodo túnel hace que la tensión en el punto A del último transistor 2N404 sea de -12 V con contaje normal y de 0 V cuando éste supere en más de 30 % su valor normal. En la Figura 22, se observa el circuito de carga de dicho transistor.

Tanto el frecuencímetro como este circuito, y el amplificador de ganancia controlada se alimentan de la "Fuente Estabilizada para Registros Analógicos" que se ve en la Figura 20.

3.4) RELOJ ELECTRONICO:

Contiene, de acuerdo a lo explicado en el punto 2, en una misma caja el oscilador, el divisor por 2^{22} , el divisor por 5, el C.I.R., los impulsores de impresión y de avance de minuto, y el control de interrupción.

3.4.1) OSCILADOR:

El circuito utilizado está basado en un desarrollo de

V.H. Regener (1961) y su circuito se ve en la Figura 21. La estabilidad del oscilador, con el tipo de armado utilizado y el acondicionamiento del ambiente, es mejor que 1 en 10^6 , lo que resulta aceptable para nuestro caso, haciendo innecesarias precauciones especiales.

3.4.2) DIVISOR POR 2^{22} :

Este divisor está formado por circuitos binarios similares a los de la Figura 16, prescindiéndose en este caso de los diodos D3 y D4. En esta cascada los últimos 10 flip-flops cuentan con un circuito de vuelta a cero (reset) (Figura 27) que permite iniciar el ciclo de impresión en un instante elegido.

3.4.3) DIVISOR POR 5:

Proporciona un pulso de salida cada 5 minutos. Está formado por tres binarios realimentados (Millman y Taub, 1965); el retraso de los pulsos realimentados lo realiza un multivibrador monoestable.

En las Figuras 23 y 24 se muestran el diagrama en bloque del divisor por 5 y el circuito del monoestable.

3.4.4) CONMUTADOR DE INTERVALO DE REGISTRO (C.I.R.):

Su circuito se muestra en el extremo izquierdo de la Figura 22. Normalmente la tensión en A_I , A_{II} y A_{III} es -12 Volt y el transistor alimentado por las compuertas a diodos está saturado, corto-circuitando la señal de 1 minuto.

Cuando cualquier par de valores de la tensión de A_I , A_{II}

o A_{III} sea 0 Volt, el transistor pasará al corte permitiendo pasar la señal de minuto hacia el impulsor de impresión.

De este modo este circuito en conjunción con los Discriminadores de C.I.R. (descritos en 3.3.5) produce el cambio en el intervalo de registro que se ha descrito en el punto 2.

3.4.5) IMPULSOR DE IMPRESION:

En la Figura 22 se observa cómo la señal proveniente del C.I.R. dispara al monoestable interruptor de conteo, que durante su tiempo de operación actúa sobre la compuerta de diodo de los impulsores de las unidades contadoras inhibiendo su funcionamiento. Por otra parte, con el frente posterior del pulso de salida dispara al impulsor de impresión. De este modo se interrumpe el conteo de las tres secciones del SMN durante los 50 mseg anteriores a la impresión.

Si esta interrupción no existiera, se producirían errores en la acumulación de cuentas por medio del siguiente mecanismo: cuando la rueda de unidades del impresor pasa del 9 al 0 hace circular un pulso de corriente por la bobina de decenas, siendo dicho pulso efectivo si dura por lo menos 12 mseg, de acuerdo a las especificaciones del impresor; si el paso del 9 al 0 se produce en un instante que antecede al de impresión en menos de 12 mseg, la rueda de decenas no contará, pues al imprimir se corta la alimentación de todas las bobinas contadoras por la acción de un relé interno del impresor. El error cometido es intolerable cuando interesa utilizar la información de las cuentas acumuladas cada cinco minutos y es por ello que se interrumpe el con-

taje antes de la impresión por un lapso que debe ser igual o mayor que 12 mseg; en nuestro caso es 50 mseg. Este último tiempo se añade al tiempo de operación del impulsor de impresión: 100 mseg, dando un tiempo muerto de 150 mseg. La pérdida de conteaje por impresión es entonces la que ocurre en 150 mseg cada 300 segundos, o sea 0,5 ‰.

3.4.6) CONTROL DE INTERRUPCION:

Es un biestable que cambia de estado dando una indicación luminosa cuando su tensión de alimentación disminuye por debajo de 16 Volts. El restablecimiento del circuito se hace con el mismo pulsador que vuelve a cero los últimos flip-flops del "reloj". El circuito es el de la Figura 26.

3.5) IMPULSOR MANUAL:

Es un sistema que permite volver a cero manualmente las distintas secciones contadoras del impresor y las correspondientes a la indicación de fecha, hora y minutos. Su circuito es el de la Figura 25.

3.6) SISTEMAS AUXILIARES DE REGISTRO:

Denominamos de esta manera a aquellos sistemas por medio de los cuales registramos la presión atmosférica y el conteaje total del SMN reducido a la presión de referencia de 760.0 mmHg.

3.6.1) LOGICA PARA EL REGISTRO DE PRESION:

Su función es la de procesar la información que, prove-

niente del barómetro digital en forma decimal, debe ser registrada en el impresor utilizado que es del tipo acumulador.

Todos los circuitos pertenecientes a este sistema serán expuestos en una próxima publicación del CNRC.

3.6.2.1) SUMADOR-AMPLIFICADOR DE GANANCIA CONTROLADA:

En la Figura 27 se muestra cómo las corrientes provistas por los frecuencímetros, que son proporcionales a los contajes de cada sección son sumadas a la entrada del primer circuito amplificador, de modo tal que a éste ingresa una corriente que es proporcional a $N(P)$, contaje total del SMN, registrado a la presión P .

Como nuestra necesidad es registrar $N(P_0)$, contaje reducido a la presión de referencia $P_0 = 760.0$ mmHg, la primer etapa tiene una amplificación $A = N(P_0)/N(P) = \exp[\mu(P - P_0)]$. El Apéndice I indica la forma cómo la información de presión es introducida por un potenciómetro incluido en el lazo de realimentación de un amplificador operacional (Otero, en prensa).

La segunda etapa amplifica la diferencia entre la corriente de salida de la primera etapa y una corriente fija controlada por la resistencia ajustable R_d , proveyendo expansión de escala. Su amplificación, para la c.c, vale 16,6 veces y su banda de paso es de $3 \cdot 10^{-3}$ Hz de modo de registrar solamente variaciones lentas del contaje.

3.6.2.2) DIVISOR POR 4 E IMPULSOR DE PLUMA DE TIEMPO:

Sobre la banda de papel del registro analógico de conta-

je, se inscriben marcas de tiempo a razón de una cada veinte minutos. Esto se consigue gracias a un divisor por 4, formado por dos binarios que toma señal de la salida de un pulso cada cinco minutos del reloj, y lo envía a un impulsor de pluma de tiempo, cuyas características son similares a las explicadas en 3.3.3.

3.7) FUENTE DE ALIMENTACION GENERAL:

Su circuito se observa en la Figura 28. Las salidas superiores, estabilizadas, suministran la alimentación para los circuitos electrónicos. Son del tipo de tensión estabilizada, y la corriente de salida máxima que puede suministrar la fuente está limitada a la que pasa por la resistencia de los emisores del par diferencial, multiplicada por la ganancia de corriente del amplificador siguiente. De este modo se protege la fuente en el caso de tener que recargar baterías.

En la fuente negativa, el condensador de $10\ \mu\text{F}$ y el resistor de 15K introducen en la base del transistor 2N697, una corriente de zumbido de fase tal que disminuye la corriente resultante a la salida.

La salida inferior es el cargador resistivo para la batería del sistema impresor. La serie de diodos que la conecta con la otra salida negativa tiene como única función proteger el instrumento indicador y las bobinas de los relés del registro electromecánico, en el caso que se retirara la batería de acumuladores de plomo de 12 Volts con la fuente encendida.

En la misma figura se observan las curvas de regulación y de zumbido de la fuente, en sus dos salidas positivas y negativas, sin tener conectadas las baterías de acumuladores.

APENDICE I

AMPLIFICADOR DE AMPLIFICACION $\exp[\mu(P-P_o)]$

De acuerdo a lo visto en 3.6.2.1, es necesario disponer de una amplificación

$$A = e^{\mu(P-P_o)} = e^{\mu \cdot \Delta P} = e^x \quad (1)$$

El amplificador usado es un operacional del tipo mostrado en la Figura 29, donde (Gilbert, 1964):

$$A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{R_i}{R_o} \quad (2)$$

Como se muestra en la Figura 30

$$R_i = R + \Delta R$$

$$R_o = R - \Delta R$$

donde $\Delta R = K \cdot \Delta P$ (3)

$$A_i = \frac{R + \Delta R}{R - \Delta R} = \frac{1 + \Delta R/R}{1 - \Delta R/R} = \frac{1 + x/2}{1 - x/2} \quad (4)$$

y por lo tanto: $x = \frac{2 \cdot \Delta R}{R}$

Así: $\Delta R = \frac{R \cdot x}{2} = \frac{R \cdot \mu \cdot \Delta P}{2}$ (5)

Desarrollando (4) en serie de Mac-Laurin

$$A_i = \frac{1+x/2}{1-x/2} = 1 + \frac{x}{2^0} + \frac{x^2}{2^1} + \frac{x^3}{2^2} + \dots + \frac{x^n}{2^{n-1}} \quad (6)$$

que comparamos con la expresión que necesitamos

$$A = e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots + \frac{x^n}{n!} + \dots \quad (7)$$

Las expresiones (6) y (7) coinciden hasta el término de segundo grado; el error sistemático será

$$\epsilon = A_i - A = \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3!} \right) x^3 + \dots + \left(\frac{1}{2^{n-1}} - \frac{1}{n!} \right) x^n + \dots$$

llamado ϵ_c cota superior de ϵ :

$$\begin{aligned} \epsilon_c &= \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3!} \right) x^3 + 2 \left(\frac{1}{2^3} - \frac{1}{4!} \right) x^4 \\ &= \frac{x^3}{12} + \frac{x^4}{6} \end{aligned}$$

y el error relativo

$$\epsilon = \frac{A_i - A}{A} < \frac{x^3/12 + x^4/6}{e^x}$$

En nuestro caso, el intervalo de operación del instrumento es $\Delta P = \pm 20$ mmHg y $x = \mu \cdot \Delta P = \pm 0.176$. El error es máximo para $\Delta P = 20$ y vale $\epsilon < 0.05$ %, valor despreciable.

Para el cálculo de R debemos recordar que de (5): $\frac{\Delta R}{\Delta P} = k = \frac{R \cdot \mu}{2}$

$$R = \frac{2 \ k}{\mu}$$

la salida analógica del barómetro tiene un coeficiente

$$k = 258 \Omega / \text{mmHg} \therefore R = 58,8 \text{ K}\Omega.$$

k se seleccionó de modo que R fuera de valor lo más grande posible para mejorar el comportamiento del circuito frente a las variaciones de temperatura ambiente.

