

Ciemat 679

Sp ISSN 614-087-X

**CALIBRACION ENERGETICA DE
UN DETECTOR DE SILICIO MEDIANTE
EMISORES BETA PUROS**

por:

C. Borrás
J.M. Los Arcos

**CENTRO DE INVESTIGACIONES
ENERGETICAS, MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLOGICAS**

MADRID, 1992

CLASIFICACION DOE Y DESCRIPTORES

440103

SEMICONDUCTOR DETECTERS

ELECTRON SPECTROSCOPY

BETA SPECTROSCOPY

CALIBRATION

SILICON

BETA SOURCES

Toda correspondencia en relación con este trabajo debe dirigirse al Servicio de Información y Documentación, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Ciudad Universitaria, 28040-MADRID, ESPAÑA.

Las solicitudes de ejemplares deben dirigirse a este mismo Servicio.

Los descriptores se han seleccionado del Thesaurus del DOE para describir las materias que contiene este informe con vistas a su recuperación. La catalogación se ha hecho utilizando el documento DOE/TIC-4602 (Rev. 1) Descriptive Cataloguing On-Line, y la clasificación de acuerdo con el documento DOE/TIC.4584-R7 Subject Categories and Scope publicados por el Office of Scientific and Technical Information del Departamento de Energía de los Estados Unidos.

Se autoriza la reproducción de los resúmenes analíticos que aparecen en esta publicación.

Este trabajo se ha recibido para su impresión en Diciembre de 1.991.

Depósito Legal nº M-38508-1991
ISBN 84-7834-119-6
ISSN 614-087-X
NIPO 238-91-016-7

IMPRIME CIEMAT



CONTENIDO

	Página
1. Introducción	3
2. Fundamento del Método	3
3. Procedimiento de Cálculo	5
3.1 Evaluación de Canales Medios Aproximados	5
3.2 Cálculo del Canal Medio Extrapolado	5
3.3 Ajuste de la Recta de Calibración Energética	6
4. Dispositivo y Medidas Experimentales	6
5. Resultados y Discusión	7
6. Conclusiones	8
Referencias 1-17	9
Tablas 1-2	11
Figuras 1-10	15
Apéndice A	27
Programa CM	
Programa POLIPV	
Programa ORDEN	
Programa POLIPE	
Programa CALEN	
Subrutina GAUSP	
Subrutina SIN V	

1. Introducción

La calibración energética de los detectores de Si utilizados en espectroscopía de electrones se realiza habitualmente mediante haces de electrones monoenergéticos o fuentes de emisores de electrones de conversión interna en el rango de energías de interés (1-6), que proporcionan la mejor precisión en la asignación de energía a cada canal de medida.

Sin embargo, hay ciertas aplicaciones dosimétricas con emisores beta, de espectro continuo, que utilizan también detectores de semiconductor en modo de recuento y que se beneficiarían significativamente de una calibración energética realizada con las mismas fuentes, sin tener que recurrir a otros dispositivos (7).

En este trabajo se presenta un sencillo procedimiento para la calibración energética de detectores de silicio, utilizando únicamente emisores beta puros. El método se basa en una parametrización de la correspondencia existente entre el canal medio del espectro experimental observado y la energía media del espectro de Fermi del radionucleido, con correcciones para minimizar las distorsiones debidas al ruido electrónico y a los electrones retrodispersados en la fuente o en la ventana del detector.

2. Fundamento del método

En un sistema espectrométrico de detección, la correspondencia canal-energía depositada se puede representar mediante una relación lineal

$$E = a x + b \quad (1)$$

donde x es el número de canal, E es la energía depositada y a, b , son parámetros que dependen del detector y la electrónica asociada.

Para una fuente de un emisor beta puro, con energía máxima E_{\max} , cuyo espectro de Fermi se representa por $N(E)$, la probabilidad $P(x)$ asociada al canal experimental x debe satisfacer la normalización:

$$P(x) dx = N(E) dE \quad (2)$$

y por consiguiente,

$$P(x) = a N(E) \quad (3)$$

Por otra parte, el valor medio de la energía de la distribución de Fermi, $\langle E \rangle$, definida por

$$\langle E \rangle = a \int_0^{E_{\max}} E N(E) dE \quad (4)$$

se transforma con el cambio de variable (1) en:

$$\langle E \rangle = a \int_0^{x_{\max}} x P(x) dx + b \int_0^{x_{\max}} P(x) dx \quad (5)$$

donde x_{\max} es el canal máximo del espectro experimental.

Por tanto, para emisores β puros se verifica en primera aproximación la misma relación lineal entre su energía media y el canal medio observado $\langle x \rangle$:

$$\langle E \rangle = a \langle x \rangle + b \quad (6)$$

donde

$$\langle x \rangle = \int_0^{x_{\max}} x P(x) dx \quad (7)$$

ya si se dispone de varias fuentes de emisores β , se pueden determinar los parámetros a , b , mediante un sencillo ajuste entre las energías medias de Fermi y los canales medios observados experimentalmente.

Sin embargo, hay dos fuentes principales de error que distorsionan esa correspondencia. En primer lugar, la autoabsorción en la muestra y la retrodispersión de electrones en la fuente y en la ventana del detector que producen un espectro de energía depositada diferente del teórico y afecta por tanto al valor efectivo de $\langle x \rangle$ (8). En segundo lugar, el ruido electrónico existente en el sistema de detección, que se superpone al espectro observado en la zona de bajas energías y afecta notoriamente a la determinación correcta de $\langle x \rangle$.

Una corrección parcial puede hacerse mediante convolución del espectro teórico de Fermi con la función del detector (8). Sin embargo, en el presente trabajo se ha utilizado una técnica de extrapolación integral que compensa, al menos parcialmente, la combinación de los dos efectos mencionados y conduce a resultados aproximados sin necesidad de recurrir a tratamientos más complicados.

3. Procedimiento de cálculo

3.1 Evaluación de canales medios aproximados

En la figura 2 se muestra el espectro de Fermi de ^{147}Pm y su espectro experimental típico, obtenido con un detector de silicio en el que es evidente la influencia del ruido en la zona de baja energía ($< 23 \text{ keV}$), así como el efecto de la retrodispersión que distorsiona apreciablemente la forma del espectro teórico.

La evaluación directa de $\langle x \rangle$ en el intervalo $(0, x_{\text{max}})$ mediante la expresión (7) no es posible debido al ruido, pero se puede obtener una buena estimación si se calculan primero los canales medios aproximados

$$c_n = \frac{\sum_n x_n P(x_n)}{\sum_n P(x_n)} \quad (8)$$

variando el límite inferior, n , en la región en la que el ruido no influye, y extrapolando después a $n = 0$ mediante una forma polinómica adecuada. El cálculo del canal medio y su correspondiente desviación típica para diferentes canales iniciales de corte se realiza con el programa CM del Apéndice A.

En la figura 6 se muestra la variación de c_n en función de n , correspondiente al espectro experimental de la figura 2, observándose claramente las regiones correspondientes al ruido, valle entre ruido y espectro beta y espectro beta propiamente dicho. De esta manera se ha obtenido una representación integral, fácilmente ajustable a polinomios sencillos, lo que no era tan fácil con los espectros originales (9, 10).

3.2 Cálculo del canal medio extrapolado

El canal medio que se obtendría en ausencia de ruido electrónico puede estimarse mediante extrapolación de c_n a $n = 0$, a partir del valle de la figura 6. Para ello se han utilizado los programas POLIPV y ORDEN del Apéndice A.

Aunque podría parecer conveniente un polinomio de grado 2, la extrapolación se ha realizado mediante ajustes a rectas puesto que se ha comprobado que la curvatura en la zona de interés no hace sino reflejar la distorsión del espectro medido.

La principal fuente de incertidumbre en el canal medio se debe, fundamentalmente, no al error asociado a un ajuste particular sino a la imprecisión, típicamente ± 10 canales, con que están definidos los canales inicial y final de la región de ajuste. Por ello, para cada radionucleido, se han seleccionado todas las subregiones posibles dentro de esos límites, se han realizado los 400 ajustes en esa malla y se han seleccionado los 20 mejores, con menor χ^2 normalizado por grado de libertad para tomar su valor medio y desviación típica observada como mejores estimadores del canal medio extrapolado y de su desviación típica.

3.3 Ajuste de la recta de calibración energética

Por último, los valores de la energía media del espectro de Fermi y del canal medio extrapolado, calculados con varios emisores β diferentes, permiten realizar un ajuste a la recta de calibración (*programa POLIPE del Apéndice A*)

$$\langle E \rangle = a \langle x \rangle + b \quad (9)$$

para determinar los parámetros a , b y sus respectivas incertidumbres s_a , s_b .

