

# DETERMINACION DE Ni, Ti Y Fe POR EL METODO DEL COMPARADOR SIMPLE, A PARTIR DE LA COMPONENTE DE NEUTRONES RAPIDOS DEL FLUJO EN UN REACTOR NUCLEAR.

E. F. Herrera, M. E. Montero, A. T. Hernandez, A. Perdomo.  
Instituto de Ciencias y Tecnología Nucleares (ISCTN)

## RESUMEN

En este trabajo se valida el Método del Comparador Simple aplicado a reacciones de umbral de tipo (n,p) utilizando la componente de flujo rápido de los reactores nucleares. Los valores reportados de  $Q_{n,p}$  y  $c_0$  reportados en trabajos anteriores para los reactores BR2 de Bélgica y HFR de Holanda, fueron recalculados para la reacción  $^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$ , y para la reacción  $^{54}\text{Fe}(n,p)^{54}\text{Mn}$  a modo de comparación, agregándole los datos de la componente neutrónica por fisión  $c_0 \times H$ , obtenidos del Reactor IBR-2 del Instituto Unificado de investigaciones Nucleares (IUIIN) de Dubna, Rusia. A modo de ejemplo son calculados los valores de concentración del Ni, Ti y Fe en dos materiales de referencia internacionales: Soil 7 de la OIEA y la LATERITA (Comisión de Materiales Certificados de Moscú, Rusia) dando resultados aceptables en cuanto a la exactitud y precisión de los valores.

## ABSTRACT

In the present paper was validated the Single Comparator Method applied to reactions (n,p), determining the concentration of Ni and Ti known standards by means of the rapid component of neutron flux in a nuclear reactor, through the reactions  $^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$  and  $^{48}\text{Ti}(n,p)^{48}\text{Sc}$ . In this case was considered that the rapid neutron component can be expressed as a linear function ther thermal and ephiternal fluxes, using the non-dimensional parameters  $c_0$  and  $Q_{n,p}$  which don't play the same roll as the parameters of the Single Comparator Method when it is applied to the (n, $\gamma$ ) reactions. Its parameters were calculated again, aggregating the data obtained for the irradiation conditions of the reactor IBR-2 of JINR, Dubna to the data reported in the literature. The values of its parameters were calculated too for the reaction  $^{54}\text{Fe}(n,p)^{54}\text{Mn}$ , only as comparison.

## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se valida el Método del Comparador Simple aplicado a reacciones del tipo (n,p), determinando las concentraciones de Ni y Ti en estándares conocidos por medio de la componente de neutrones rápidos de un reactor nuclear a través de las reacciones  $^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$ ,  $^{48}\text{Ti}(n,p)^{48}\text{Sc}$ . En este caso se consideró que la componente de neutrones rápidos se puede expresar como una función lineal de los flujos térmicos y epitérmicos del reactor

usando los parámetros adimensionales  $c_0$  y  $Q_{n,p}$ , que no juegan el mismo rol que los parámetros del Método del Comparador Simple, cuando es aplicado a las reacciones (n, $\gamma$ ). Estos parámetros son recalculados en este trabajo agregando los datos obtenidos para las condiciones de irradiación del reactor IBR-2 del IUIIN de Dubna, Rusia; a los reportados por la literatura [1]. Los valores de estos parámetros fueron calculados también para la reacción  $^{54}\text{Fe}(n,p)^{54}\text{Mn}$  a modo de comparación. Los resultados obtenidos son satisfactorios.

En múltiples ocasiones se hace necesario conocer exactamente el valor de la concentración de algunos elementos a través del análisis por activación neutrónica, pero desafortunadamente estos elementos no brindan por sus características físicas, las facilidades para su detección por la vía de la reacción (n,γ), este es el caso del Ni y el Ti [2,3 y 4]. En análisis por activación neutrónica con la reacción (n,γ), la

pueden ser determinados con ellas es muy pequeño.

#### DATOS NUCLEARES DE LAS REACCIONES (N,P) EXAMINADAS:

En la Tabla 1 se muestran los datos de los elementos analizados. La reacción  $^{54}\text{Fe}(n,p)^{54}\text{Mn}$  se incluye sólo por comparación. Los datos de  $\sigma_{n,p}$  fueron tomados del ERDTMANN [5] y de [6] para el caso del Fe.