Se midió un corrimiento por temperatura para todo el conjunto, de 0,1 %/°C sobre el rango de 10-30°C con el instrumento indicado a media escala. Este valor no se trató de reducir debido a que el dispositivo se encuentra en un salón cuya temperatura es controlada, manteniéndose aproximadamente entre 18 y 23°C.

APENDICE II

SUPERMONITOR DE NEUTRONES PARA LA BASE GENERAL BELGRANO

El equipo electrónico para el SMN que se ha construido, por convenio con el Instituto Antártico Argentino, para la Base General Belgrano, presenta con respecto al de Buenos Aires, las siguientes diferencias:

a) Como la pila monitora de Belgrano posee sólo dos tubos contadores por sección, cada amplificador-sumador posee solamente dos entradas de pulsos.

b) El registro analógico del conteaje se efectúa sin reducir a una presión de referencia debido a que no se posee en este caso el Barómetro Digital Exactel, del cual utilizábamos su salida analógica. El circuito se aprecia en la Figura 31.

c) La ausencia del barómetro digital hace que no se disponga de la información de presión para ser registrada en el impresor. Por lo tanto éste registra solamente las cuentas acumuladas por cada una de las secciones y el día, hora y minuto en que se realiza la impresión.

d) Se ha agregado un registro fotográfico en el cual una filmadora accionada simultáneamente con el impresor, fotografía un panel que contiene un barómetro Wallace y Tiernan, tres contadores electromecánicos accionados por las salidas auxiliares de los impulsores de las unidades contadoras, otro que cuenta minutos y que en paralelo con Control Reloj 1 es alimentado desde la

salida auxiliar del Impulsor Minuto, y un contador mecánico que cuenta días; este último es excitado igualmente que el "reset" eléctrico del contador de minutos por un impulsor (Figura 32) que recibe un pulso de excitación de una salida del impresor tomada sobre la llave interna que, accionada por la rueda de decenas de horas, envía pulsos a unidad de días.

La Figura 33 muestra el panel de fotografía.

El Impulsor que acciona el relé tragante que acciona la filmadora, cuyo circuito se observa en la Figura 34, recibe pulsos de la salida del impulsor de impresión que acciona al impresor.

DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

FIGURA 1: Vista de etapa intermedia de armado de la pila donde se aprecian los distintos elementos integrantes.

FIGURA 2: Vista de la pila armada.

FIGURA 3: Vista general del SMN.

FIGURA 4: Vista del equipo electrónico.

FIGURA 5: Resumen del funcionamiento general.

FIGURA 6: Diagrama de partes.

FIGURA 7: Circuito de la Fuente de Alta Tensión.

FIGURA 8: Vista interna de la fuente de alta tensión donde se aprecia la construcción del filtro de ripple.

FIGURA 9: Otra vista de la fuente donde se destacan parte del octuplicador y la plaqueta que contiene el amplificador estabilizador.

FIGURA 10: Conjunto de válvulas corona para la fuente de alta tensión de repuesto.

FIGURA 11: Circuito del preamplificador.

FIGURA 12: Esquema interno del conjunto tubo contador.

FIGURA 13: Vista del montaje del preamplificador próximo al tubo contador.

FIGURA 14: Vista interior de la unidad contadora.

FIGURA 15: Circuito del amplificador sumador y primer binario.

FIGURA 16: Binario.

FIGURA 17: Circuito del impulsor.

FIGURA 18: Circuitos del frecuencímetro y discriminador C.I.R..

FIGURA 19: Circuito de salida para calibración de frecuencímetro.

FIGURA 20: Circuito de la fuente estabilizada para registros ana
lógicos.

FIGURA 21: Circuito del oscilador.

FIGURA 22: Circuito del C.I.R. - Interruptor de Contaje e Impul-
sor de Impresión.

FIGURA 23: Diagrama block de los divisores por 5.

FIGURA 24: Circuito del monoestable de los divisores por cinco

FIGURA 25: Impulsor manual.

FIGURA 26: Control de Interrupción.

FIGURA 27: Circuito del amplificador y sumador para registro ana
lógico.

FIGURA 28: Circuito de la fuente de alimentación general.

FIGURA 29: Amplificador operacional de corriente.

FIGURA 30: Amplificador adaptado para la conección de presión.

FIGURA 31: Circuito de sumador y amplificador para registro ana-
lógico del contaje (SMN de General Belgrano).

FIGURA 32: Circuito de impulsor minutos, reset y avance días en
panel.

FIGURA 33: Vista del panel de fotografía (SMN de G.B.).

FIGURA 34: Circuito de impulsor filmadora (SMN de G.B.).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1- CARMICHAEL, H : Instruction Manual N° 7, Cosmic Rays, pág. 3. IQSY Secretariat, London, 1964.
- 2- FOWLER, I.L. : Very Large Boron Trifluoride Proportional Counters. Rev. Sc. Instr., 34, 731, 1963.
- 3- GILBERT, C.P. : The design and use of the electronic analogue computers, pág. 11-16. Chapman & Hall, London, 1964.
- 4- MILLMAN Y TAUB: Pulse digital and switching waveforms. McGraw Hill, New York, 1965.
- 5- O'GRADY, W.P. : "A linear frequency to voltage converter". Electronic Engineering, 36, 116, 1964.
- 6- OTERO, R.J. : Instrumentación para Monitor de Neutrones Móvil. CNRC: Publicación Técnica, CNRC - PT-1, 1966.
- 7- OTERO, R.J. : Consideraciones acerca del diseño electrónico para el Supermonitor de Neutrones del CNRC. Revista Electrónica, 55, 149, 1969. Trabajo presentado en las "III^{as} Jornadas Argentinas sobre Enseñanza e Investigación en Ingeniería Eléctrica", San Juan, mayo 1968.
- 8- OTERO, R.J. : Amplifier whose amplification is the exponential of an external parameter. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement (en prensa).
- 9- REGENER, V.H. : Transistorized Circuitry for Cosmic Ray Research- University of New Mexico. Presentado en junio de 1961 en la ciudad de Méjico, durante el curso organizado por el Consejo Latinoamericano de Radiación Cósmica.
- 10- SIMPSON, J.A. : The Standard IGY Neutron Monitor. Ann. Int. Geophys. Year, 4, 351, 1957.

- 11- STELJES, J.F. : The Amplifier-Discriminator Designed for the NM-64 Neutron Monitor. Atomic Energy of Canada Ltd., AECL-2680, Chalk River, Ontario, 1967.

AGRADECIMIENTOS

La construcción del Supermonitor de Neutrones fue una tarea posible gracias a la colaboración de varias instituciones y personas.

La Comisión Nacional para los Años Internacionales del Sol Quieto, CNAISQ, que otorgó el presupuesto necesario para la construcción y pago de sueldos de parte del personal técnico.

Al Licenciado Horacio S. Ghielmetti que aportó su experiencia en lo relacionado con la operación de los monitores tipo Año Geofísico Internacional.

Al Ingeniero Alberto M. Godel por sus críticas y sugerencias en lo referente al diseño y construcción del equipo.

A los Técnicos Ricardo Rastelli y César A. De Franceschini (este último coautor de la "Lógica para el Registro de la Presión") y los señores Carlos A. Falcón, Alejandro V. Otaegui, León Flesler y Juhan Frank por la eficiencia y celo puestos de manifiesto durante su desempeño.

Al equipo de operación, integrado por César A. De Franceschini, Carlos A. Falcón y Liliana Opradolce, que con su celosa y creativa colaboración descubrieron y señalaron deficiencias que fueron solucionadas con modificaciones circuitales que dieron lugar a esta versión definitiva.

Finalmente a Graciela Aragón que colaboró en la preparación de esta publicación.

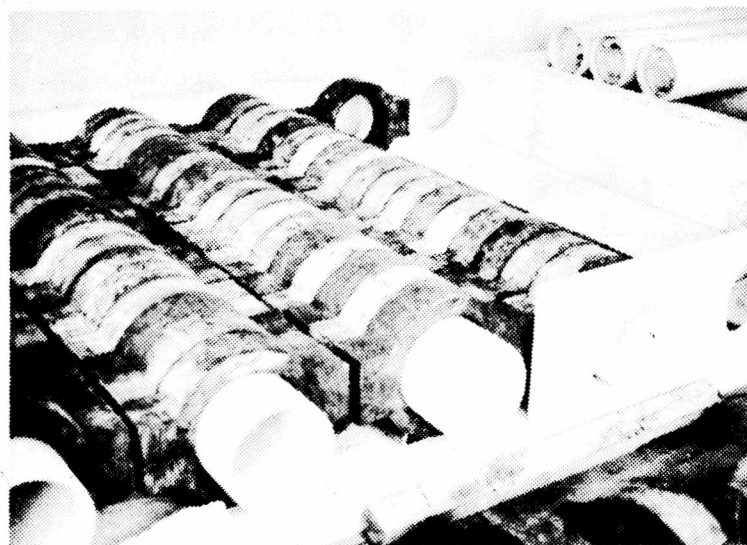


Fig. 1: Vista de una etapa intermedia del armado de la pila, donde se aprecian los distintos elementos integrantes de la misma.

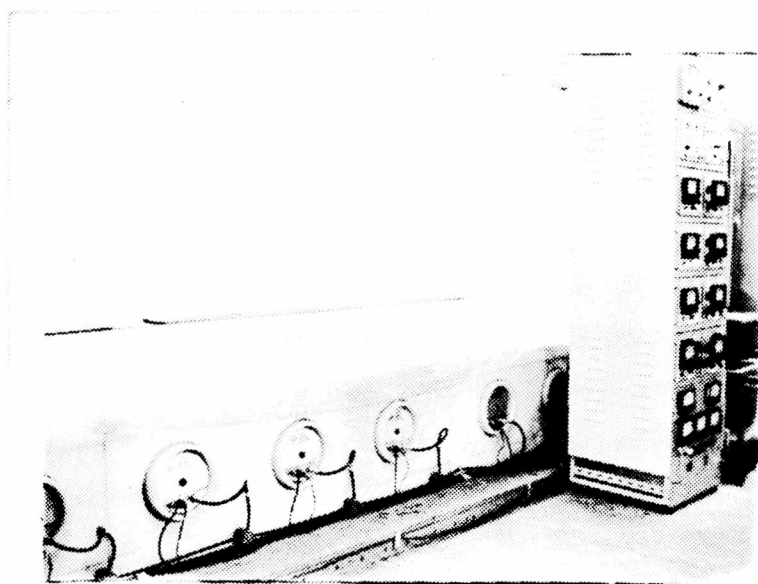


Fig. 2: Vista de la pila armada.

