

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº	AÑO
1	1984

Comisión Nacional de Energía Atómica
Gerencia de Protección Radiológica y Seguridad
División Higiene Radiológica Ocupacional
DISCRIMINACION POR FORMA DE PULSO APLICADA A DETECTORES
PARA MEDICION DE LA CARGA PULMONAR DE Pu-239 y Am-241

BONINO, A.^D - RIGHETTI, M.^A

INTRODUCCION

Se presentan dos alternativas para disminuir la actividad mínima detectable (AMD) de la carga pulmonar de Pu-239 y Am-241 mediante la discriminación por forma de pulso. Dadas las características de estas mediciones es muy importante contar con un sistema que posea una elevada eficiencia, buena resolución y muy bajo fondo en la zona de interés. La primera emplea detectores tipo Phoswich mientras que en la segunda se utiliza un contador de tipo proporcional.

Los sistemas de discriminación asociados a estos detectores permiten una considerable reducción del fondo, mejorando de esta forma la AMD.

DETECTOR PHOSWICH

Está constituido por dos centelladores acoplados ópticamente, el primero de ellos está construido con un material de un determinado tiempo de desexcitación y tiene poco espesor para disminuir su eficiencia a altas energías; el segundo está construido con otro material de diferente tiempo de desexcitación y mayor espesor que el anterior permitiendo que las altas energías interaccionen totalmete en él. El conjunto de centelladores se encuentra acoplado ópticamente a un fototubo y una base divisora de voltaje de bajo ruido.

El principio de funcionamiento se basa en que la radiación de interés (bajas energías) interacciona en el primer centellador, para lo cual se debe dimensionar su espesor de acuerdo al rango de energía a cubrir, mientras que la mayor energía interacciona en el segundo dejando muy poca información en el primer centellador debido a su pequeño espesor. (Ver construcción y forma de interacción en la figura 1 y 2)

El detector utilizado en nuestro caso (Harshaw tipo 20 MBSH 2/5 B-X) posee como primer centellador NaI(Tl) de 3 mm de espesor con un tiempo de decaimiento característico de 230 ns y como segundo centellador se utiliza CsI(Tl) de 50 mm de espesor cuyo tiempo de decaimiento es de 1 us. El diámetro del conjunto es de 5 pulgadas.

PREAMPLIFICADOR:

Es del tipo sensible a carga y de bajo ruido. Posee una salida especial de inhabilitación que opera de la siguiente forma:

Cuando se utilizan detectores Phoswich en general se busca detectar bajas energías (menos de 100 Kev) por lo cual dadas las dimensiones del primer centellador es necesario utilizar alta ganancia en la cadena electrónica, el segundo cristal que funciona como anticoincidencia y recibe señales de fondo natural con valores de energía elevados normalmente sobrecarga al preamplificador y sistema de discriminación. Para evitar este fenómeno el preamplificador tiene incorporado internamente un detector de amplitud, el que ante una señal que exceda su rango dinámico inhabilita el sistema hasta que llegue a condiciones normales de operación.

El preamplificador utilizado en nuestro caso es Harshaw NB-25 A, posee una ganancia de 10 volts por picocoulomb, tiempo de crecimiento (para cero PF de capacidad de entrada) 30 ns y un tiempo de decaimiento de 120 us.

SISTEMA DE DISCRIMINACION

Dentro de las diferentes técnicas de discriminación por forma de pulso, leading edge/crossover, constant fraction, crossover/crossover, se adoptó la última por poseer menor error en la definición de tiempo para pequeñas señales que las anteriores.

La finalidad del sistema es detectar e identificar la señal que proviene del primer y segundo centellador de acuerdo al tiempo de decaimiento de los mismos.

Como ventajas de este método se destacan que: 1) ambas mediciones de tiempo se realizan de la misma forma minimizando el "walk" (error en la determinación del tiempo por variación de amplitud). 2) Los detectores de cruce por cero son idénticos o sea que ambos tienen las mismas imperfecciones de modo que los errores de tiempo tienden a cancelarse. 3) Se **detectan** cruces por cero pero con flancos rápidos y de amplitudes muy elevadas por lo cual el ruido electrónico es mínimo. 4) Mientras que el sistema leading-edge entrega la mejor información del tiempo del inicio del pulso, ésta no es buena dado que muy pocos foto-electrones forman el inicio del pulso siendo la estadística sumamente pobre; mientras que en el cruce por cero un gran porcentaje de los foto-electrones forma un pulso bien definido cuando se realiza la medición; esto es muy importante en el caso de bajas energías (pocos foto-electrones).