Tabla 1: Datos de las reacciones (n,p) analizadas.

Reacción	Abundancia Isotópica 0	Sección $\sigma_{n,p}$ (mb)	$T_{1/2}$ días	$E_{\gamma}$ (keV)	Probabilidad de emisión (%)
$^{48}\text{Ti}(n,p)^{48}\text{Sc}$	0.7380	0.272	1.821	938.52 1037.52	1.000 0.9750
$^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$	0.6827	113.0	70.820	810.77	0.9995
$^{54}\text{Fe}(n,p)^{54}\text{Mn}$	0.5800	87.8	312.50	834.83	0.998976

velocidad de la reacción se considera, en una gran cantidad de casos dependiente solamente del flujo térmico. Realmente esto no es correcto para todos los reactores, en los cuales el número de neutrones epitérmicos es considerablemente alto y deben tenerse en cuenta en el Método del Comparador Simple, donde la distinción entre ambos campos se hace en los 0.55 eV (energía de corte cádmica), acorde a la convención de Høgdal.

La activación por neutrones rápidos o de fisión (energía alrededor 2 MeV) es despreciable frente a las reacciones (n,γ), aunque cerca de la zona activa el flujo de neutrones rápidos es relativamente alto. Sin embargo, a veces los neutrones rápidos pueden ser usados por medio de las reacciones (n,p), donde las reacciones (n,γ) no. Como no se conoce la intensidad de los neutrones rápidos en la mayoría de los casos, el análisis cuantitativo con estas reacciones (n,p) puede ser muy difícil si no se coirradia junto con la muestra al estandar. En estos casos es preciso recurrir al Método del Comparador Simple, pero como las secciones  $\overline{\sigma_{n,p}}$  son pequeñas comparadas con las  $\sigma_0$ , el número de elementos que

#### FORMULACIONES:

Se comienza con la fórmula de activación para las reacciones (n,γ), aunque debe aclararse que las expresiones tomarán formas diferentes a las del trabajo de M. L. VERHEIJKE [1], ya que se tienen en cuenta las correcciones por autoblandaje a los neutrones térmicos y epitérmicos:  $F_{abT}$  y  $F_{abE}$  respectivamente, introducidas en los trabajos de F. De Corte en [7y8].

La expresión para la determinación de la concentración del elemento usando la reacción (n,p)

es:

$$\rho(\text{ppm}) = \frac{C_n(n,p) \cdot M10^6}{0,60 \cdot P_{\gamma} \cdot \epsilon \cdot S \cdot C \cdot D \cdot m \cdot F_{abT} \cdot \overline{\Phi_{scd}} \cdot \overline{\sigma_{n,p}} \cdot c_0 \cdot H} \quad (1)$$

donde:

$\overline{\sigma_{n,p}}$  -Sección promedio para la reacción

$H = [1 + R_{ab} \tau^{-1} \cdot Q_{n,p}]$  factor de activación de los neutrones de fisión.

$f = \Phi_{scd} / \Phi_{ecd}$ ,  $\Phi_{scd}$  flujo subcádmico y  $\Phi_{ecd}$  flujo epicádmico

$$\Phi_{fis} = c_0 \cdot F_{abT} \cdot \Phi_{sCd} + c_1 \cdot F_{abE} \cdot \Phi_{eCd}$$

$$Q_{n,p} = c_0 / c_1$$

$$R_{ab} = F_{abe} / F_{abt}$$

Los valores de  $Q_{n,p}$  y de  $c_0$  fueron calculados a partir de la metodología propuesta en [9] para los reactores BR2 de Bélgica y HFR de Holanda, a los cuales se les agregó los valores de estas magnitudes obtenidas en las diferentes posiciones de irradiación en el canal C2 del reactor IBR-2 de Dubna, IUIN, cuyas características están explicadas en [10]. La idea consiste en despejar el término  $c_0 \times H$  de la expresión del conteo neto obtenido para las reacciones (n,p) presentados en [1] y, calcularlo experimentalmente a partir de:

$$c_0 \times H = \frac{C_n(n,p) \cdot M}{0,6 \theta \gamma \cdot \epsilon_p \cdot S \cdot C \cdot D \cdot m \cdot \rho \cdot F_{at} \cdot \Phi_{sCd} \cdot \sigma_{n,p}} \quad (2)$$

donde el producto  $m \times \rho$  es la masa del monitor para una lámina multielemental y se sustituirá solamente por la masa del monitor  $w$  en el caso de ser un monitor puro.