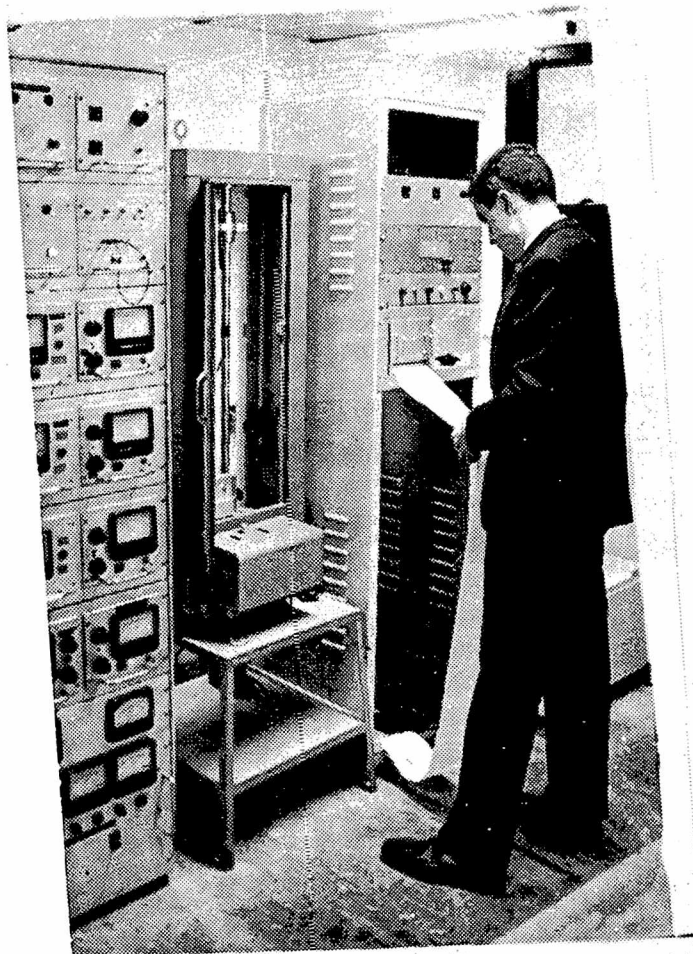


Fig. 4: Vista del equipo electrónico.

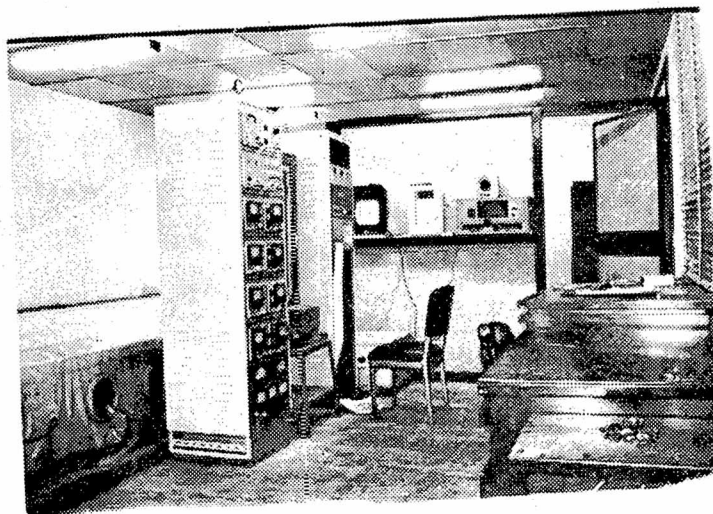


Fig. 3: Vista general del SMN.

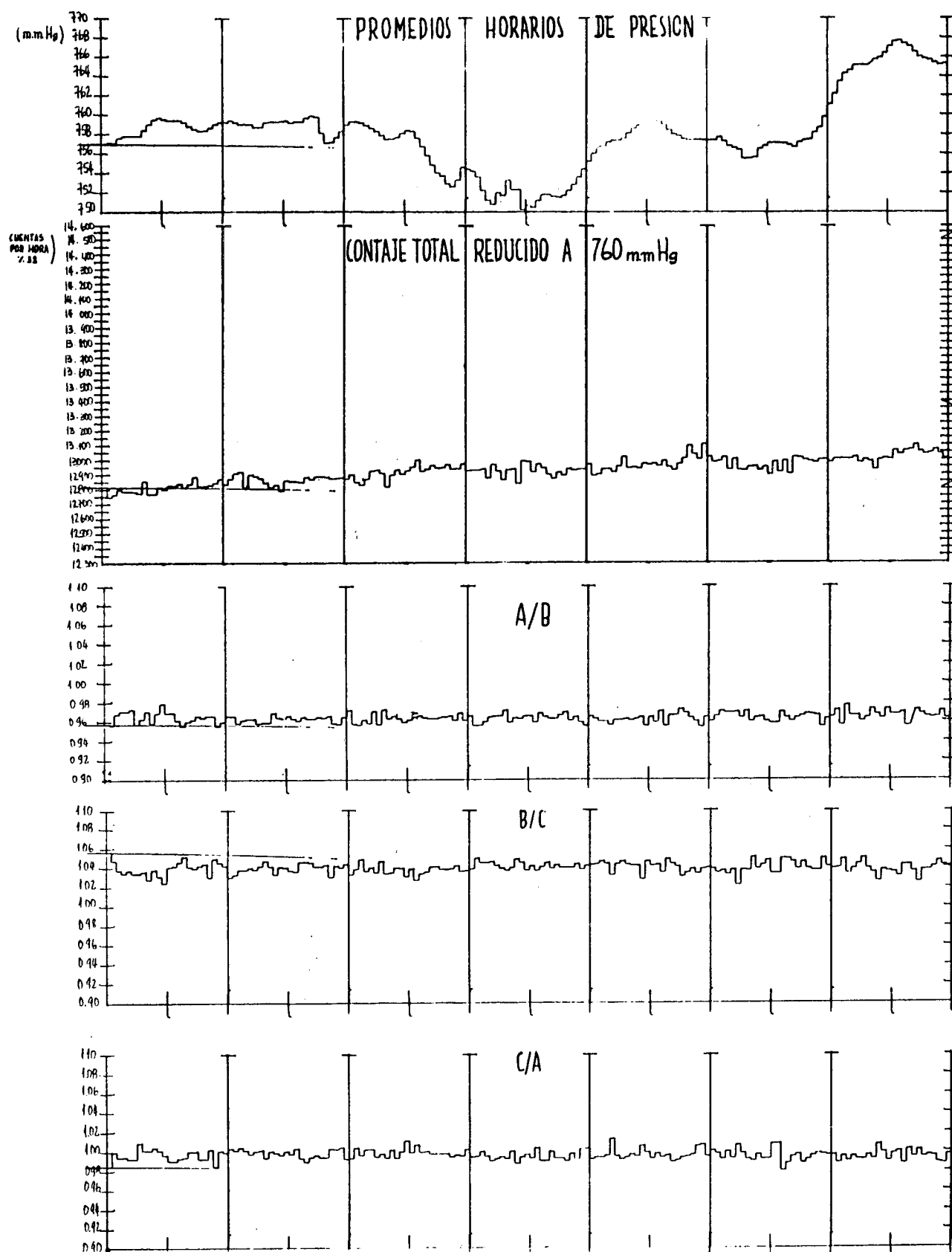


Fig. 5: Resumen del funcionamiento semanal.

SUPERMONITOR DE NEUTRONES DEL C.N.R.C.

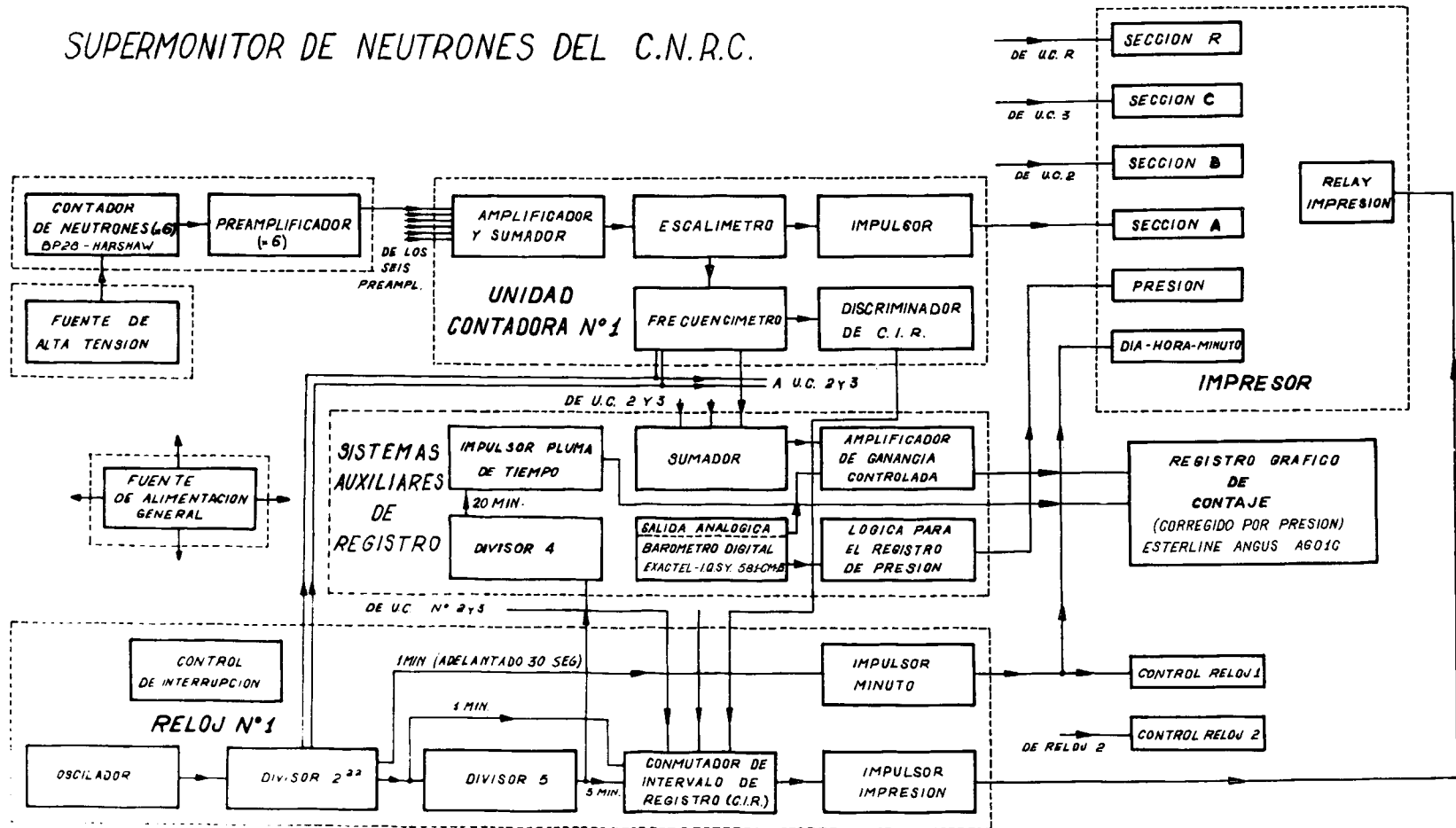
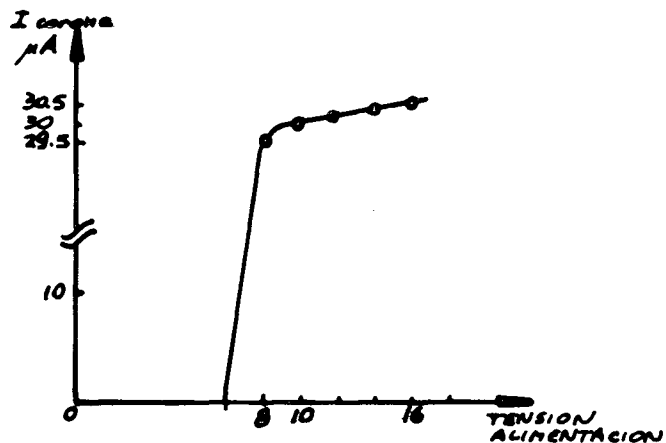
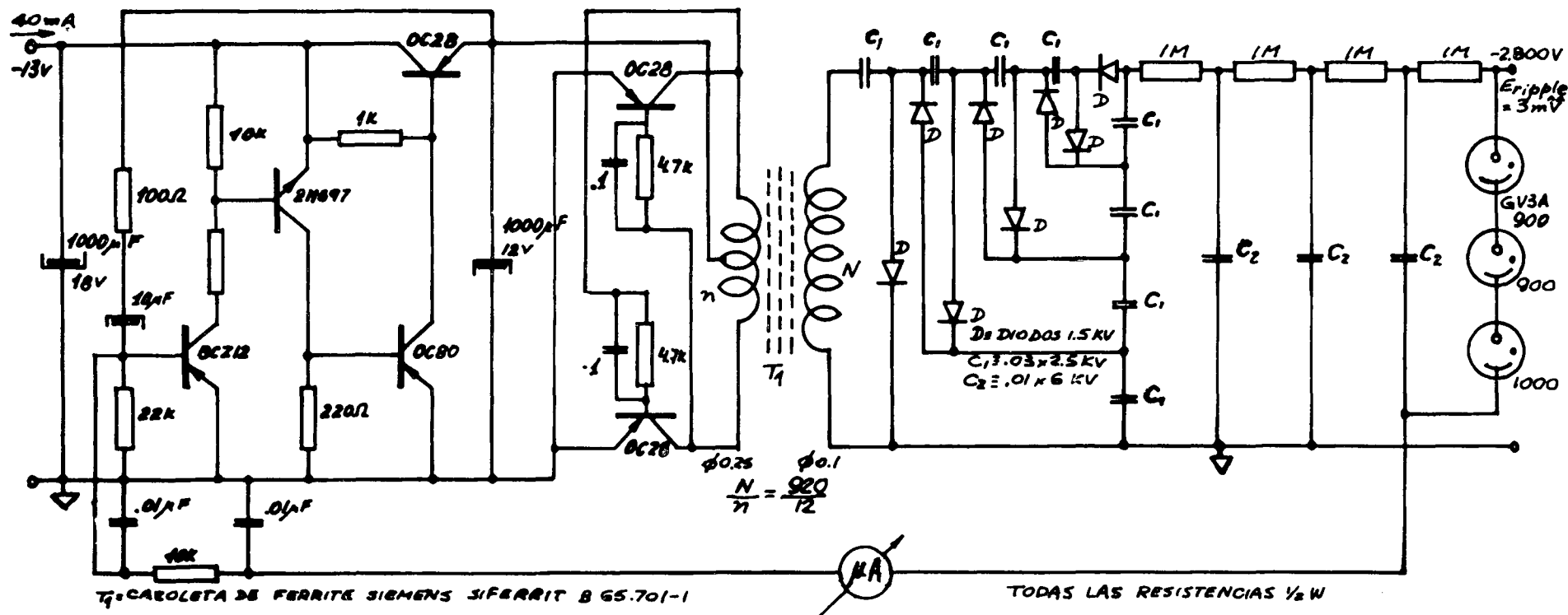