El sistema utilizado opera de la siguiente forma: la señal proveniente del conjunto fotomultiplicador-preamplificador se introduce en dos amplificadores de doble línea de retardo (DDL), con diferente tiempo de enclavamiento (largo 1.5 us),

(corto 0,7 us). En la salida de cada uno de ellos se encuentra un detector de cruce por cero que es previamente habilitado mediante un monocal que toma señal de salida del amplificador corto; si medimos la diferencia entre estas señales la misma será función de las líneas de retardo de los amplificadores y del tiempo de decaimiento del centellador según la siguiente fórmula:

$$\Delta t = \tau \ln \left[\frac{2 e^{\frac{TD_2}{\tau}} - 1}{2 e^{\frac{TD_1}{\tau}} - 1} \right]$$

donde TD 1 línea de retardo del amplificador largo 1,5 us
 TD 2 " " " " " " corto 0,7 us

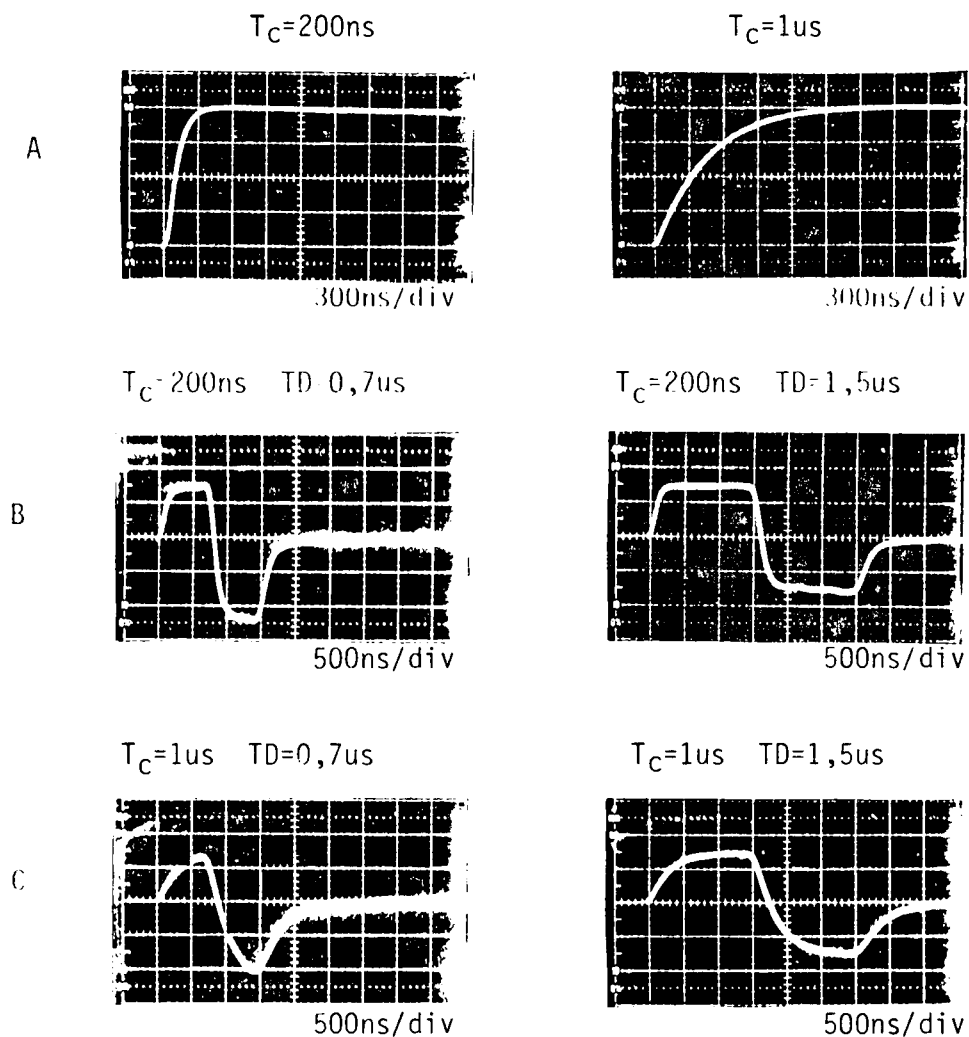


Fig. 3

En la figura 3 podemos ver cómo es procesada la señal en los amplificadores con doble línea de retardo.

- A) Salida del preamplificador para dos centelladores de diferente tiempo de decaimiento.
- B) Salida de un amplificador con doble línea de retardo para un pulso de entrada con tiempo de crecimiento de 200 ns.
- C) Salida de un amplificador con doble línea de retardo para un pulso de entrada con tiempo de crecimiento de 1 μ s.