Es evidente que si se realiza el gráfico de  $c_0 \times H$  vs.  $f^{-1}$  el intercepto con el eje de las coordenadas de la línea recta que se obtenga será  $c_0$  y la pendiente de la misma  $c_0 \times R_{ab} \times Q_{n,p}$ .

En la Figura 1 se muestran los valores del factor de activación con neutrones de fisión  $c_0 \times H$  vs.  $f^{-1}$  para la reacción  $^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$  en los tres reactores mencionados. Conociendo  $H$  se determinan  $c_0$  y  $Q_{n,p}$ . En la figura 2 se muestra el gráfico de  $c_0 \times H$  vs.  $f^{-1}$  para la reacción  $^{54}\text{Fe}(n,p)^{54}\text{Mn}$ , solamente para el reactor de Dubna, ya que los otros dos no aparecen reportados en la literatura.

En la Tabla 2 se muestran los valores de  $Q_{n,p}$  y de  $c_0$  obtenidos para las reacciones estudiadas con el valor de la desviación estandar de  $H$  en porciento.

Tabla 2 : Valores de  $Q_{n,p}$  y de  $c_0$  y desviación  $S_H$  de  $H$  en %.

Reacción	E(umbral) MeV	$\sigma_{n,p}$ (mb)	$c_0$	$Q_{n,p}$	$S_H$ (%)
$^{48}\text{Ti}(n,p)^{48}\text{Sc}$	3.275	0.272	0.117	11.9	6
$^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$	0.402	113.0	0.083	17.2	9
$^{54}\text{Fe}(n,p)^{54}\text{Mn}$	0.086	87.8	0.008	29.4	11

## RESULTADOS

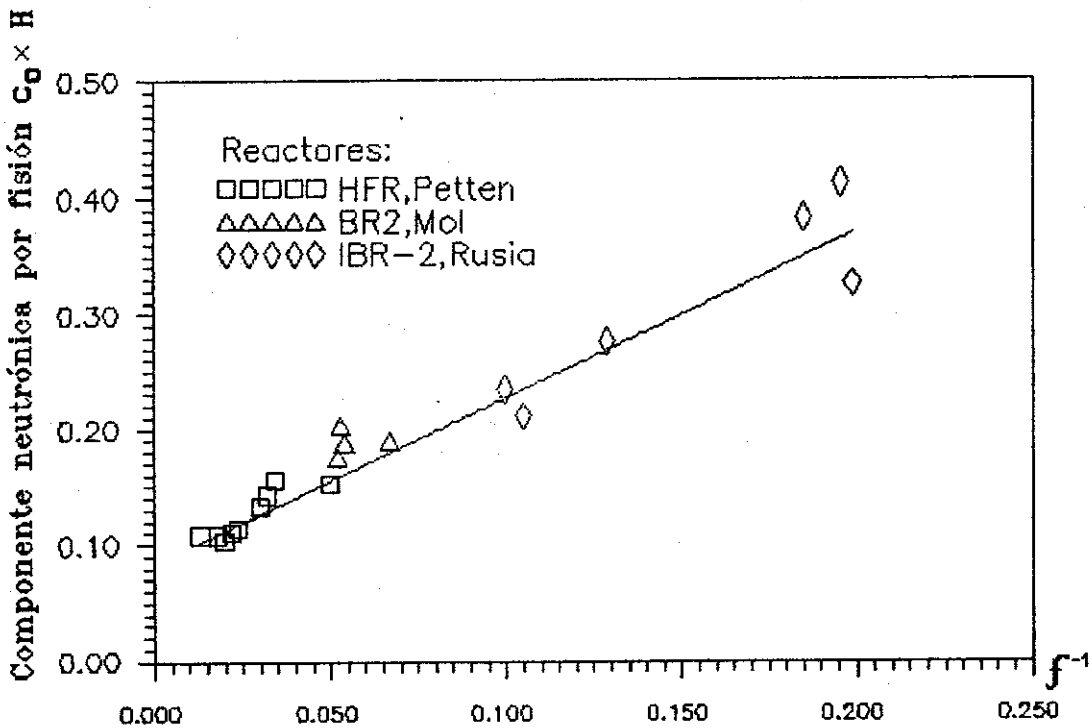
Para comprobar la veracidad de los cálculos de los parámetros  $Q_{n,p}$  y de  $c_0$ , realizada con monitores de Ni, Ti y Fe, se calcularon las concentraciones de los mismos en dos juegos de estándares internacionales LATERITA y SOIL-7. En la Tabla 3 se reportan dichos resultados en porciento de concentración. El el Ti no aparece reportado para la LATERITA ya que la estadística para la determinación del área del fotopico en la reacción (n,p) no fue suficiente en estos casos.