FIG. 6 DIAGRAMA EN BLOQUES



FUENTE DE ALTA TENSION
FIG. 7

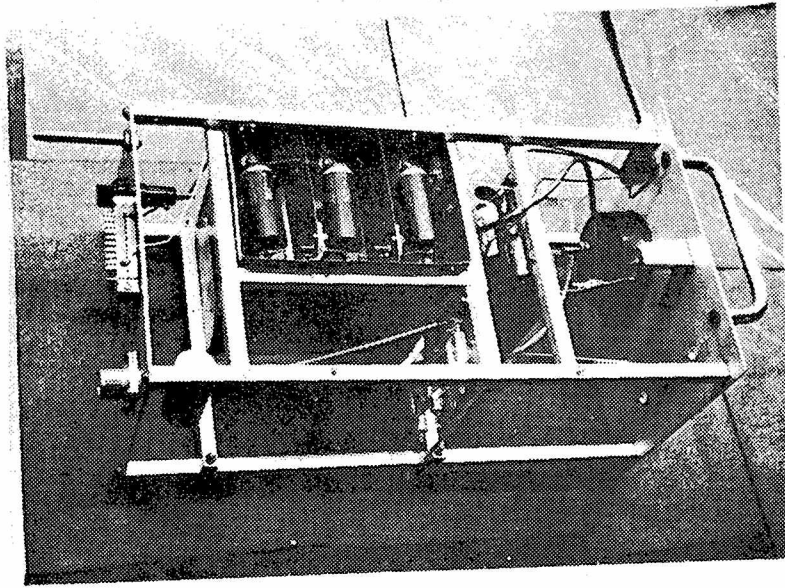


Fig. 8: Fuente de alta tensión. Vista interna.

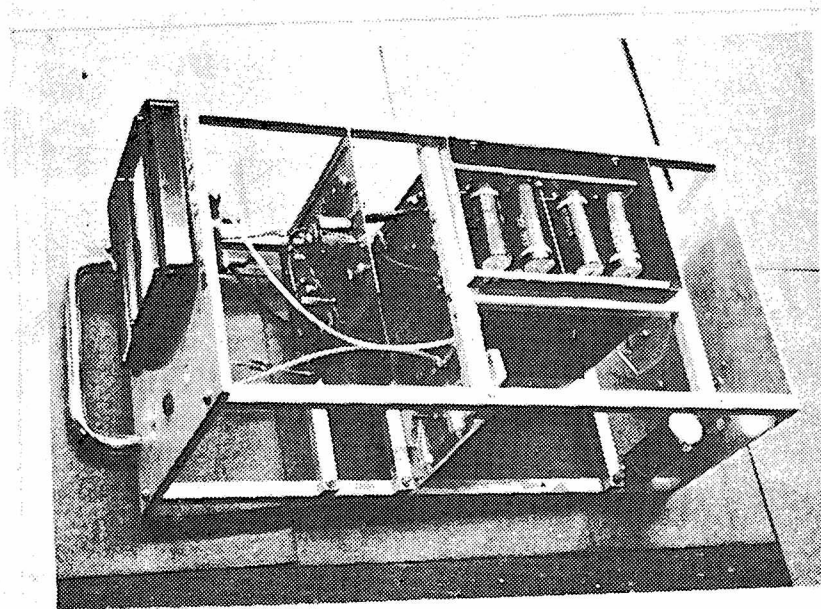
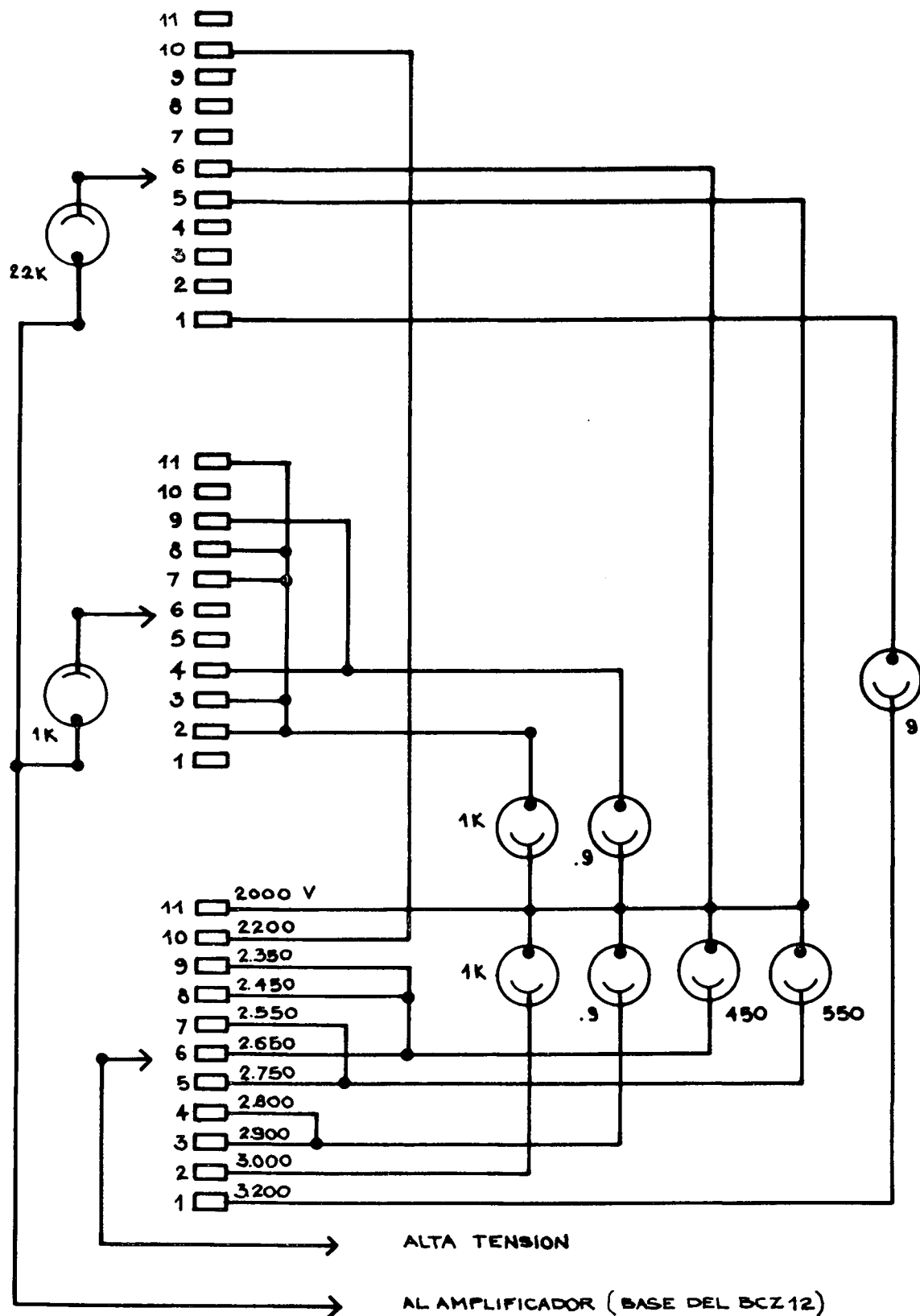


Fig. 9: Fuente de alta tensión. Vista interna.