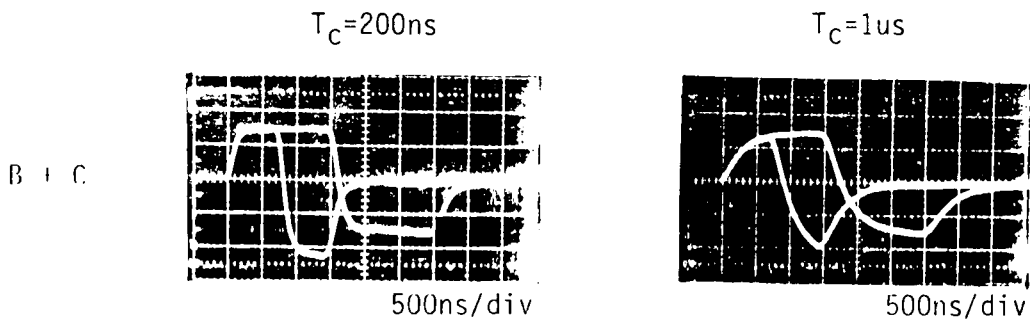
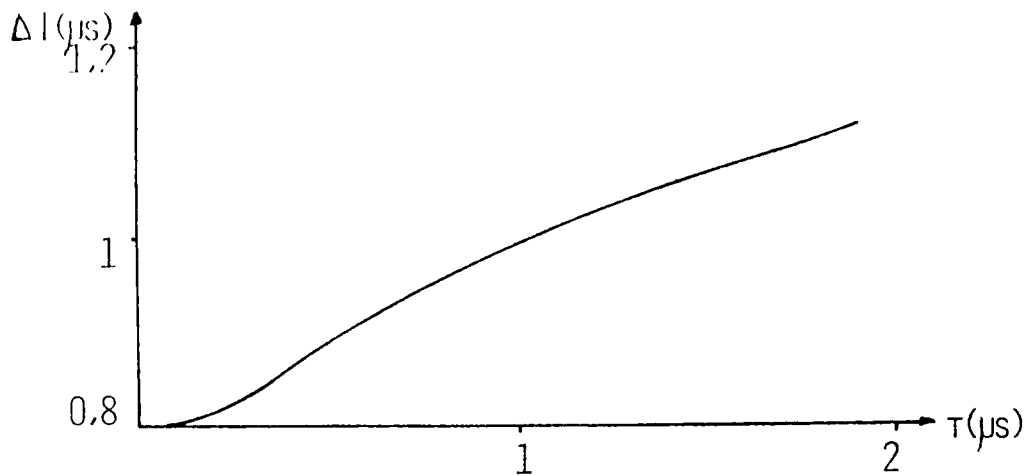


Fig. 4

Se pueden superponer los gráficos B y C para diferentes tiempos de crecimiento y visualizar la diferencia en el cruce por cero (figura 4).

Podemos además graficar la diferencia de cruce por cero en función del tiempo de crecimiento de la señal de entrada (figura 5).



DIFERENCIA ENTRE LOS CRUCES POR CERO EN FUNCION DEL TIEMPO DE CRECIMIENTO

(Fig. 5)

sis, esta medición se realiza mediante un multicanal con Mixer-Router, adecuando las señales como en el caso anterior (Fig.10)

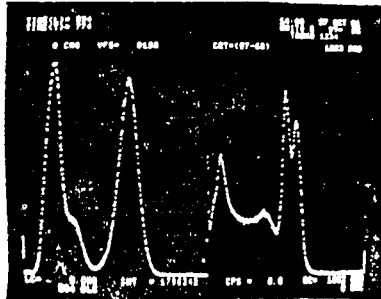


Fig.10

FUENTES: Am-241; Co-60

Los valores obtenidos con ambos detectores Phoswich con fuentes puntuales a 12 cm se presentan en la figura 11 junto con los de un cristal de INa(Tl) de dimensiones similares.

Fig.11	Eficiencia (cpm/Rx min ⁻¹)		Fondo (cpm)	
	Pu-239	Am-241	Pu-239	Am-241
Phoswich N°1	$8,8 \times 10^{-2}$	$8,9 \times 10^{-2}$	7,2	2,3
Phoswich N°2	$8,6 \times 10^{-2}$	$8,7 \times 10^{-2}$	7,3	1,9
INa (Tl)	$11,1 \times 10^{-2}$	$8,9 \times 10^{-2}$	157,5	12,1

CONTADOR PROPORCIONAL

Este detector está especialmente diseñado para medición de Pu-239 y Am-241 en pulmones y está compuesto por dos cámaras proporcionales superpuestas cuyos electrodos son grillas multifilamentosas para lograr una elevada resolución.(Fig.12)

La primera de las cámaras posee una ventana de berilio para minizar la atenuación a bajas energías, la otra está separada de la anterior mediante una placa metálica de forma que una radiación de alta energía interaccione con ambas y permita mediante un discriminador adecuado inhabilitar las señales simultáneas en ambas cámaras.

El detector utilizado (Plutonix 180 MI) tiene incorporados dos preamplificadores especiales de bajo ruido y la tensión de trabajo es 1750 V.

Para este sistema de discriminación se utilizó el método de fracción constante sobre el flanco de decaimiento de una señal conformada mediante un amplificador con simple línea de retardo.