Dado que tanto $\langle E \rangle$ como $\langle x \rangle$ vienen afectados por incertidumbres de cálculo, se ha utilizado un procedimiento de ajuste que tiene en cuenta la varianza total efectiva de $\langle E \rangle$, mediante un proceso de aproximación iterativa (11).

4. Dispositivo y medidas experimentales

El método descrito se ha aplicado a un sistema de detección integrado por los siguientes elementos:

- Detector de Si por implantación iónica y pasivado, marca Intertechnique, modelo IPE-20-450, de 20 mm² y 450 μm de espesor activo, con resolución de 4 keV para partículas β.
- Cámara de medida bajo vacío de 6 x 10⁻³ mb
- Preamplificador modelo Canberra 2001, operado a temperatura ambiente
- Amplificador de espectroscopía, modelo Canberra 2020
- Convertidor analógico-digital modelo Canberra 8075
- Sistema de adquisición multicanal APTEC.

Para la obtención de espectros se han utilizado las fuentes radiactivas de emisores beta puros disponibles en el laboratorio para medidas de recuento convencionales, preparadas entre dos películas de Mylar aluminizado, de espesor 0,9 mg cm⁻², de los radionucleidos ¹⁴C, ¹⁴⁷Pm, ⁹⁹Tc y ⁴⁵Ca.

La recta de calibración ha sido verificada con una fuente de ¹⁰⁹Cd y otra de ¹⁴⁷Pm, preparadas por evaporación, de la misma forma que las utilizadas en la calibración.

Cada muestra se midió independientemente, a la misma distancia del detector, aproximadamente 15 mm, bajo un fondo despreciable.

5. Resultados y discusión

En las figuras 1-4 se presentan los espectros de Fermi y experimentales de los radionucleidos utilizados en la calibración, y en las figuras 5-8 sus correspondientes gráficas de variación del canal medio frente al umbral inferior. Debido a la dificultad e imprecisión del ajuste manual del cero del ADC, se procedió a calibrar éste previamente, determinándose el canal correspondiente a voltaje cero (Figura 9).

En la tabla 1 se detalla el ajuste de la recta de calibración (Figura 10) y las energías predichas mediante el programa CALEN (Apéndice A) para una muestra de ¹⁴⁷Pm y otra de ¹⁰⁹Cd preparadas por evaporación y recubiertas de mylar metalizado. La discrepancia máxima es de 2,4%. La mayor contribución a la incertidumbre de ajuste se debe al punto correspondiente al ⁹⁹Tc. La determinación de la energía media de este radionucleido depende del factor de prohibición del espectro beta para el que existen datos discrepantes (12) que modifican la energía media y hacen que el punto del ⁹⁹Tc se desplace a un lado u otro de la recta que se obtiene sin él.

Para dejar claro el efecto de la distorsión del espectro, en la tabla 2 se presentan también los resultados obtenidos cuando se procedió a realizar los mismos cálculos pero utilizando una extrapolación parabólica en lugar de lineal. Las discrepancias que se obtienen en este caso son claramente superiores (6% - 9%) y confirman el desplazamiento efectivo del espectro hacia la zona de energías bajas.

6. Conclusiones

Se ha desarrollado un procedimiento de calibración energética a partir de emisores beta continuos. Se ha verificado su validez para un detector de Si de implantación iónica y pasivado, con resolución nominal de 4 keV. Las discrepancias obtenidas, menores del 2,4%, son claramente inferiores a la imprecisión debida a la resolución del propio detector.

REFERENCIAS

- (1) Bertolini G. and Restelli G., in Atomic Inner-shell processes, vol. II, pág. 150-160 (1975).
- (2) Swinth K.L. et al., Rad. Prot. Dosim. 14(2) (1986) 105
- (3) Soares C.G., Rad. Prot. Dosim. 14(2) (1986) 113
- (4) Tagder K. and Schmitz-Feuerhake I., Atomkernenergie 25(3) (1975) 207.
- (5) Hashizum A., Report CEA-R-2839, Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay, France (1966).
- (6) Kohno T. et al., Rikagaku Kenkyosho Hokoku 60(5) (1984) 171.
- (7) Swinth K.L. and Vallario E.J., Proceedings of the D.O.E., Workshop on β measurements, Albuquerque (1986).
- (8) Damkjær A., Nucl. Instr. Meth. 200 (1982) 377.
- (9) Wohn F.K. et al., Nucl. Instr. Meth. 101 (1972) 343.
- (10) Decker R. et al., Nucl. Instr. Meth. 192 (1982) 261.
- (11) Barker D.C. and Diana L.M., Am. J. Phys. 42 (1974) 224.
- (12) Grau A. and García-Toraño E., Informe JEN 427 (Madrid, 1978).
- (13) Taimuty S.I., Phys. Rev. 81 (1951) 461.
- (14) Feldman L., Wu C.S., Phys. Rev. 87 (1952) 1091.
- (15) Engelke C.E., Ullman, J.D., Phys. Rev. 9C (1984) 2358.
- (16) Reich M., Schufferling H.M., Z. Physik 271 (1974) 107.
- (17) Lagoutine F. et al., Table des Radionucléides, Laboratoire de Métrologie des Rayonnements Ionisants, CEA (Saclay, 1983).

TABLAS



TABLA 1

**Ajuste de la Recta de Calibración Energética
(con extrapolación lineal de canales medios)**

Radionucleido	Energía (KeV) (17)	Canal Medio Extrapolado	S _E (efectiva)
¹⁴ C	49.44 ± 0,03	490.43 ± 0,15	0,03187
¹⁴⁷ Pm	62.0 ± 0,2	668.25 ± 0,17	0,2003
⁴⁵ Ca	77,2 ± 0,3	878.69 ± 0,05	0,3000
⁹⁹ Tc	85,4 ± 0,6	1049.19 ± 0,04	0,6000

Parámetros de ajuste de la Recta $\langle E \rangle = a \langle x \rangle + b$

a	b
15,303 ± 1,1	0,06954 ± 0,002

Energías predichas:

Radionucleido	Energía Media (keV) (17)	Canal Medio	Energía Ajustada (keV)	Discrepancia (%)
¹⁴⁷ Pm	62,0	692,79	63,48 ± 0,44	2,4 %
¹⁰⁹ Cd	62,52	677	62,38 ± 0,41	0,22 %
	84,23	969	82,68 ± 1,04	1,83 %

TABLA 2

Ajuste de la Recta de Calibración Energética (con extrapolación parabólica de canales medios)

Radionucleido	Energía (KeV) (17)	Canal Medio Extrapolado	SE(efectiva)
¹⁴ C	49.44 ± 0,03	566.50 ± 0,26	0,03476
¹⁴⁷ Pm	62.0 ± 0,2	751,11 ± 0,26	0,2008
⁴⁵ Ca	77,2 ± 0,3	964,93 ± 1,05	0,3085
⁹⁹ Tc	85,4 ± 0,6	1105,36 ± 0,36	0,6005

Parámetros de ajuste de la Recta $\langle E \rangle = a \langle x \rangle + b$

a	b
10,4996 ± 0,51	0,0686674 ± 0,00088

Energías predichas:

Radionucleido	Energía Media (keV) (17)	Canal Medio	Energía Ajustada (keV)	Discrepancia (%)
¹⁴⁷ Pm	62,0	692,79	58,07 ± 0,11	6,3 %
¹⁰⁹ Cd	62,52	677	56,99 ± 0,1	8,8 %
	84,23	969	77,04 ± 0,3	8,5 %