CONJUNTO QUE REEMPLAZA LAS VALVULAS CO-
RONAS PARA LA FUENTE ALTA TENSION DE REPUESTO
FIG. 10

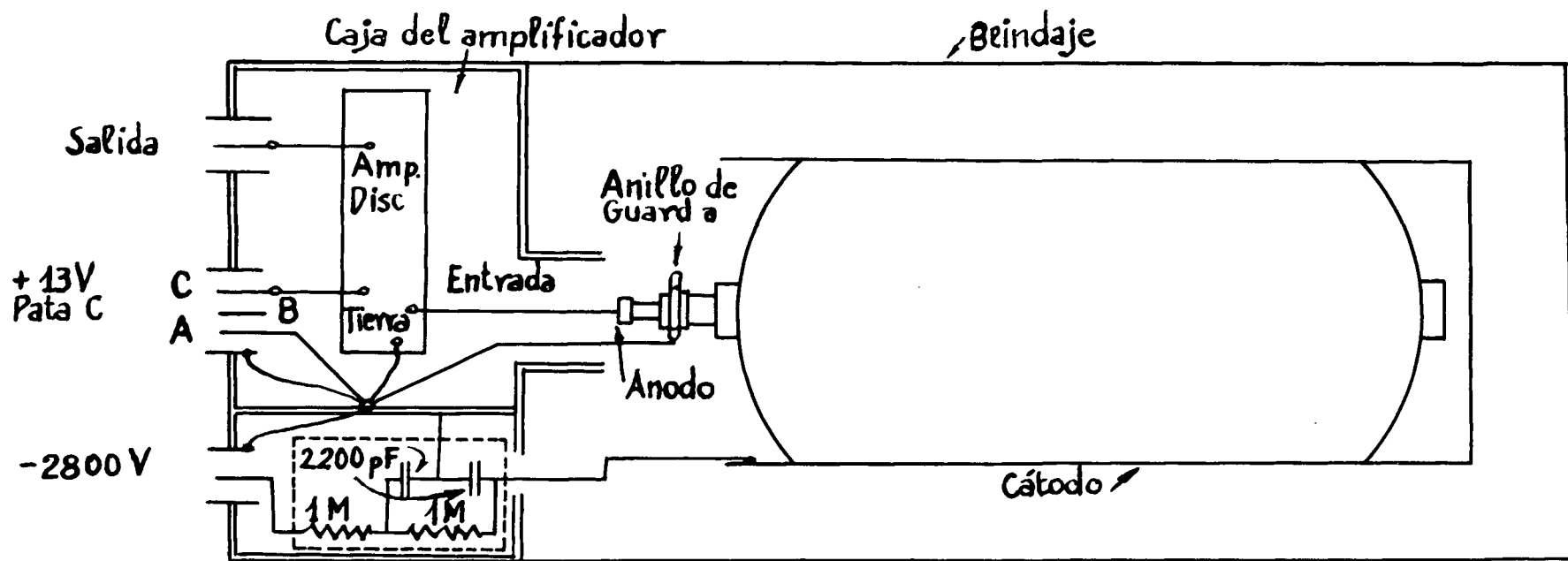


Fig. 12 - Esquema interno tubo contador

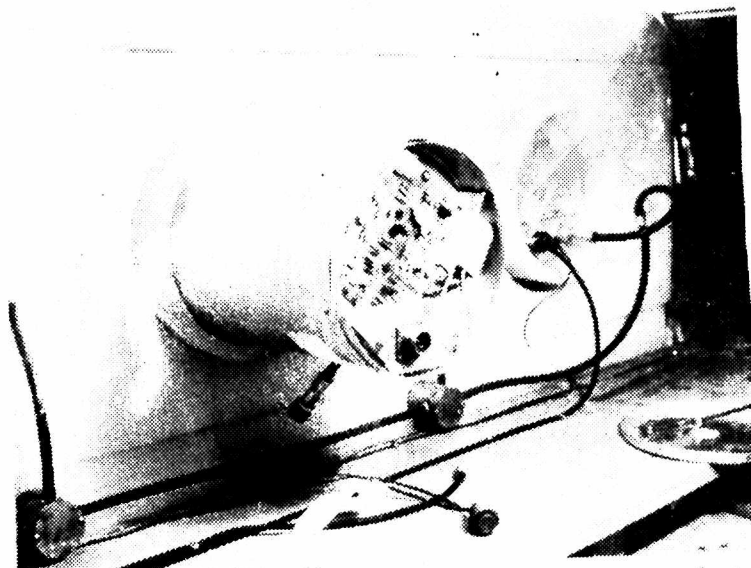


Fig. 13: Montaje del preamplificador próximo al tubo contador.

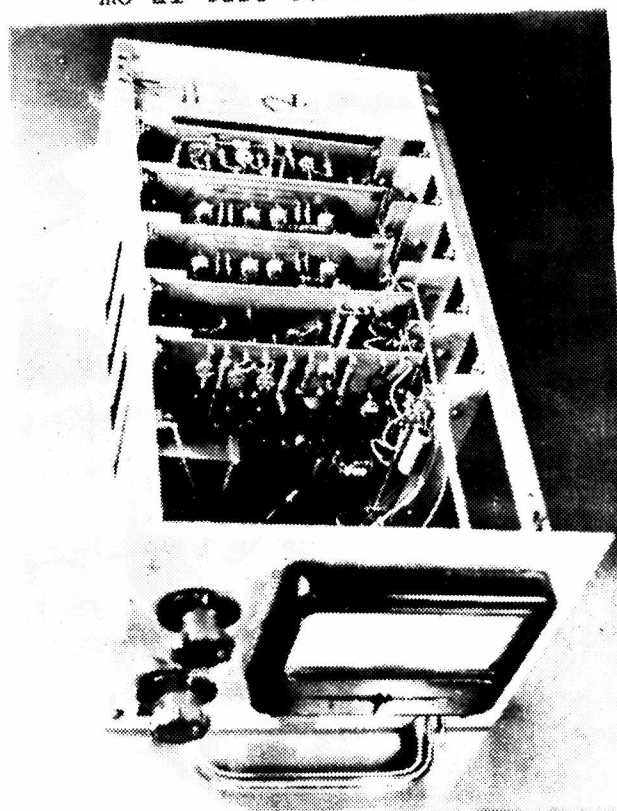
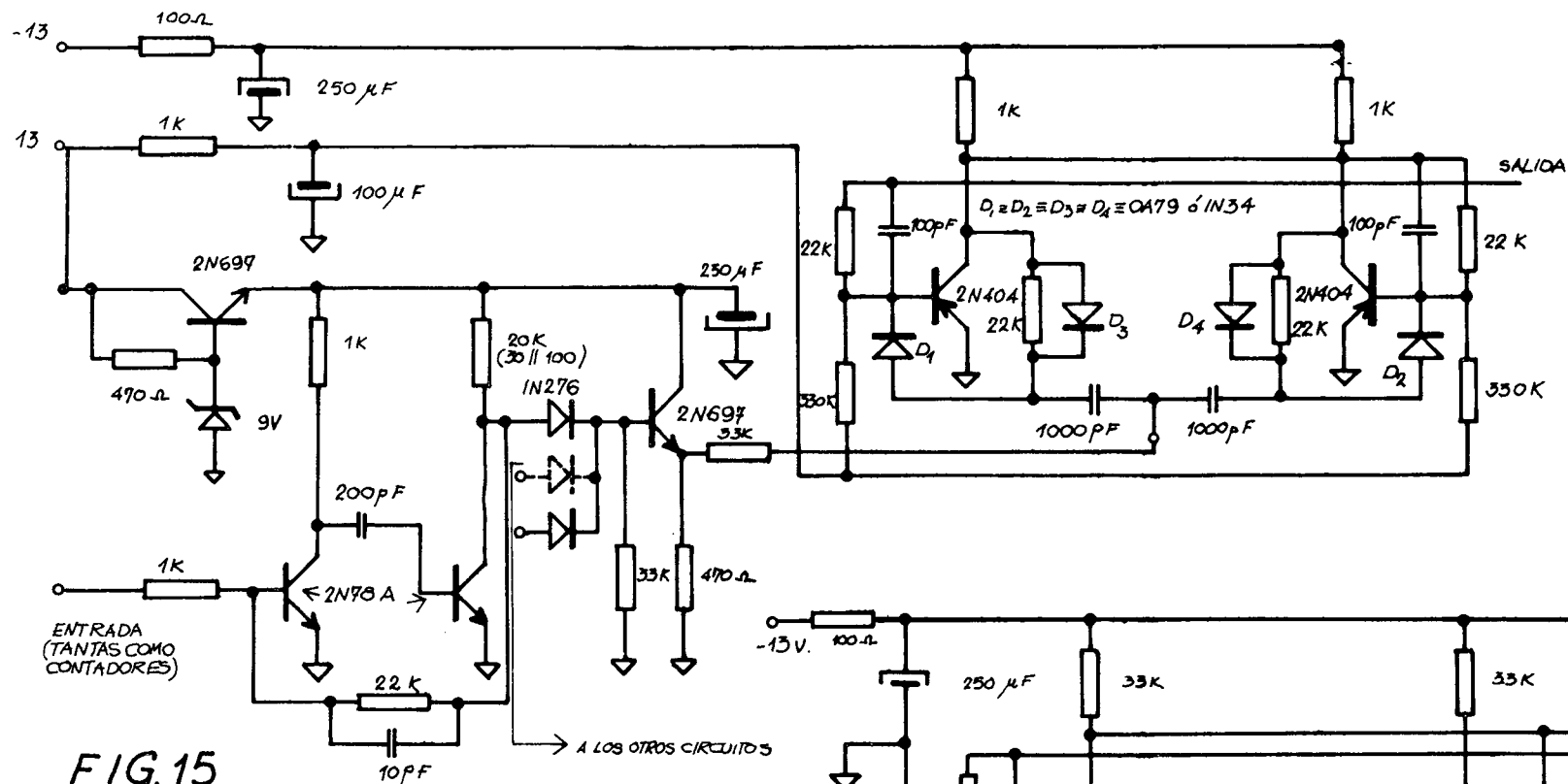


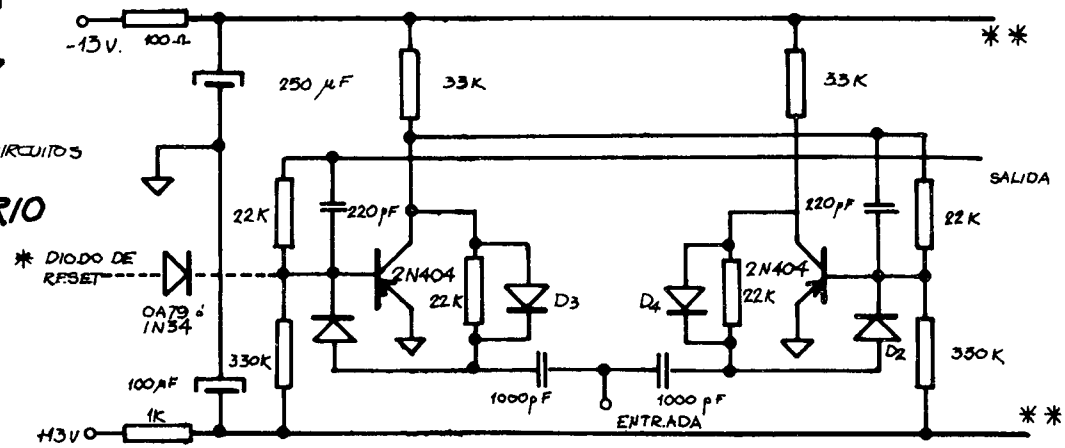
Fig. 14: Vista interior de la unidad contadora.