La ventaja de esta técnica es que normalmente los pulsos monopulares tienen mejor relación señal-ruido que los bipolares utilizados en técnicas de cruce por cero; permitiendo mejorar la resolución temporal. Además en el caso de cruce por cero la información temporal se obtiene una vez finalizado el

pulso bipolar, lo cual no es limitante cuando se usan amplificadores conformadores por línea de retardo, pero si utilizamos amplificadores de conformación casi normal el retardo puede ser de varios microsegundos, elevando considerablemente el tiempo muerto del conjunto.

El sistema opera de la siguiente forma: la señal proveniente del preamplificador se aplica a un amplificador de gran ancho de banda con una integración de 200 ns además este amplificador posee entrada y salida para una línea de retardo de enclavamiento, conectándose en este lugar una línea de constantes concentradas de 3 us. La salida del amplificador se puede visualizar en la figura 13.

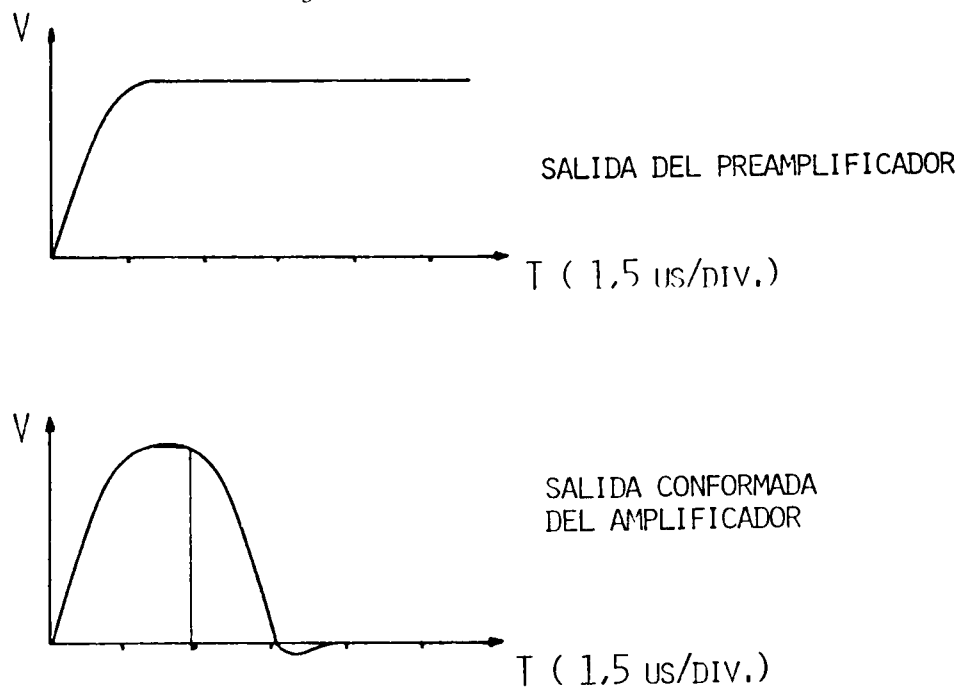


Fig.13

La señal del amplificador se aplica a dos discriminadores de fracción constante los cuales internamente generan una señal estable a partir del máximo de la entrada y comparan una fracción de la misma con ella; entregando un pulso cuando se produce el cruce de ambas, obteniéndose de esta manera la información sobre la forma de pulso de entrada.

Por ejemplo si colocamos las fracciones en 10% y 90% los discriminadores nos darán los que se define como tiempo de crecimiento del pulso. La forma de operación se puede visualizar en la figura 14.

Podemos gratificar el Δt en función del tiempo de crecimiento (figura 15).

Los pulsos que indican el cruce de estas señales habilitan el inicio y parada de un conversor de tiempo-amplitud mediante el cual podemos obtener como en el caso anterior el espectro de tiempos (figura 16).

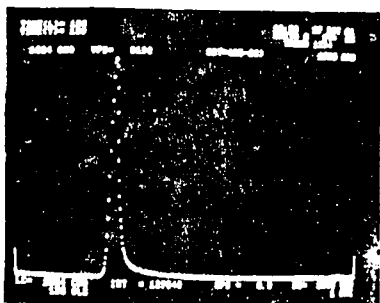


Fig.16

(4ns/canal)

Dadas las características de este detector no se observa un pico para la zona de energías elevadas sino una distribución continua, solo se visualiza un pico en la zona de tiempos del orden de 0,6 us, que corresponden a radiación en el rango 10 a 30 Kev; las energías superiores producen dispersión en el espectro de tiempo con una mínima contribución en la zona de 0,2 a 0,7 us.

La salida del conversor tiempo-amplitud se introduce en un monocanal que permite habilitar la entrada al multicanal de señales que cumplan con la condición de anticoincidencia y tiempo.