FIGURAS



ESPECTROS DE FERMI Y EXPERIMENTAL

PERIODO : 5730 A

NUCLEIDO : C-14

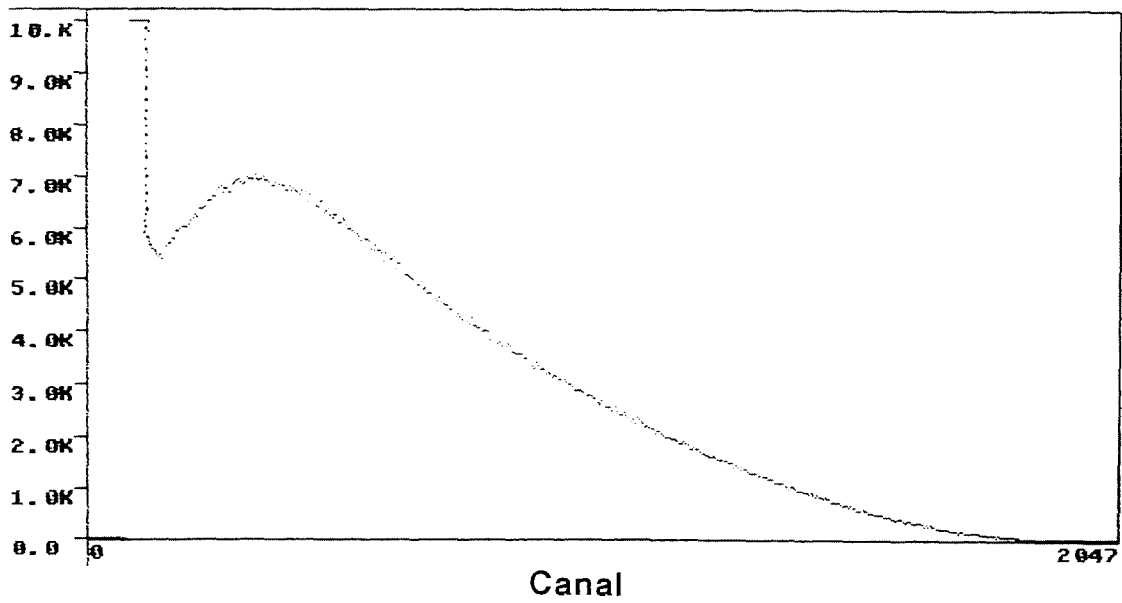
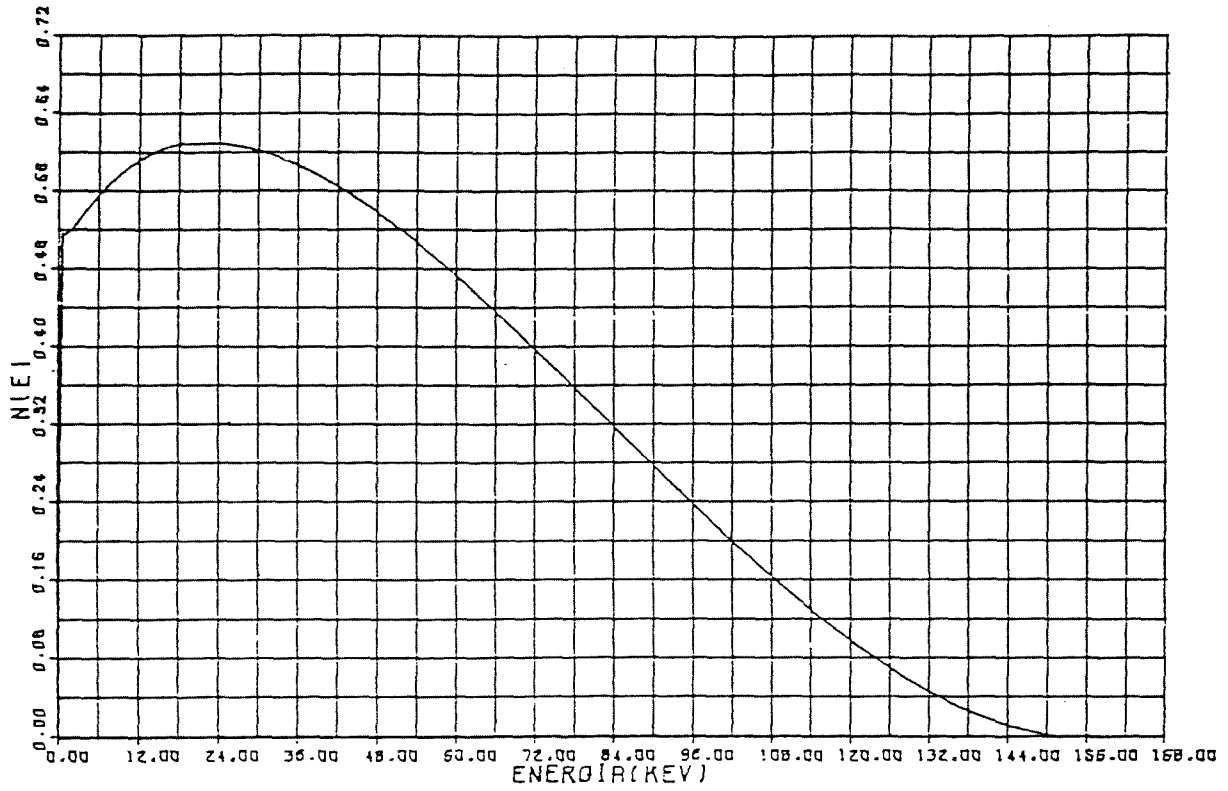


Fig. 1

ESPECTROS DE FERMÍ Y EXPERIMENTAL

PERIODO : 2.62 A

NUCLEIDO : PM-147

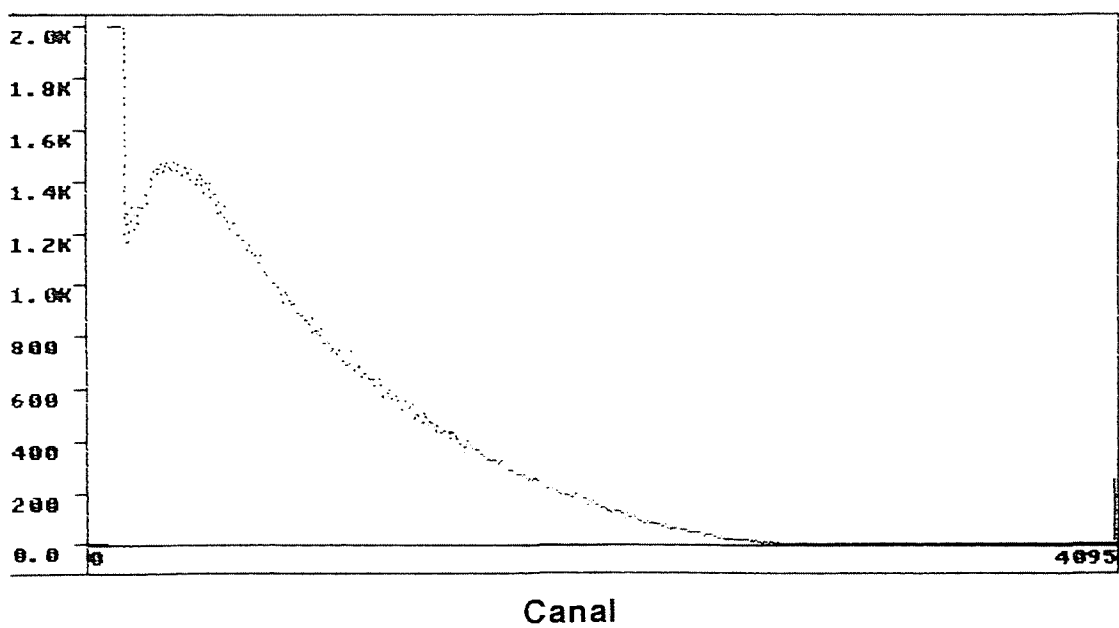
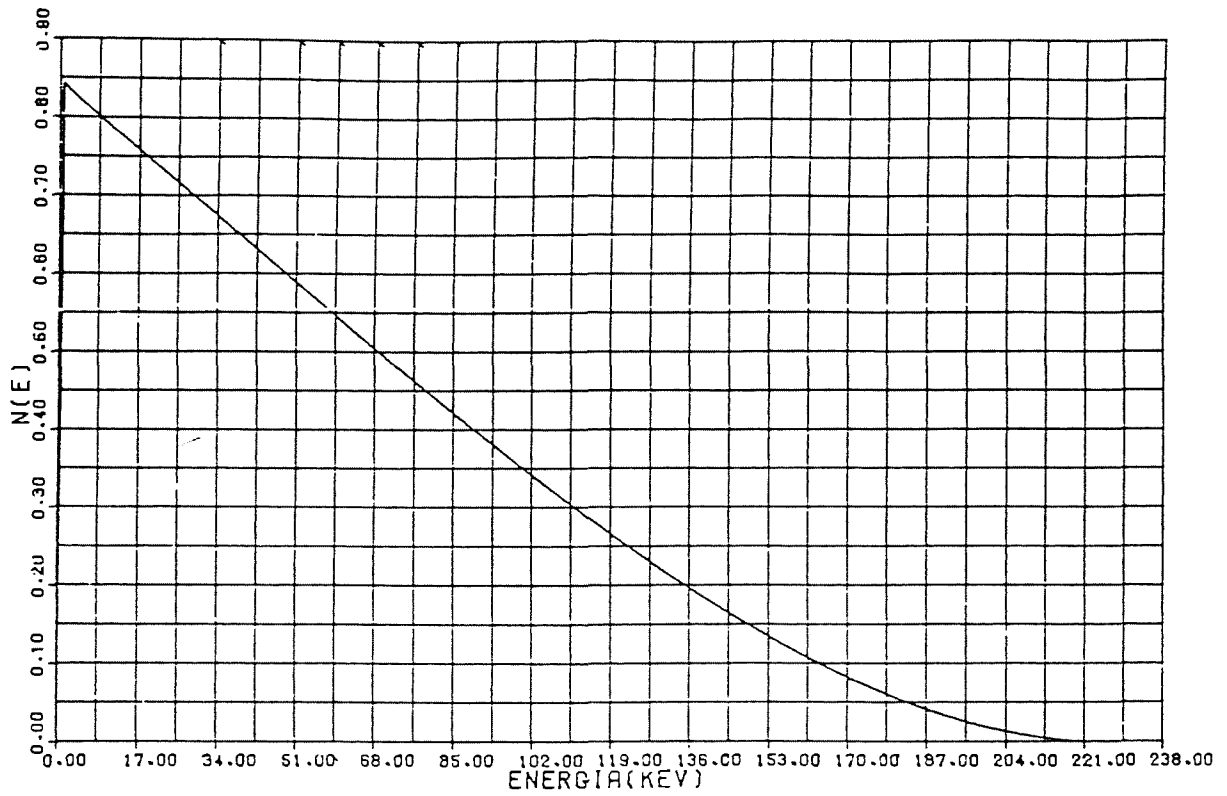