## CONCLUSIONES

Se calcularon los nuevos valores de los parámetros  $c_0$  y  $Q_{n,p}$ , a partir de la componente neutrónica por fisión calculada para el reactor IBR-2 de Dubna, Rusia; los cuales fueron adicionados a los obtenidos anteriormente en los reactores BR2 de Bélgica y HFR de Holanda. Estos nuevos parámetros del Método del Comparador Simple fueron utilizados para la determinación de la concentración del Ni, Ti y Fe tomando como materiales certificados al Soil-7 de la OIEA y la LATERITA (Comisión de Materiales Certificados de Moscú), obteniéndose buenos resultados en cuanto a exactitud y precisión. El análisis de otras reacciones de umbral para reactores con altos flujos de fisión está en vías de desarrollo en el SCTN de Cuba.

**Tabla 3: Valores de las concentraciones de Ni, Ti y Fe obtenidos por este método y su comparación con la literatura.**

Estándares > Elementos v	LATERITA	LATERITA (reporte de la literatura)	SOIL-7	SOLI-7 (reporte de la literatura)
Ni (%)	1.15 (4.3)	1.12 (11)	0.0022 (21)	0.0026 (15)
Ti (%)	—	0,0 71 (11)	0.3300 (15)	0.3000 (9.2)
Fe (%)	50.41 (6.2)	52.25 (8)	2.59 (11)	2.57 (2.3)



**Figura 1 : Factor de activación por neutrones de fisión  $C_0 \times H$  en función de la relación flujo epitérmico / flujo térmico  $f^{-1}$  para la reacción  $^{58}\text{Ni} (n, p) ^{58}\text{Co}$  .**