La figura 17 muestra el espectro de tiempo con la habilitación de los pulsos deseados solamente.

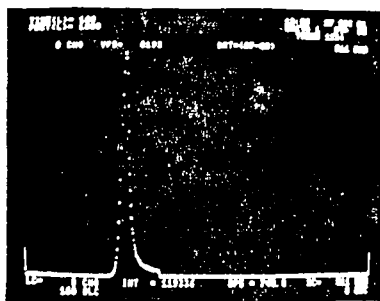


Fig.17

(4ns/canal)

En la figura 18 se puede visualizar el espectro de energía para el funcionamiento con anticoincidencia y anticoincidencia-discriminación por forma de pulso.

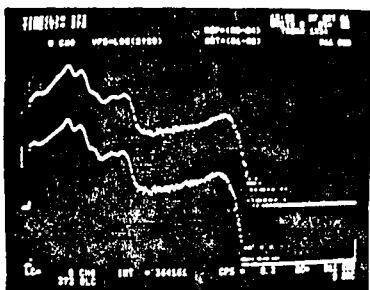


Fig.18

FUENTES: Am-241

En la figura 20 se presentan los valores que se obtuvieron para el sistema con AC solamente y con AC mas discriminación temporal

Fig.20	Eficiencia (cpm/Rx min ⁻¹)		Fondo (cpm)	
	Pu-239	Am-241	Pu-239	Am-241
Contador proporcional con AC	$8,9 \times 10^{-2}$	$0,34 \times 10^{-2}$	16,2	4
Contador proporcional con AC y DFP	$1,5 \times 10^{-2}$	$0,24 \times 10^{-2}$	1,2	1

Las ventajas del uso de técnicas de discriminación por forma de pulso pueden apreciarse en la figura 21 donde se muestran valores proporcionales a la AMD calculados para los distintos detectores y sistemas de discriminación.

Fig.21	F (Rx min ⁻¹)	
	Pu-239	Am-241
INa (Tl)	$14,19 \times 10^2$	$1,36 \times 10^2$
Contador proporcional con AC.	$1,82 \times 10^2$	$11,76 \times 10^2$
Contador proporcional con AC y DFP	$0,96 \times 10^2$	$4,17 \times 10^2$
Phoswich N° 1	$0,82 \times 10^2$	$0,26 \times 10^2$
Phoswich N° 2	$0,85 \times 10^2$	$0,22 \times 10^2$

donde:
$$F = \frac{\text{Fondo (cpm)}}{\text{Eficiencia (cpm/Rx min}^{-1}\text{)}}$$