Fig. 2

ESPECTROS DE FERMÍ Y EXPERIMENTAL

PERIODO : 165 D

NUCLEIDO : CA-45

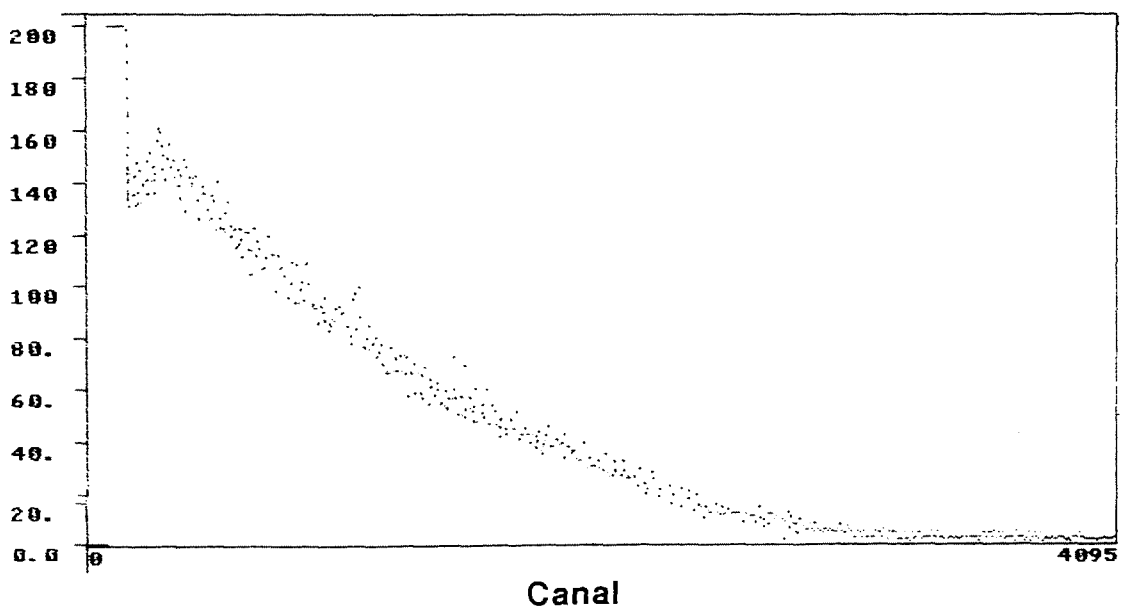
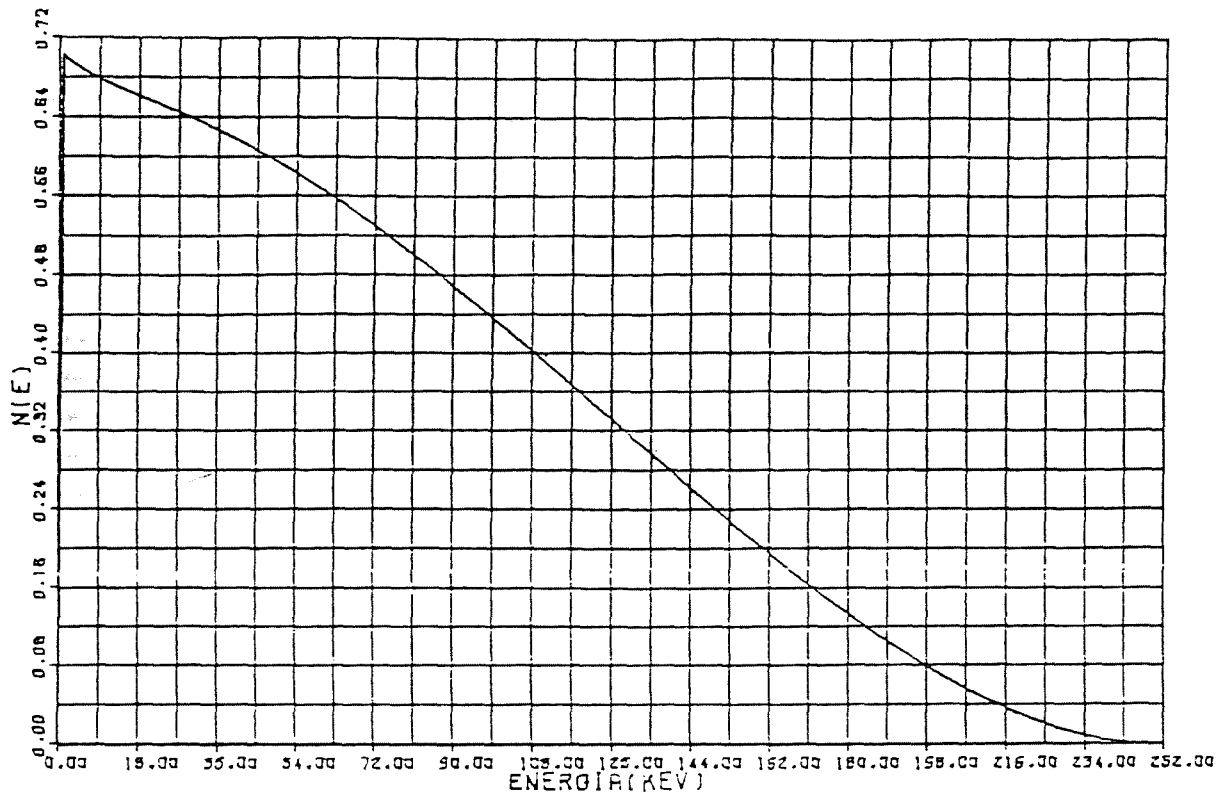
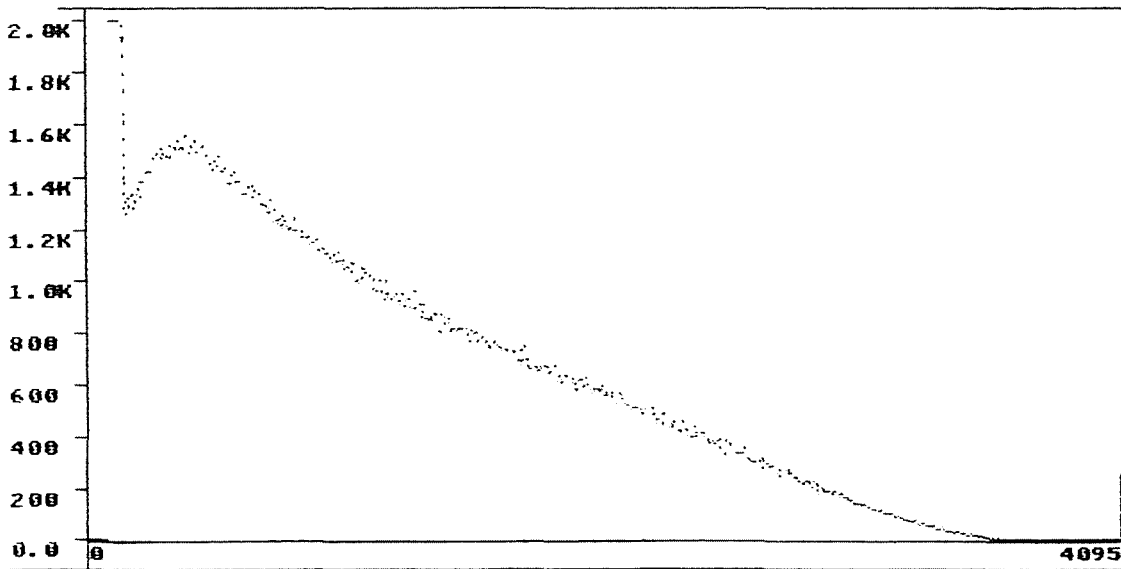
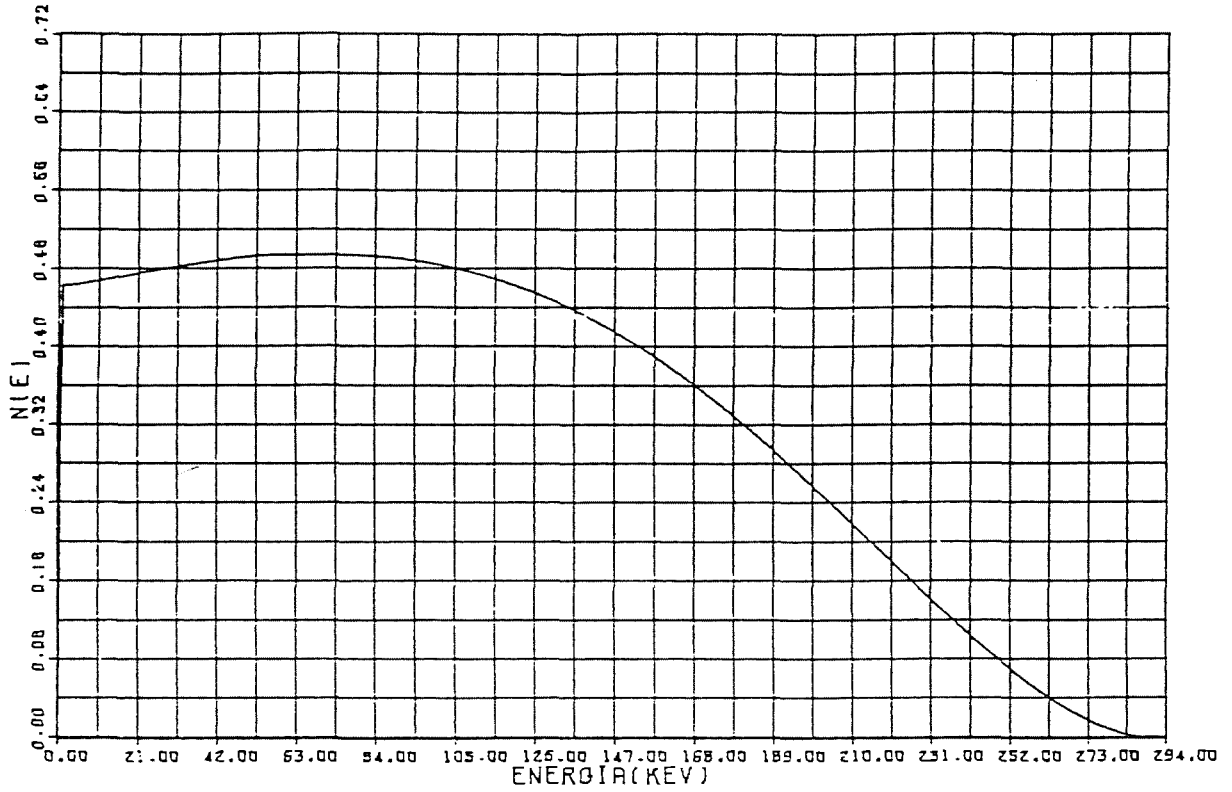