$D_1 \equiv D_2 \equiv D_3 \equiv D_4 : 0A79 \text{ ó } 1N34$

* * A LOS OTROS 3 BINARIOS DE LA MISMA PLAQUETA

FIG. 16: BINARIO (FLIP-FLOP)



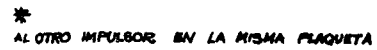


FIG 17: IMPULSOR

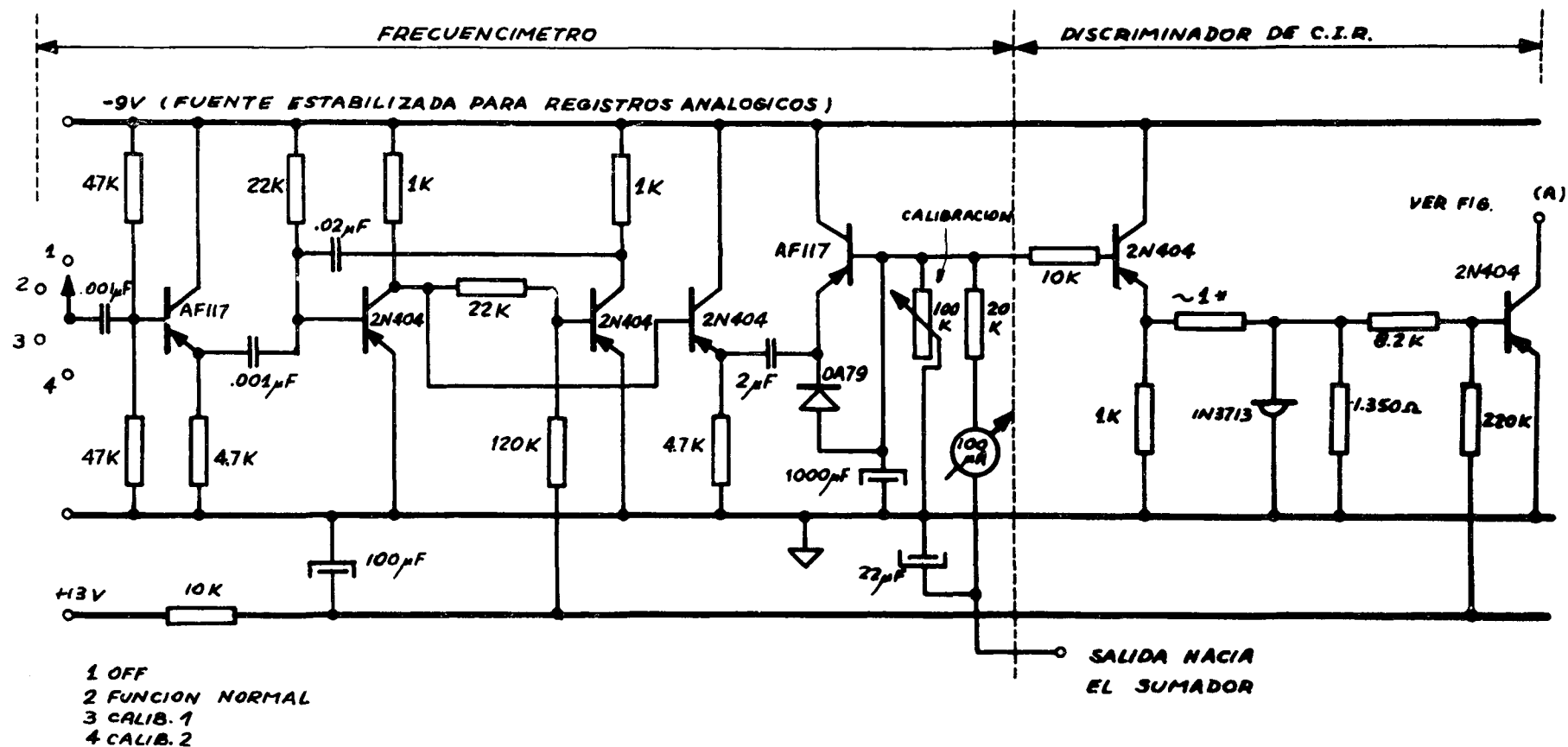


FIG 18 : FRECUENCIMETRO Y DISCRIMINADOR C.I.R.

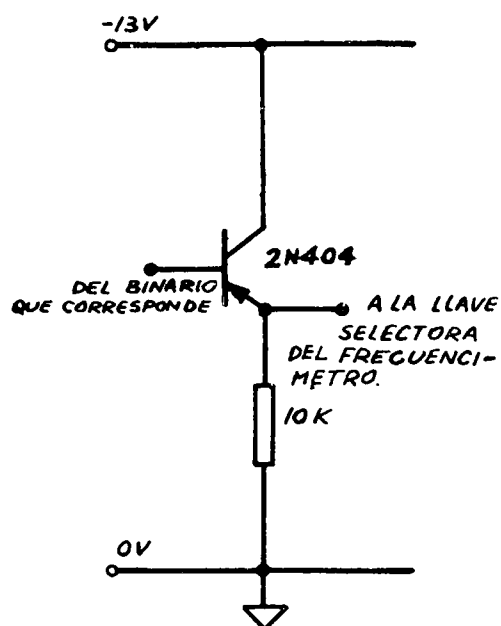
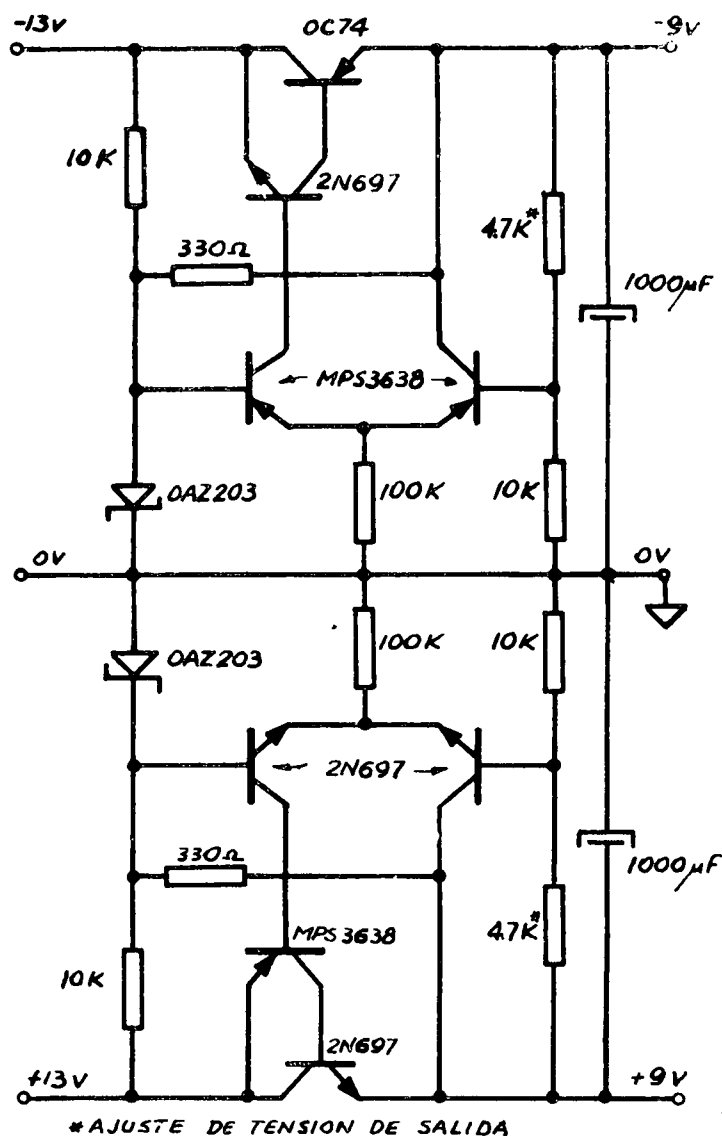


FIG 19: CIRCUITO DE SALIDA PARA CALIBRACION DE FRECUENCIMETRO.

FIG 20: FUENTE ESTABILIZADA PARA REGISTROS ANALOGICOS.