y el tiempo de medición es de 100 min

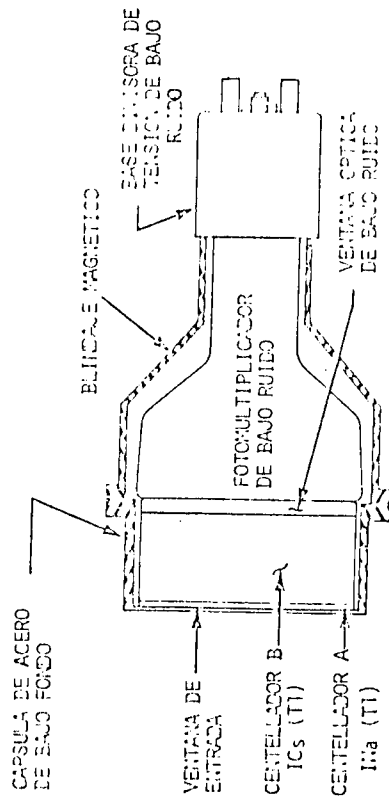


FIG 1 - CONSTRUCCION DEL DETECTOR PHOSWICH

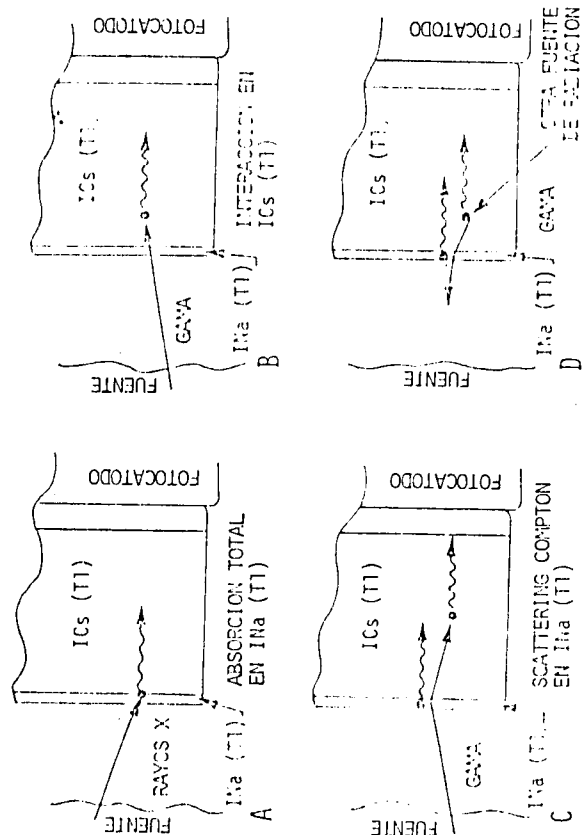
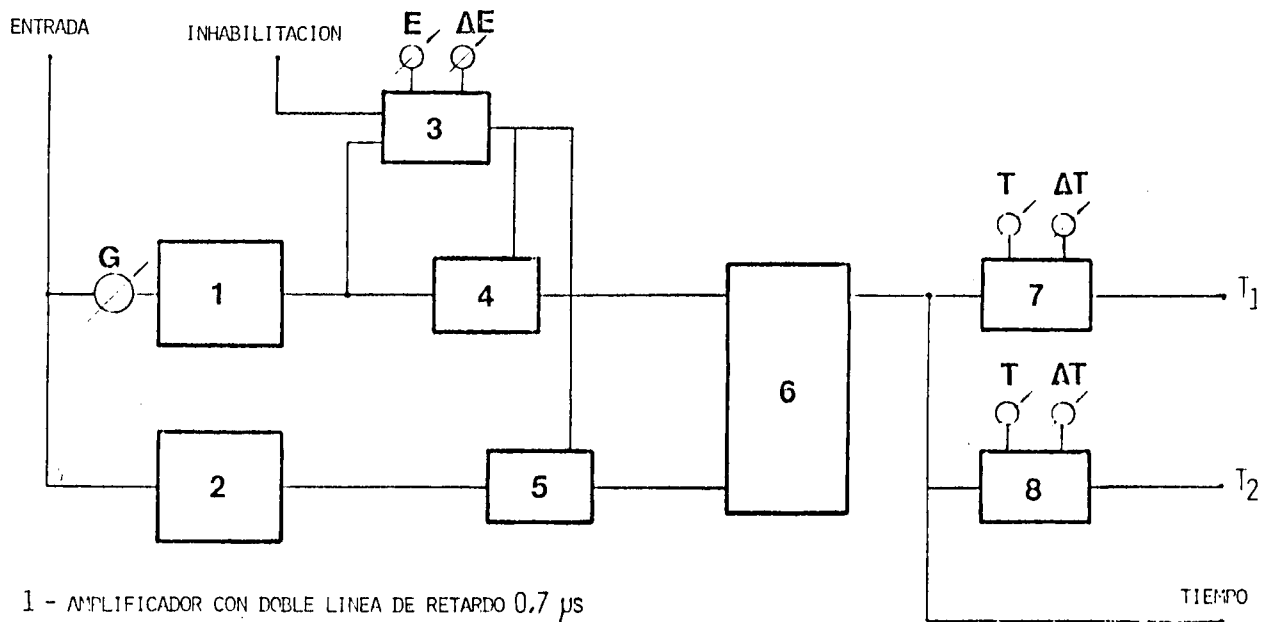
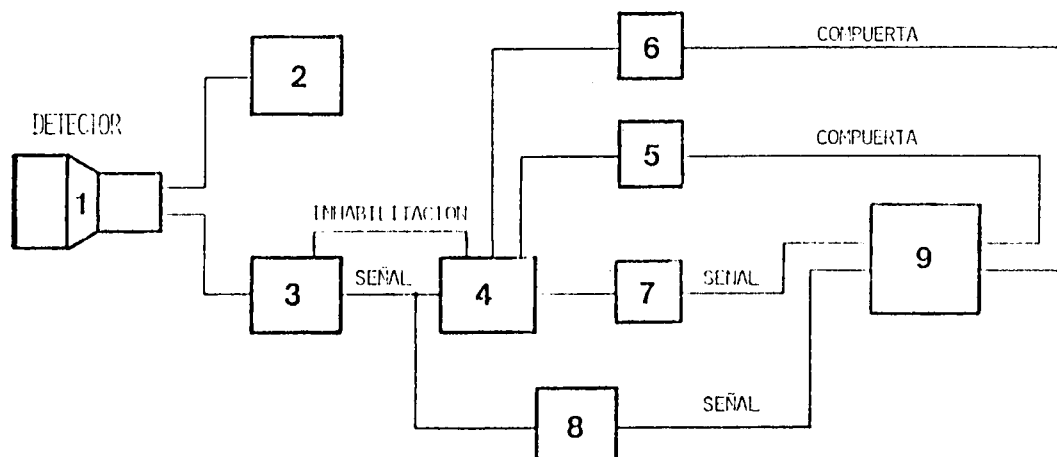