Fig. 3

ESPECTROS DE FERMI Y EXPERIMENTAL

PERIODO : 2.12×10^5 A

NUCLEIDO : TC-99



Canal

Fig. 4

C-14 : CANAL MEDIO FRENTE A CANAL DE CORTE INFERIOR

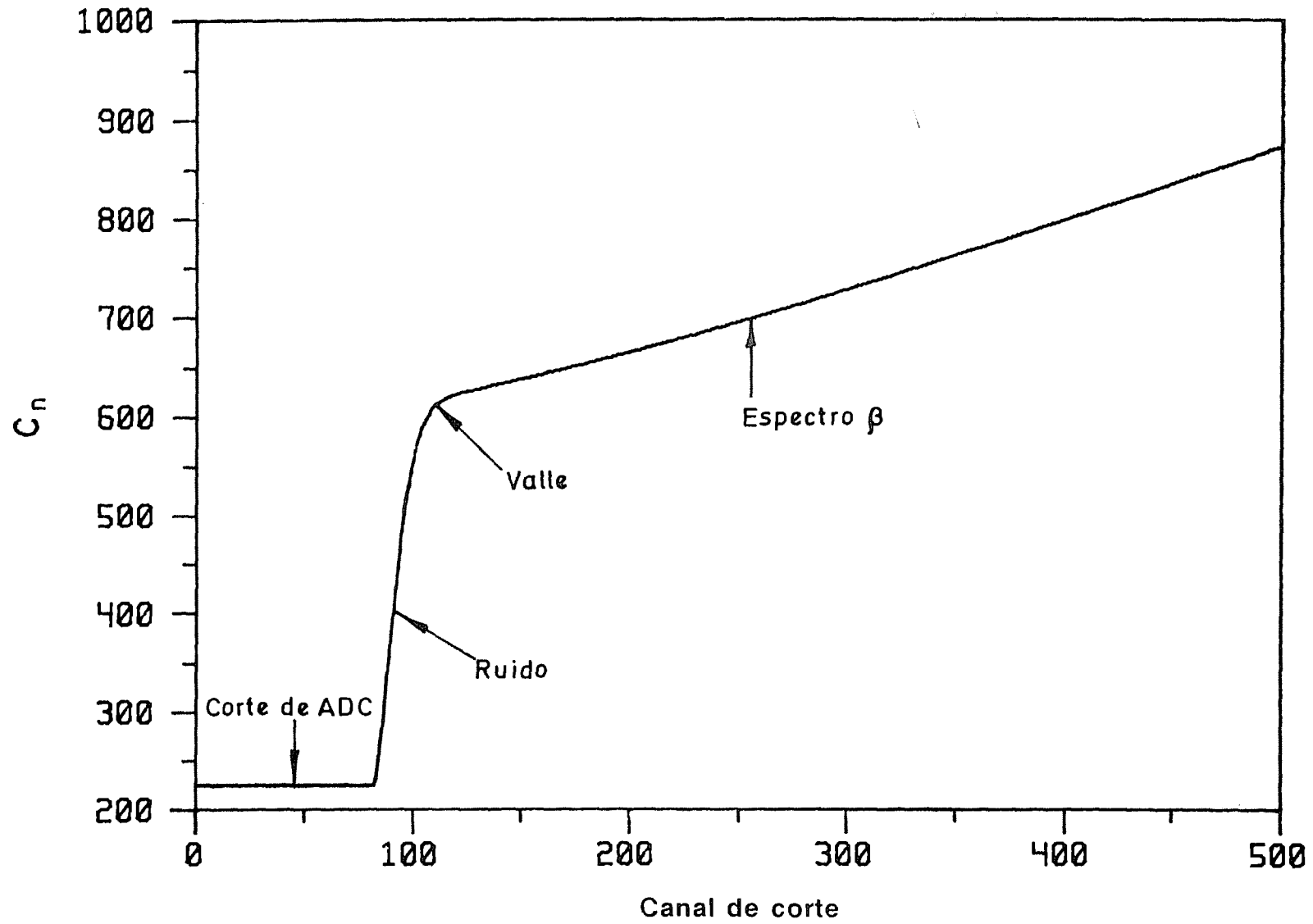


Fig. 5

PM-147 : CANAL MEDIO FRENTE A CANAL DE CORTE INFERIOR

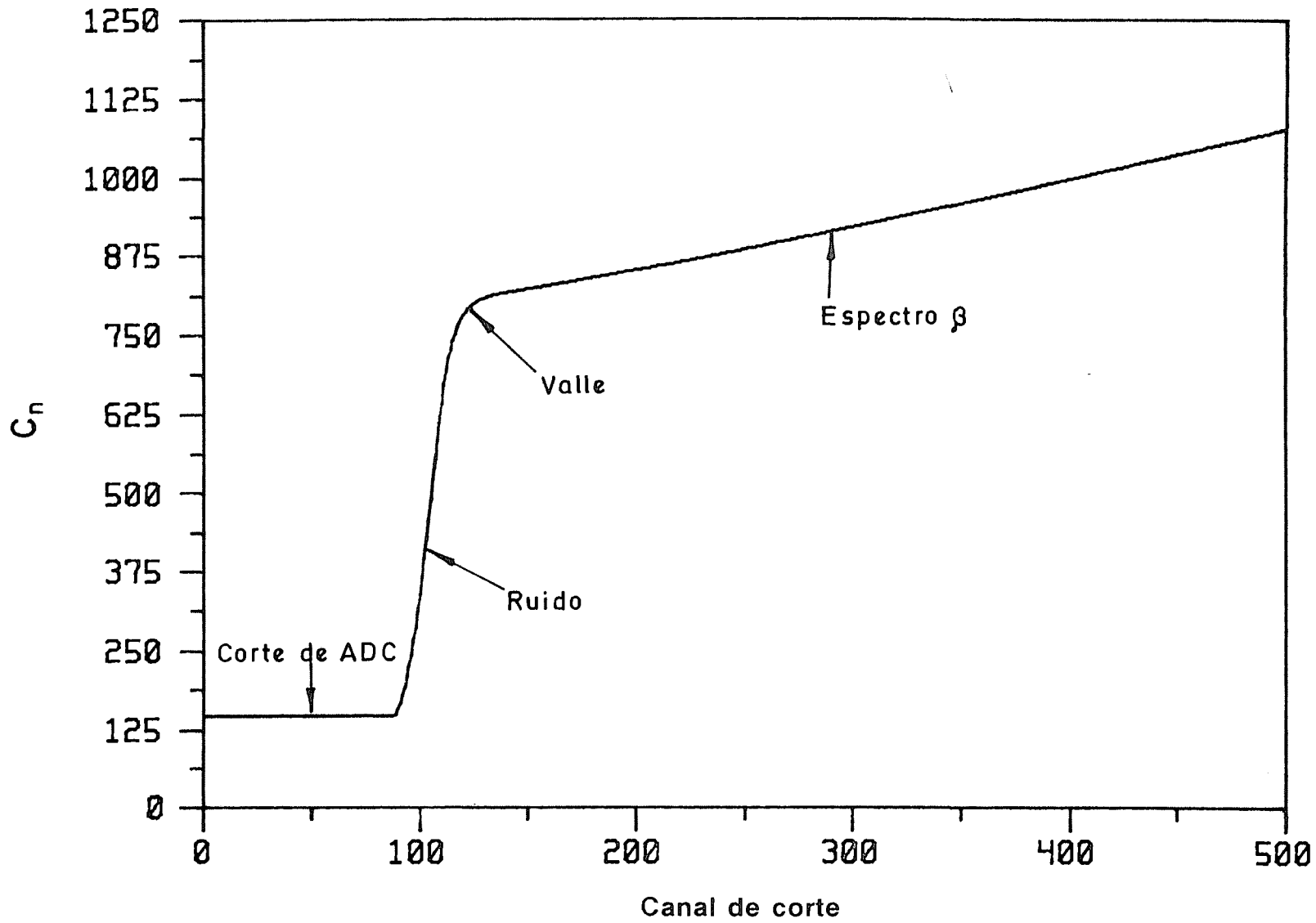


Fig. 6

CA-45 : CANAL MEDIO FRENTE A CANAL DE CORTE INFERIOR

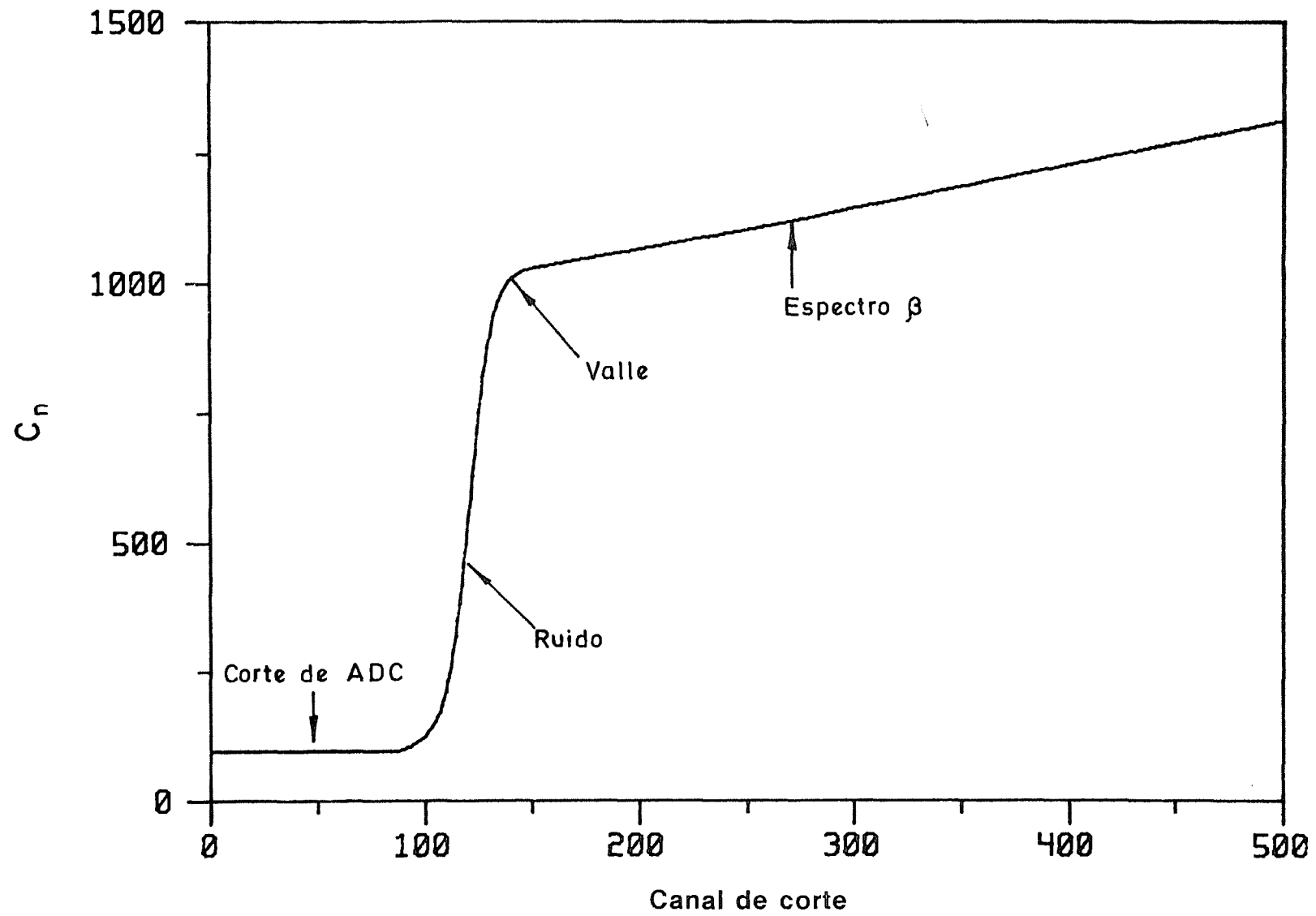


Fig. 7

TC-99 : CANAL MEDIO FRENTE A CANAL DE CORTE INFERIOR

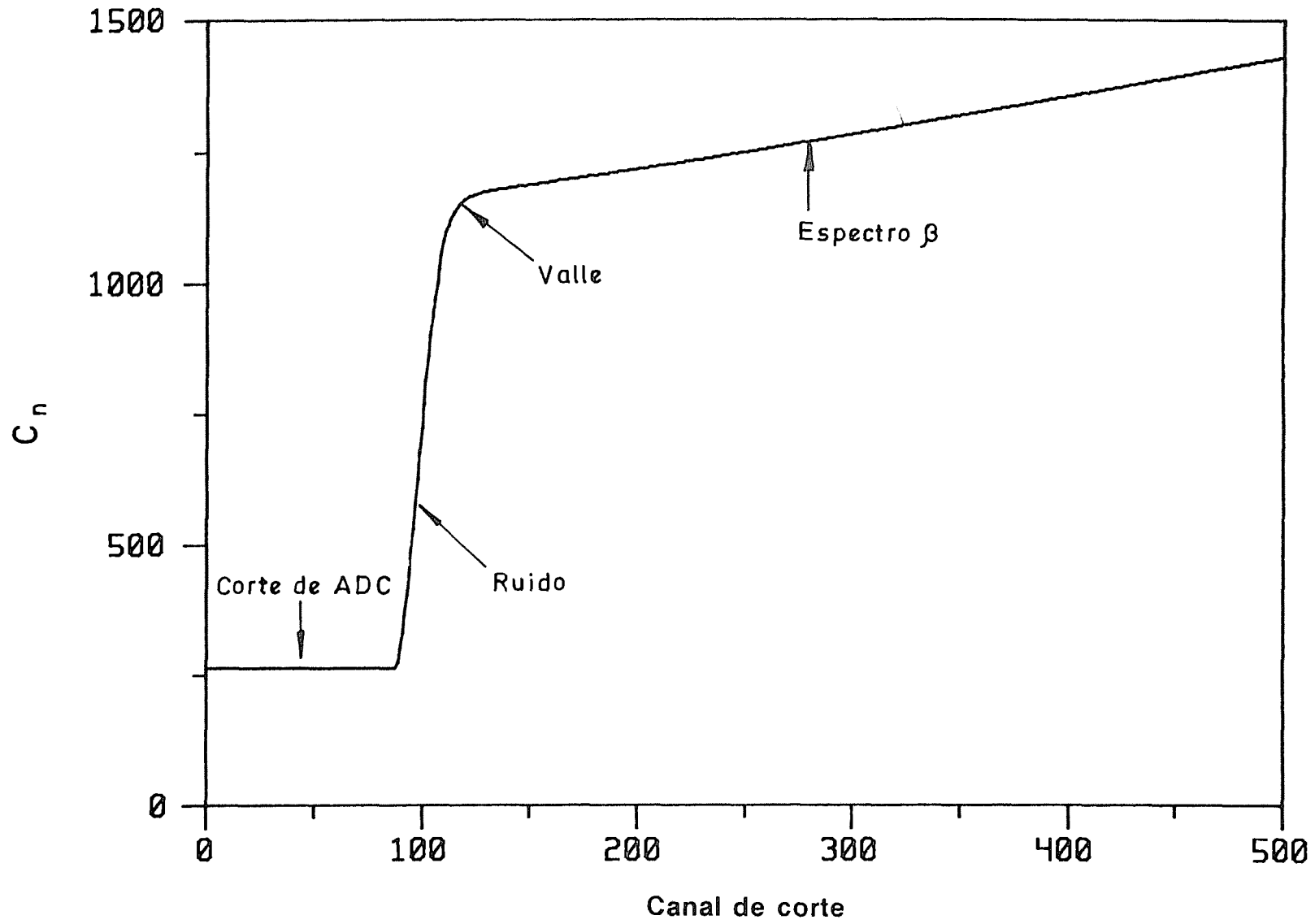


Fig.8

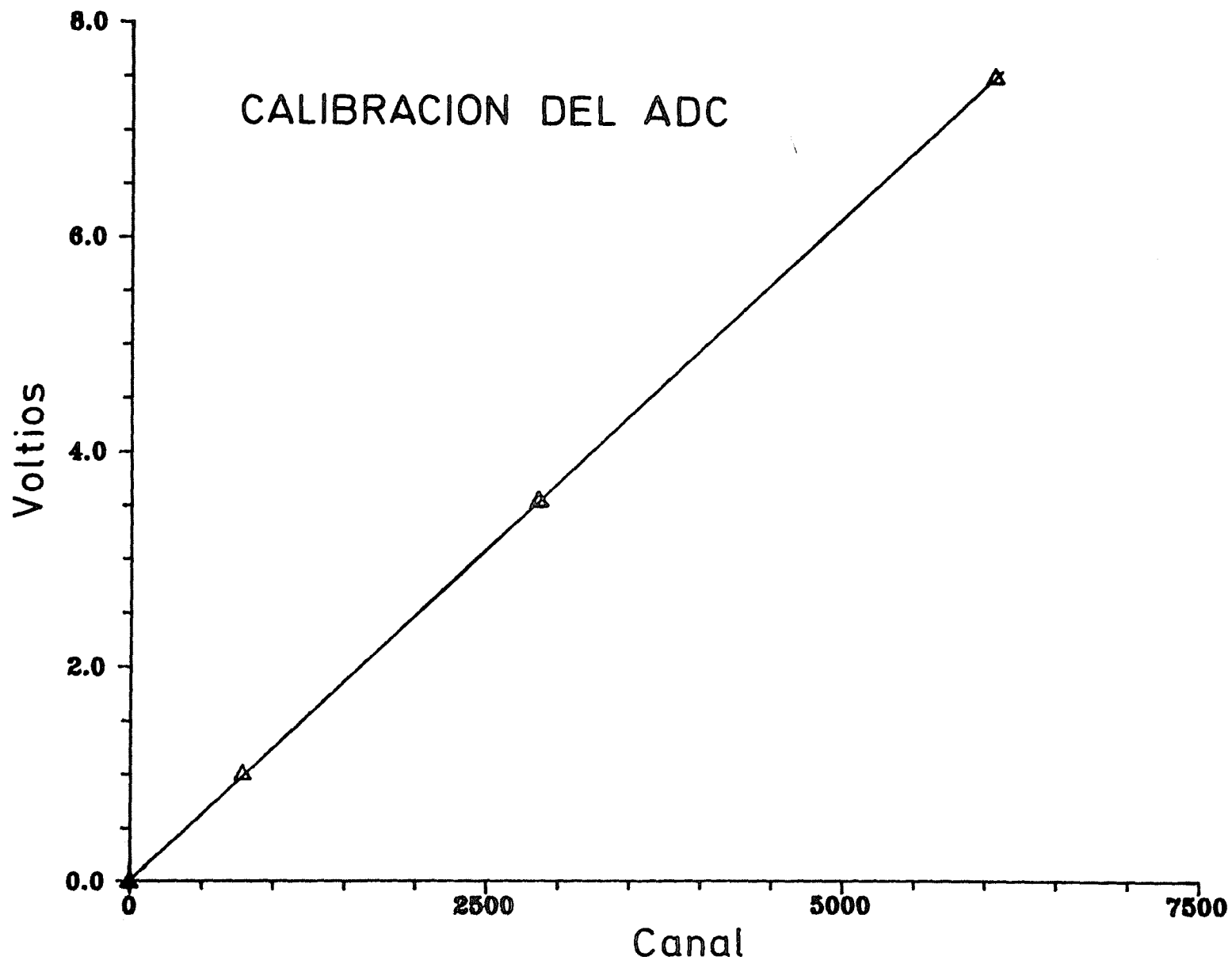


Fig. 9

CORRESPONDENCIA CANAL-ENERGÍA

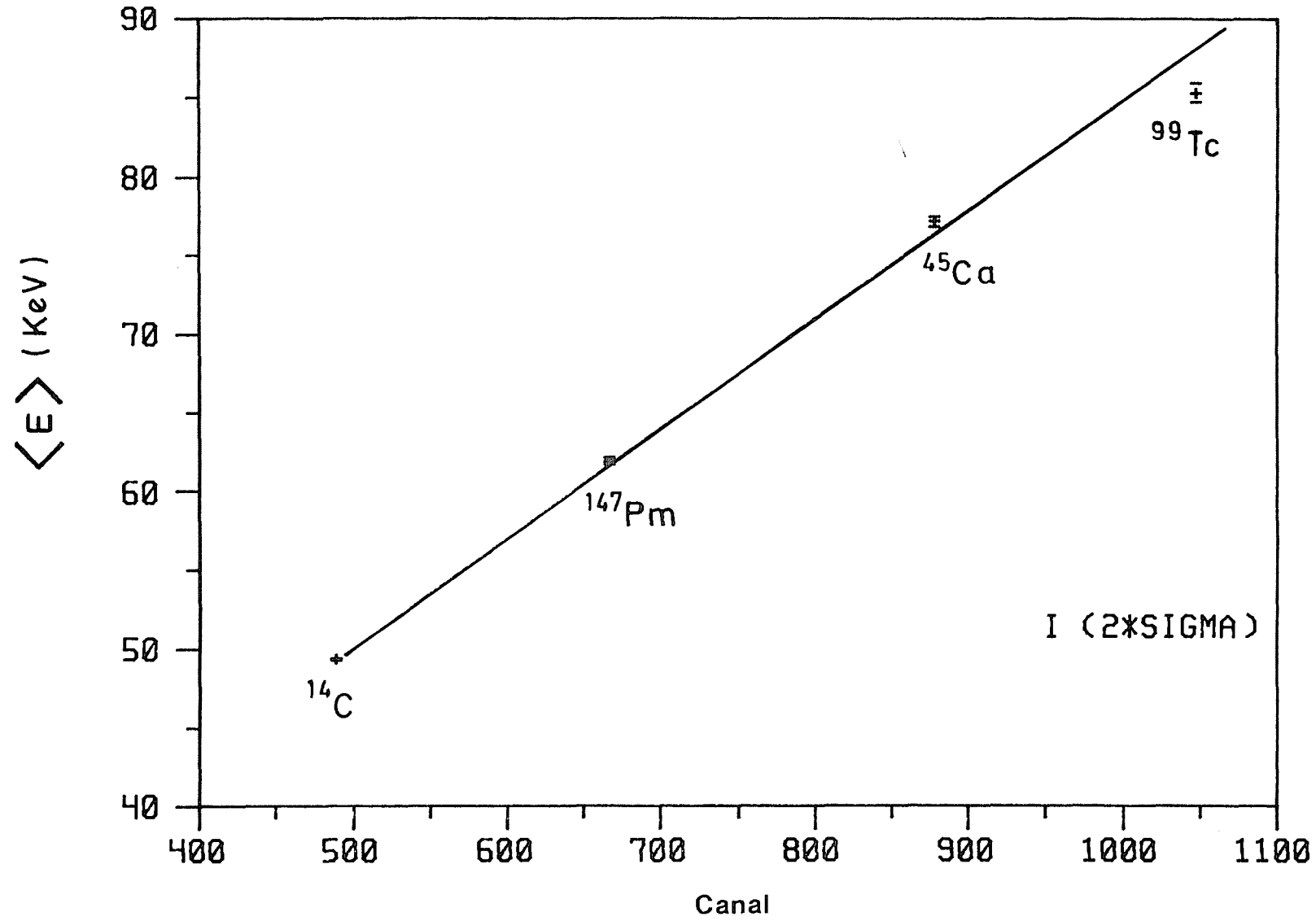


Fig. 10

APÉNDICE A




```

C      PROGRAMA CM
C      -----
C      CALCULO DEL CANAL MEDIO DE UN ESPECTRO BETA
C
      INTEGER N(10000)
      DOUBLE PRECISION SUM1(800),SUM2(800),SUMC(800),CM(800)
      DOUBLE PRECISION SIG(800),S(800)
      INTEGER CI,C2,CS
      CHARACTER NUCLEI*16
      WRITE(6,7)
7      FORMAT(/,1X,'FICHERO DE DATOS'/)
      READ(5,8)NUCLEI
8      FORMAT(A16)
      OPEN(UNIT=14,FILE=NUCLEI,STATUS='OLD')
      WRITE(6,17)
17     FORMAT(/,1X,'FICHERO DE RESULTADOS'/)
      READ(5,28)NUCLEI
28     FORMAT(A16)
      OPEN(UNIT=11,FILE=NUCLEI,STATUS='NEW')
      WRITE(6,9)
9      FORMAT(/,1X,'CANL INF(2),','CANL SUP',/)
      CALL READ(C2,CS,N)
      CI=1
      DO 30 J=CI,C2
      SUMC(J)=0.
      SUM1(J)=0.
      DO 1 I=J,CS
      SUMC(J)=SUMC(J)+(I-1)*N(I)