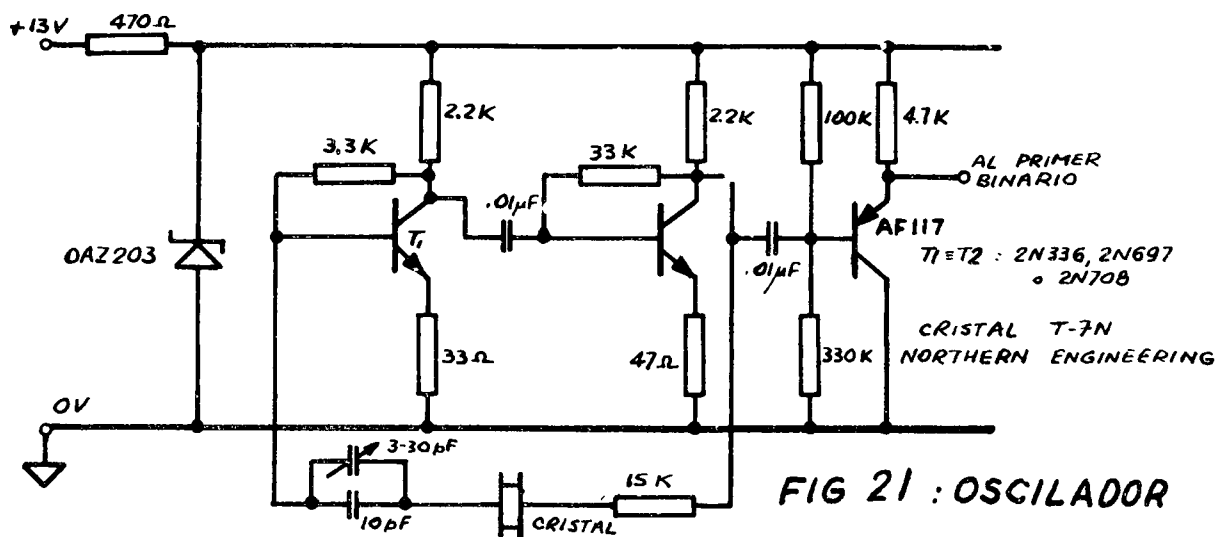
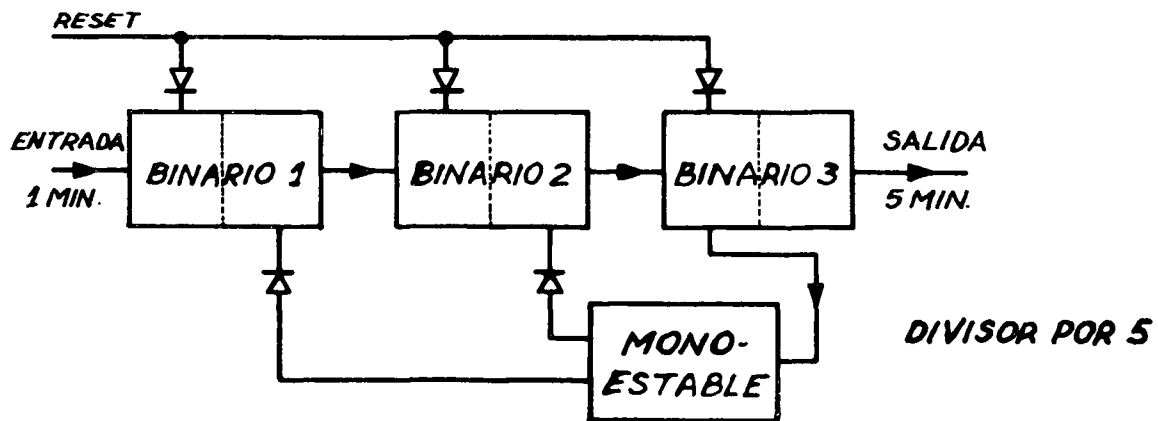
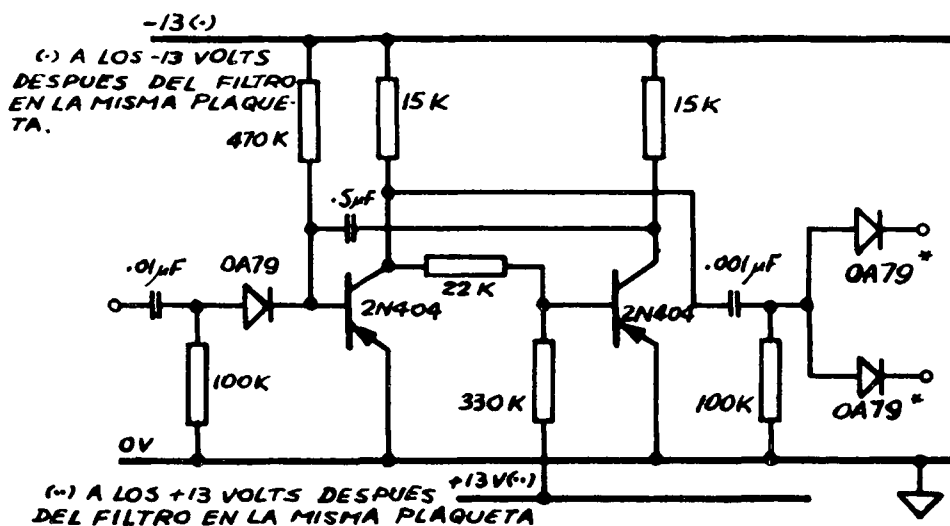


FIG 21: OSCILADOR



**FIG 23: DIAGRAMA BLOCK DE LOS
DIVISORES POR 5**



* ESTOS DIODOS SON LOS DE REALIMENTACION. EN EL CASO DEL DIVISOR POR 5 ATACAN LOS BINARIOS 1 y 2 EN TODOS LOS CASOS SE CONECTAN A LAS BASES EN LAS CUALES NO LLEGAN LOS DIODOS DE RESET.