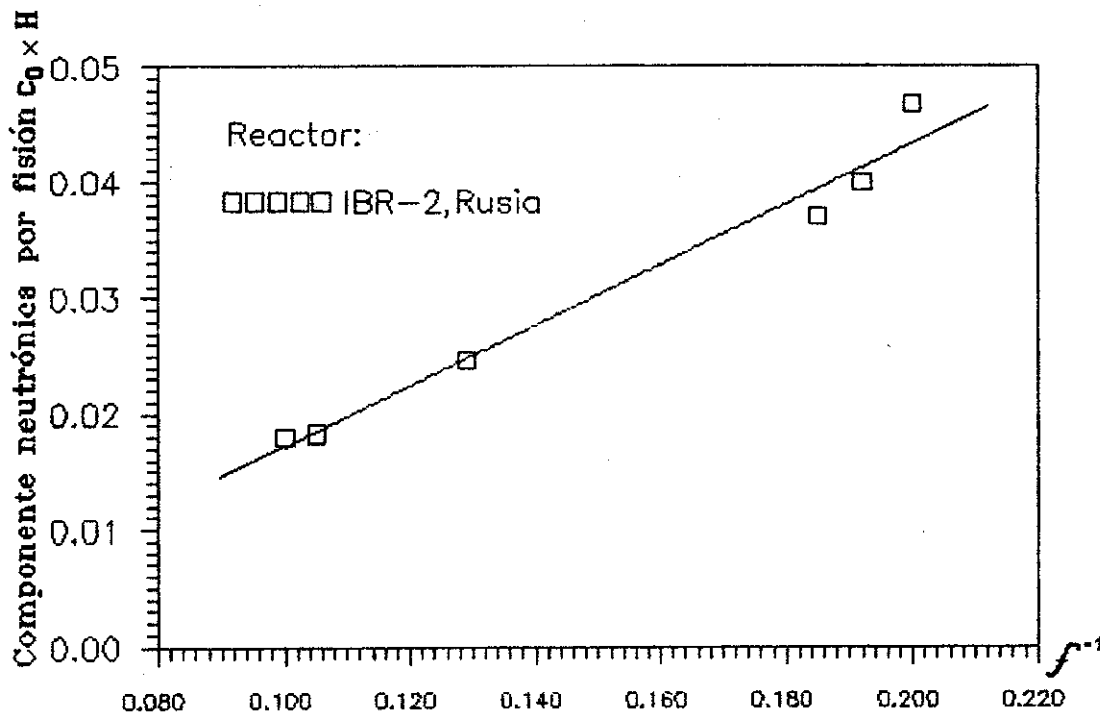


Figura 2: Factor de activación por neutrones de fisión H en función de la relación flujo epitérmico/ flujo térmico  $f^{-1}$  para la reacción  $^{54}\text{Fe}(n, p)^{54}\text{Mn}$ .

#### REFERENCIAS

Verheijke, M. L., Jansen R. M. W.J. Radioanal.Nucl.Chem., 125/1(1988)103-111.

Herrera E., Nazarov V.W., Diaz O., Montero M.E., Valdez L., Preprint in JINR E 14 - 91 - 399 Submitted to "Modern Trends in Activation Analysis", Vienna, 16-21, September 1991.

Herrera E., Nazarov V.W., Diaz O., Montero M.E., Preprint in JINR P 14 - 91 - 397, August 1991.

Perez G., Penelyguin V.P., Herrera E.F., Desdin L., Hemadez A., Gonzalez D., Labrada A., Terrino J.J., Capote G., Tellez E., J. Radioanal. Nucl. Chem., Letters 176/4 (1993) 315.

Erdmman G. and Herman P., Tetris on Analytical Chemistry. Second Edition.

Part I Volume 14 Jhon Wiley and Sons. Inc. New York. 1986. p 548.

IAEA, UCRL-50400 V-24 Homerton R. Nucl. React. Neutron 1-14 MeV 3/25/81.

De Corte F., Simonit A., De Wispelaere A., Elek A., Illa, J. Radioanal. Nucl. Chem., 33(1989)1.

De Corte F., Simonit A., De Wispelaere A., Elek A., Illb, J. Radioanal. Nucl. Chem., 33(1989)1.

Verheijke, M. L., Jansen R. M. W.J. Radioanal. Nucl. Chem., 125/1(1988)103-111.

Nazarov V. M., Pavlov S. S., Perecedov V. F., Frontatzeva M.V., International Workshop "Modern Trends in Activation Analysis in JINR", 26-28 June(1988) 1-30.

# TARJETA MULTIESCALA PARA IBM-PC

Doris Rivero\* Miguel A. Gonzalez\*, Javier Santos\*\*

\* Instituto Superior de Ciencias y Tecnología Nucleares

\*\* Unidad Presupuestada del Centro de Investigaciones Nucleares La Quebrada.

## RESUMEN

Se desarrolló una tarjeta acoplable a microcomputadoras IBM compatibles AT, para realizar experimentos en régimen de conteo multiescala, muy usados en física nuclear. También se puede usar como un contador simple de dos entradas. Cuenta con número de canales cuya duración es programable según la necesidad.

## ABSTRACT

With the aim of making experiments related to nuclear physics in multiscaling counting regimen, a card was developed to be coupled to an IBM compatible AT microcomputer. This card can be used also as a two input single counter. The numbers of channels and time counting duration of each channel, may be programmed according to the needs of the experiment performed.

**Keywords:** data acquisition system, equipment interfaces, IBM, computers.

## INTRODUCCION

El régimen de multiescala se usa en las mediciones nucleares, para medir procesos que pueden representarse como una sucesión de pulsos, por ejemplo, el flujo en los reactores nucleares, etc. La esencia consiste en contar los pulsos, asociados al proceso, en un intervalo de tiempo determinado y almacenarlos en memoria para su posterior análisis [1 - 3].

La tendencia ha sido crear un equipamiento capaz de almacenar la información de una cantidad dada de intervalos de tiempo (1024, 4096, etc.) y transferirlo mediante una interfase adecuada a una microcomputadora para su análisis. Esta transferencia se hace después de haber medido todos los canales.