      SUM1(J)=SUM1(J)+N(I)
1      CONTINUE
      CM(J)=SUMC(J)/SUM1(J)
30     CONTINUE
C      -----
C      INCERTIDUMBRE
C      -----
      DO 31 J=CI,C2
      SUM2(J)=0.
      DO 15 I=J,CS
      SUM2(J)=SUM2(J)+(((I-1)-CM(J))**2)*N(I)
15     CONTINUE
      SIG(J)=DSQRT(SUM2(J)/(SUM1(J)**2))
C      S(J)=SIG(J)*100/CM(J)
      WRITE(11,99)(J-1,CM(J),SIG(J))
99     FORMAT(I5,E16.8,E16.8)
31     CONTINUE
      CLOSE(UNIT=14)
      CLOSE(UNIT=11)
      WRITE(6,111)
111    FORMAT(/,1X,'BORRA LA PRIMERA FILA DEL FICHERO DE RESULTADOS'/)
      STOP
      END
C      -----
C      LECTURA DE DATOS (SUBROUTINA)
C      -----
      SUBROUTINE READ(C2,CS,N)
      INTEGER N(10000)
      INTEGER C2,CS
      READ(5,*) C2,CS
      DO 12 I=1,10000,5
      READ(14,3,END=73)(N(J),J=I,I+4)
3      FORMAT(23X,5I11)
12     CONTINUE
73     RETURN
      END

```

```

C   PROGRAMA POLIPV
C   -----
C   UTILIZA EL FICHERO DE DATOS 'CMnucleido'
C   AJUSTA A UN POLINOMIO DE GRADO N LOS CANALES MEDIOS, DESDE
C   TODOS LOS POSIBLES INICIALES (DADOS POR C.I. E INCREMENTO)
C   A TODOS LOS FINALES (DADOS POR C.F. E INCREMENTO).
C   UTILIZA PESOS.
C   ESCRIBE PARA CADA UNA DE LAS REGIONES OBTENIDAS
C   LOS SIGUIENTES RESULTADOS DEL AJUSTE:
C
C       K1= CANAL INICIAL
C       K2= CANAL FINAL
C       X(1)= CANAL MEDIO EXTRAPOLADO DEL AJUSTE
C       D= CHI**2
C       DG= (CHI**2)/NG
C       NG= GRADOS DE LIBERTAD DEL AJUSTE
C
C