**FIG 24: MONOESTABLE DE LOS DIVISORES
POR 5**

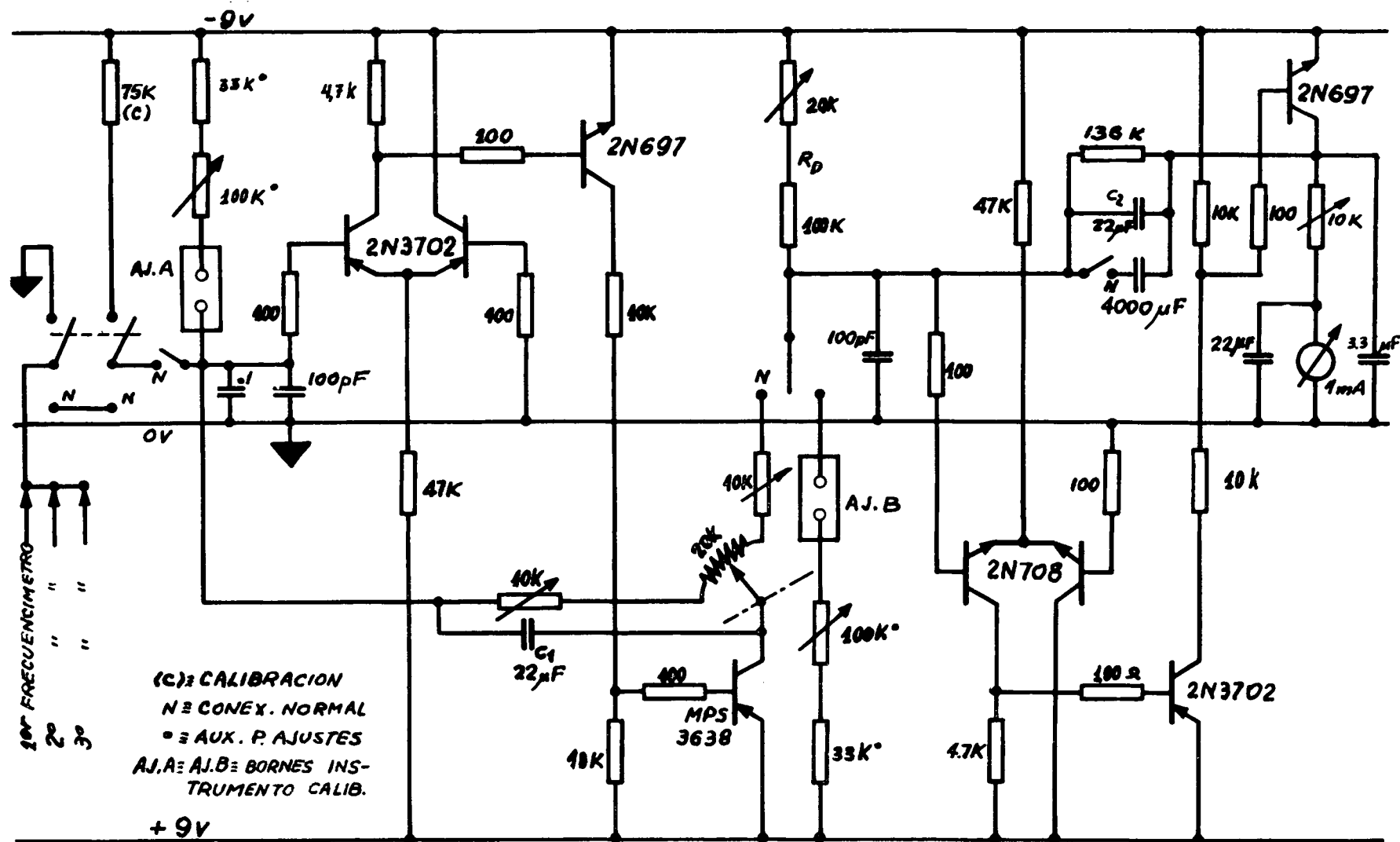


FIG 27: AMPLIFICADOR Y SUMADOR

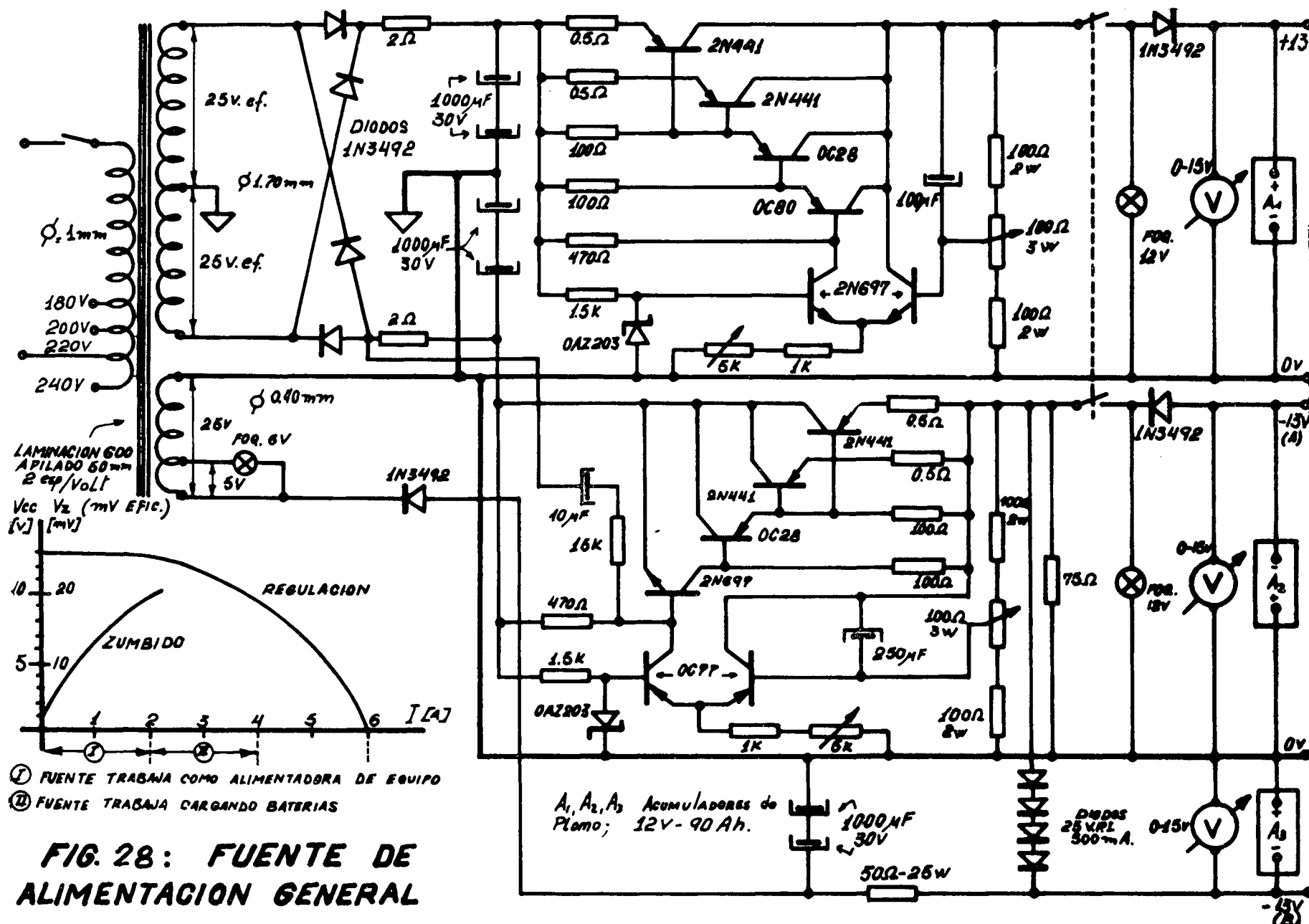


FIG. 28: FUENTE DE ALIMENTACION GENERAL

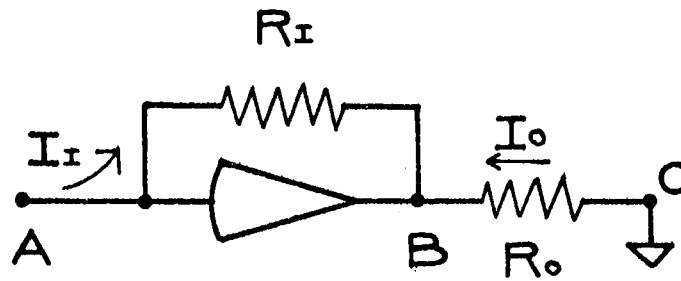
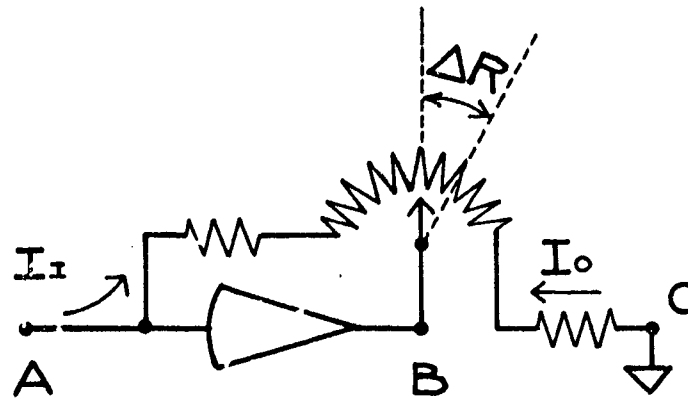


FIG. 29



$$R_I = R_{ES} \text{ ENTRE } A \text{ Y } B$$

$$R_O = \text{ " } B \text{ C}$$

$$\text{If } \Delta p = 0 \quad R_I = R_O = R$$

$\Delta R = k \cdot \Delta p$ - INCREMENTO QUE CON SIGNOS OPUESTOS SE SUMA A R_I Y R_O PARA $\Delta p \neq 0$. FÍSICAMENTE ES LA VARIACIÓN DE RESISTENCIA DE UN POTENCIÓMETRO LINEAL ACCIONADO POR EL BARÓMETRO.

FIG. 30

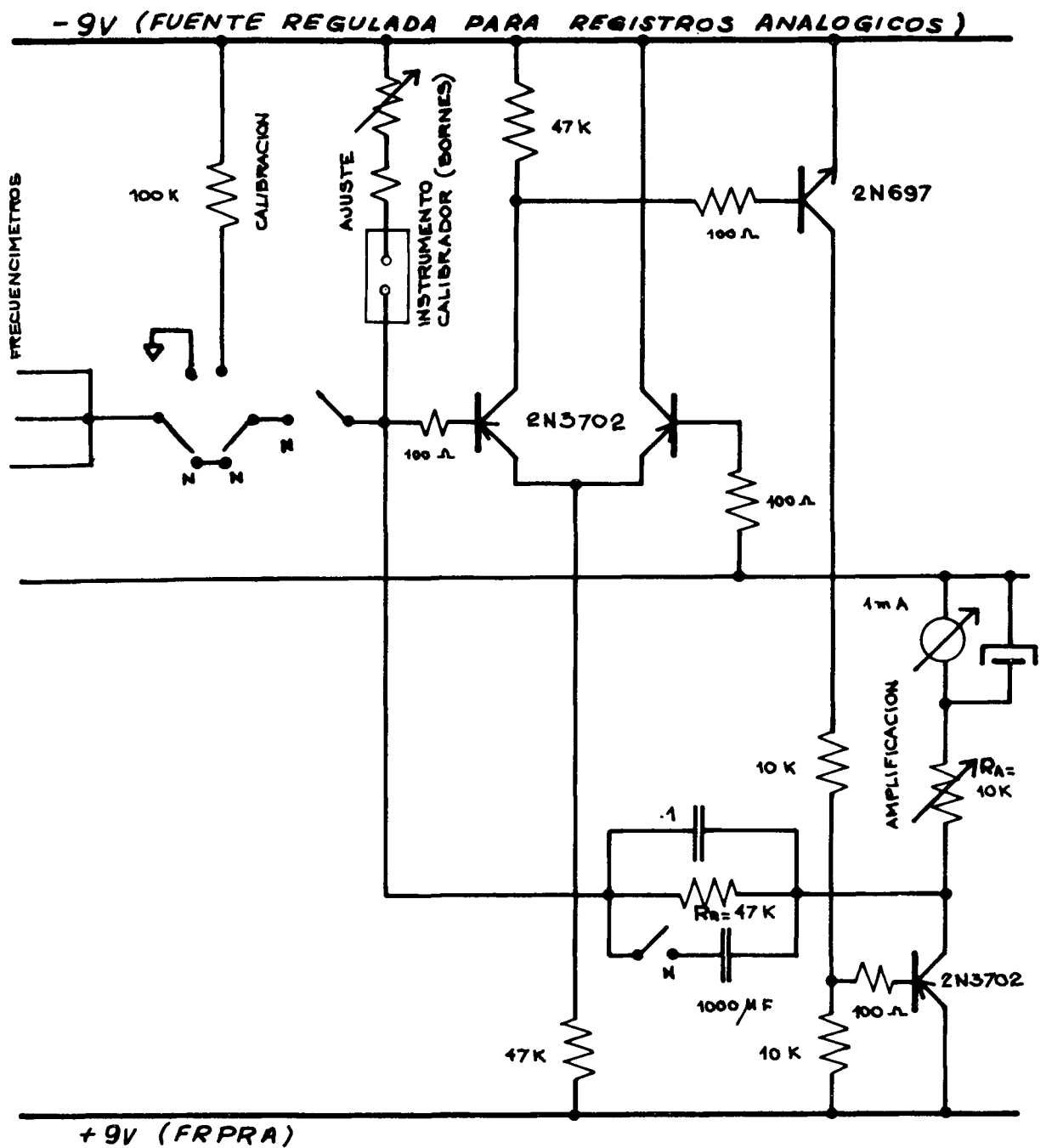


FIG. 31 SUMADOR Y AMPLIFICADOR PARA REGISTRO ANALOGICO DEL CONTAJE

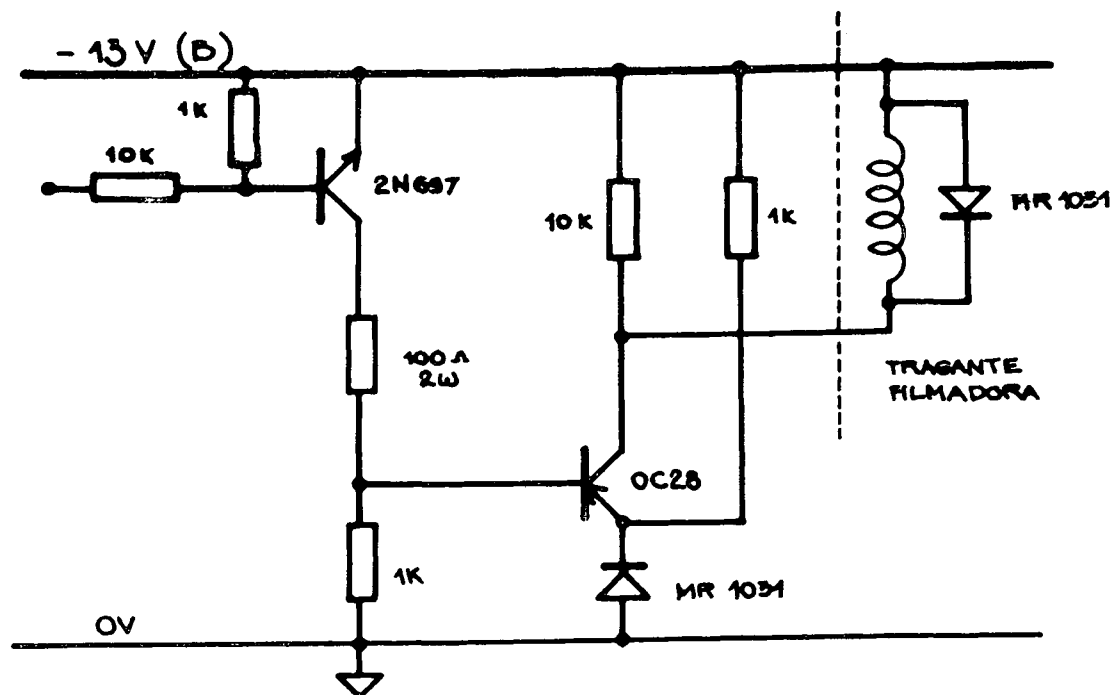


FIG. 34 IMPULSOR FILMADORA

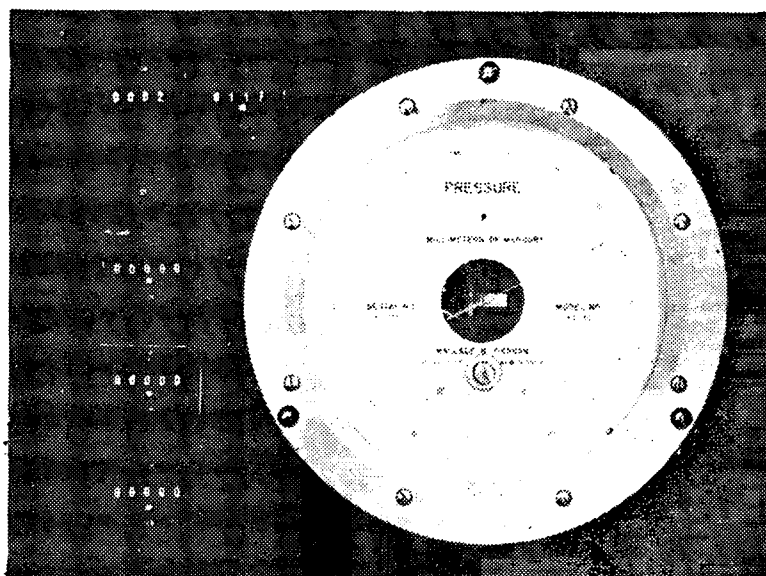


Fig. 33: Panel de fotografia.

**Impreso en el Servicio Gráfico del
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
Buenos Aires, Argentina**