Algunas versiones más avanzadas consisten en una tarjeta interfase que contiene un buffer para almacenar la información de una cantidad determinada de intervalos de tiempo y un microprocesador que realiza las operaciones de adquisición y almacenamiento de la información para no interferir con el microprocesador de la microcomputadora en la cual va a trabajar [4].

Estas tendencias por lo general combinan los regímenes de multiescala y análisis de alturas de pulsos y son muy rápidos por ser independientes del trabajo de la microcomputadora, pudiendo medir tiempos de hasta algunos microsegundos (1-10 $\mu$ s).

Este equipamiento tiene varias limitaciones, entre las que se encuentran el número de intervalos que pueden medir, que por lo general no supera los 4096 canales; las dificultades de modelar algunos experimentos que requieren de una manipulación más directa del equipamiento durante la medición, como por ejemplo el cambio de la duración de los intervalos de tiempo. Otros requerimientos muy necesarios y no presentes en la instrumentación hasta ahora disponible, es el monitoreo de eventos que ocurren independientemente del analizado y la posibilidad de medir al menos dos procesos simultáneos usando dos cadenas independientes de medición.

En las mediciones en reactores nucleares y, concretamente, en el conjunto subcrítico del Instituto Superior de Ciencias y Tecnologías Nucleares (ISCTN) las limitaciones señaladas no permiten hacer algunos experimentos, por ejemplo,

mediciones de ruido neutrónico y mediciones de cinética de los reactores.

El objetivo de este trabajo fue desarrollar un sistema que no tuviera limitaciones en cuanto a la cantidad de canales a medir, que permitiera realizar el procesamiento de los datos durante la medición así como monitorear otros eventos colaterales.

### DESCRIPCION DE LA TARJETA

La tarjeta se diseñó sobre la base del temporizador programable 8253, usando dos de los contadores del temporizador para el conteo de los eventos y el tercero para generar los intervalos de tiempo correspondientes a cada canal. La tarjeta cuenta para su trabajo con dos registros internos, uno para escribir el modo de operación de la tarjeta y otro para sensar el estado de algunos indicadores del control del funcionamiento de la tarjeta, o para el monitoreo de otros eventos que ocurran independientes de las mediciones principales.

Además, cuenta con un buffer para el bus de datos, un decodificador de direcciones, un circuito divisor de frecuencias y un conformador de la señal de entrada (Fig. 1).

ubican en la memoria de la computadora y por tanto el número de intervalos disponibles para medir, depende de la memoria disponible por la computadora. Se puede simular una memoria infinita si utilizamos una cola circular donde se almacenarían los resultados inicialmente, para ser trabajados en la medida que el procesador pueda.

Si los resultados están en la memoria es posible utilizar muchas técnicas de manipulación de datos según las necesidades de cada aplicación en particular, por ejemplo el paquete de programas Brasier [5].

Una subrutina de atención a interrupción garantiza el funcionamiento de la tarjeta. En el trabajo esta subrutina se ejecutó en lenguaje Ensamblador, lográndose límites de duración de los intervalos de tiempo de 100us para la gran mayoría de las aplicaciones [6].

El software de trabajo de la tarjeta cuenta con: un bloque de preparación del sistema para la utilización de la interrupción, un bloque para la programación e inicialización de los contadores de eventos y de duración de los intervalos de tiempo, otro para la definición del modo de