C   !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
C   Deja la tarea de seleccionar el mejor c.m. al programa "ORDEN"
C   !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
C   Si se quieren obtener las matrices de errores de los parametros
C   hay que utilizar el programa ERROR.FOR
C   !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
C   =====
C
C   DOUBLE PRECISION C(500),Y(500),SIG(500),W(500)
C   DOUBLE PRECISION X(10),XM(10),SM(500)
C   DOUBLE PRECISION DES,D,S,DG,E,F,F1,CO,CMO
C   DOUBLE PRECISION SUM(500,500)
C   CHARACTER*16 FILE
C   WRITE(6,66)
66  FORMAT(/,1X,'FICHERO DE DATOS DE CANALES MEDIOS'/)
C   READ(5,55)FILE
C
C   -----
C   ENERGIAS MEDIAS DE LOS ESPECTROS
C   -----
C
C       IF(FILE.EQ.'CMC'.OR.FILE.EQ.'CCM') THEN
C           EM=49.4
C       ELSE
C           IF(FILE.EQ.'CMPM'.OR.FILE.EQ.'PMCM'.OR.
$       FILE.EQ.'CMPML') THEN
C               EM=62.
C           ELSE
C               IF(FILE.EQ.'CMCA'.OR.FILE.EQ.'CACM') THEN
C                   EM=77.2
C               ELSE
C                   IF(FILE.EQ.'CMTC'.OR.FILE.EQ.'TCCM') THEN
C                       EM=85.4
C                   END IF
C               END IF
C           END IF
C       END IF
55  FORMAT(A16)
C   OPEN(UNIT=10,FILE=FILE,STATUS='OLD')
C   WRITE(6,86)
86  FORMAT(/,1X,'FICH. DE DATOS DE EXTRAPOL.(RESULTADOS):"EXnucl"'/)
C   READ(5,25)FILE
25  FORMAT(A16)
C   OPEN(UNIT=16,FILE=FILE,STATUS='NEW')
C   WRITE(6,56)