FIG 2 - INTERACCIONES TÍPICAS EN UN DETECTOR PHOSWICH



- 1 - AMPLIFICADOR CON DOBLE LINEA DE RETARDO 0,7 μ s
- 2 - AMPLIFICADOR CON DOBLE LINEA DE RETARDO 1,5 μ s
- 3, 7, 8 - MONOCANALES
- 4, 5 - DETECTORES DE CRUCE POR CERO
- 6 - CONVERSOR DE TIEMPO - AMPLITUD

Fig 8



- 1 - DETECTOR HARSHAW 20 MBSH 2/5 B-X
 2 - FUENTE DE ALTA TENSION CANBERRA 3102
 3 - PREAMPLIFICADOR HARSHAW NB-25
 4 - ANALIZADOR HARSHAW NC-25
 5, 6 - CONFORMADORES DIGITALES CANBERRA 2055
 7 - RETARDO CANBERRA 1457
 8 - AMPLIFICADOR CANBERRA 2011
 9 - MULTICANAL CANBERRA SERIE 80 CON MIXER ROUTER 8624

Fig 9

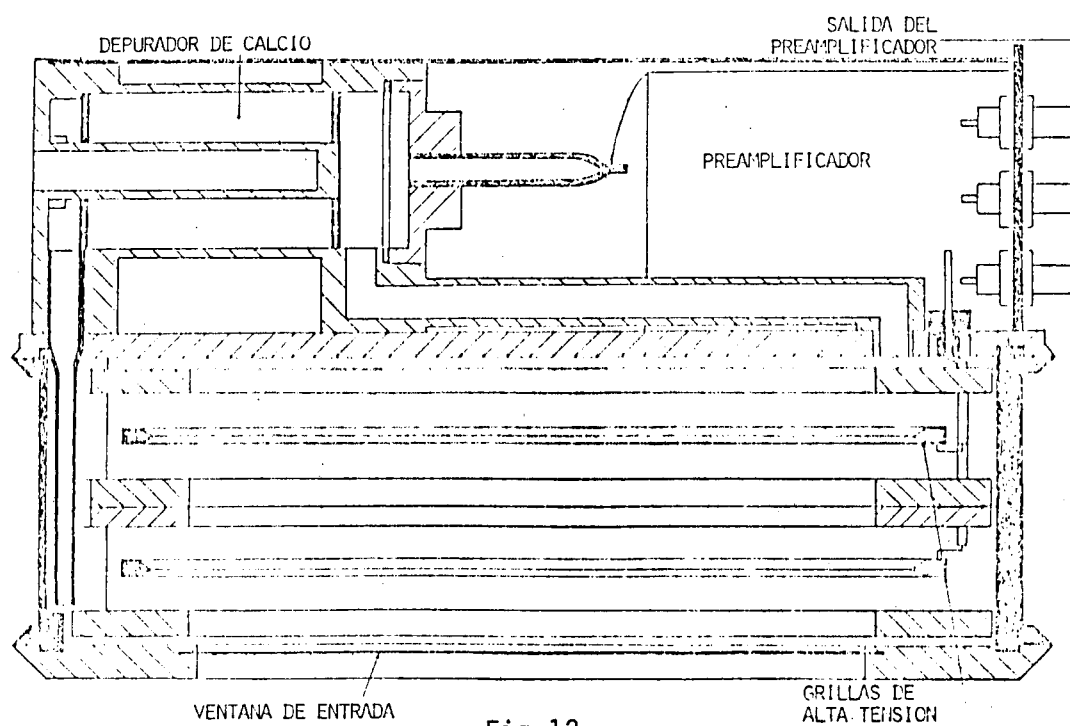


Fig 12

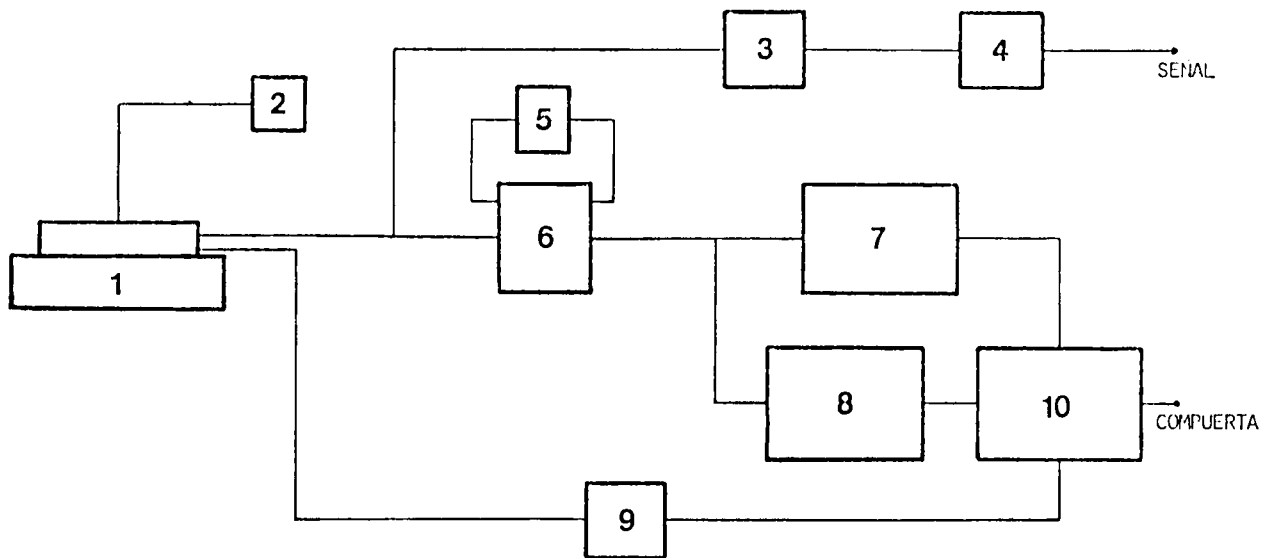
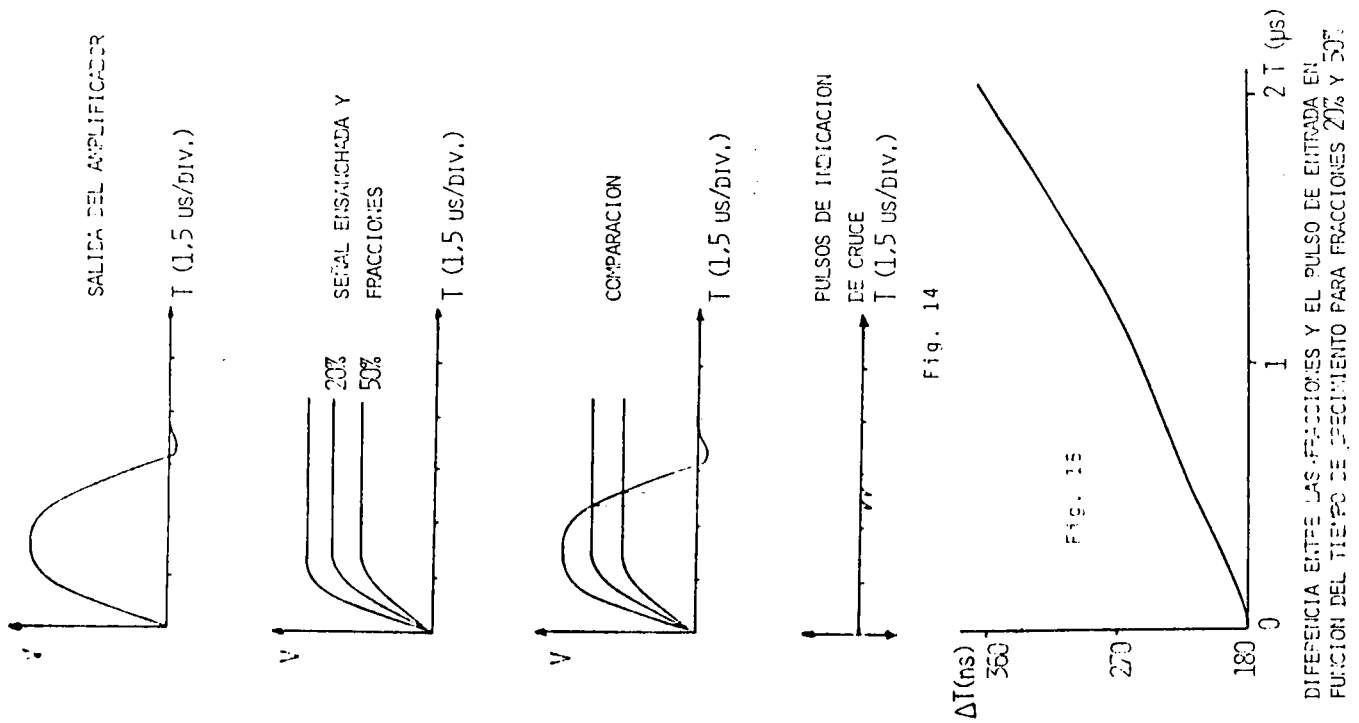


Fig 19

1 - DETECTOR PHOTONIX 180
2 - FUENTE DE ALTA TENSION CAMBERA 5100
3, 5 - LINEAS DE RETARDO CAMBERA 1457
4 - AMPLIFICADOR CAMBERA 2010

6 - AMPLIFICADOR CAMBERA 2110
7, 8 - DISCRIMINADOR DE FRACCION CONSTANTE ORTEC 455
9 - MONOCANAL
10 - CONVERSOR DE TIEMPO - AMPLITUD