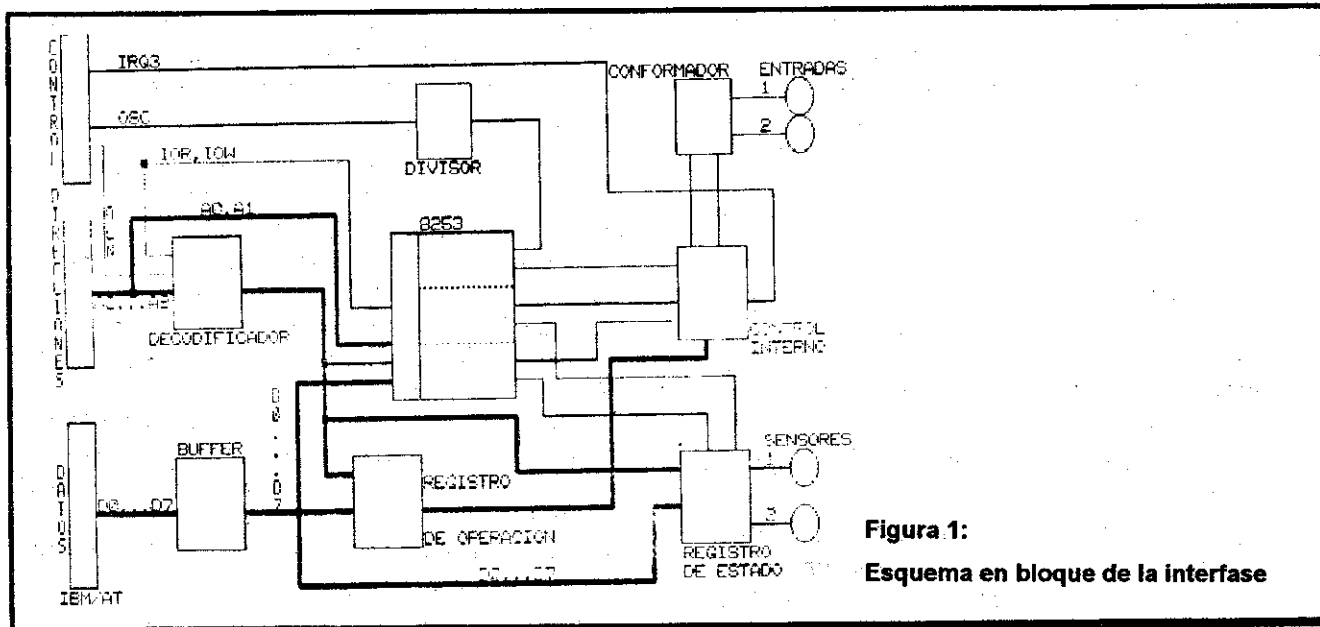


Figura 1:  
Esquema en bloque de la interfase

### PROGRAMACION DE LA INTERFASE

De la programación depende en gran medida el uso que pueda dársele a la interfase. Los resultados obtenidos cada vez que finaliza un intervalo de medición se

operación de la interfaz y una subrutina para la atención a la interrupción. Dicha subrutina realiza la lectura alternada del valor registrado por cada contador de eventos y lo guarda en memoria. Cada trabajo requiere de la

escritura de un programa para el tratamiento de los datos, de acuerdo con las características del experimento.

## **APLICACION DE LA TARJETA**

Se realizaron experimentos de cinética de los reactores, obteniéndose los resultados en un tiempo de 15 a 30 minutos. Una tarjeta comercial Innovator exige varias horas de trabajo para el mismo resultado.

La tarjeta confeccionada permitió almacenar datos de una mayor cantidad de intervalos que las tarjetas analizadoras multicanal para microcomputadoras como la Innovator o la Nucleus PCA [4,7]. Esto es muy efectivo para las mediciones cinéticas, ya que permite registrar los eventos de forma continua, incluso los de más alta frecuencia. En consecuencia, con esta tarjeta pueden realizarse mediciones de ruido neutrónico, por ejemplo, la medición de la función transferencial del conjunto subcrítico y la medición de los parámetros físico-neutrónicos de los reactores.

La ventaja obtenida de variar la duración de los intervalos de tiempo de cada canal durante la medición, permitió una mejor modelación de los experimentos (Ej. Alfa-Rossi y FeymannAlfa) [1,8].

Esta interfase permitió realizar de forma automatizada tareas que realizan otros equipos, tales como el control del flujo neutrónico de un reactor nuclear, y medir las constantes de semidesintegración de elementos radiactivos entre otras.

## **REFERENCIAS**

Knoll, G., Radiation detection and measurement (1979), p.517-570.

Valente, F., A manual of experiments in reactor physics (1963), p.85-125.

Multichannel Analyzer Series 30. Service Manual (1982). p.320.

Users Manual For the Innovator. Versión 1.13. p.4-20.

Quintero, B., Santos, J. y otros, Fundamento teórico y posibilidades del programa Brasier para ajuste y manipulación de datos experimentales, Reporte CEAC-R (1992), No. 8.

David, C., Jeffrey, I., 8088 Assembler Language Programming (1984), p.87-118. 7. User manual for the Nucleus PCA II. (1992), p. 3-18.

Keeping, G., Physics of nuclear kinetics (1965), p. 152-216).