56  FORMAT(/,1X,'CANAL INICIAL,CANAL FINAL',/)
C   READ(5,*)KC1,KC2
C   KK1=KC1-1
C   KK2=KC2-1
C   WRITE(6,60)
60  FORMAT(/,1X,'INCREM.C.INIC.,INCREM.C.FIN.',/)
C   READ(5,*)L1,L2
C   DO 1 K=1,1000

```

```

READ(10,*,END=33)C(K),Y(K),SIG(K)
W(K)=1./(SIG(K)**2)
1 CONTINUE
33 WRITE(6,70)
70 FORMAT(/,1X,'GRADO DEL POLINOMIO DE AJUSTE'/)
READ(5,*)N
WRITE(6,176)
176 FORMAT(/,1X,'NUMERO MINIMO DE GRADOS DE LIBERTAD'/)
READ(6,*)MG
WRITE(6,345)
345 FORMAT(/,1X,'CANAL DE ENERGIA CERO (correc. del ADC)',/)
READ(5,*)CO
M=MG-1
NM=N+M
DO 69 I=1,N+1
69 XM(I)=0.
KM1=0
KM2=0
DM=10000.
DGM=10000.
NGM=0
E=0.
F=0.
F1=0.
C =====
DO 42 I1=1,L1
DO 40 I2=1,L2
K1=KK1+I1
K2=KK2+I2
NG=(K2-K1+1)-(N+1)
IF((K2-K1).LE.NM)GO TO 71
DO 2 I=1,N+1
DO 3 J=1,N+1
SUM(I,J)=0.
DO 4 K=K1,K2
SUM(I,J)=SUM(I,J)+(C(K)**(I+J-2))*W(K)
4 CONTINUE
3 CONTINUE
2 CONTINUE
DO 22 I=1,N+1
SUM(I,N+2)=0.
DO 44 K=K1,K2
SUM(I,N+2)=SUM(I,N+2)+(Y(K)*C(K)**(I-1))*W(K)
44 CONTINUE
22 CONTINUE
CALL GAUSP(SUM,X,N)
CMO=0.
IF(CO.EQ.0.)THEN
CMO=X(1)
ELSE
DO 321 I=1,N+1
J=I-1
CMO=CMO+X(I)*CO**J
321 CONTINUE
END IF
C ++++++
C INCERTIDUMBRES
C ++++++
DES=0.
DG=0.
D=0.
S=0.
DO 24 K=K1,K2
SM(K)=0.
DO 26 I=1,N+1
SM(K)=SM(K)+X(I)*C(K)**(I-1)
26 CONTINUE
D=D+((Y(K)-SM(K))/SIG(K))**2
DG=D/NG
S=S+1./SIG(K)**2

```

```

DES=D/S
24 CONTINUE
C ++++++
      IF((K2-K1).GT.NM) GO TO 79
71     WRITE(16,100) K1,K2,E,E,F,F1,NG
      GO TO 30
79     WRITE(16,100) K1,K2,X(1),CMO,D,DG,NG
100    FORMAT(I5,I5,4E14.6,2X,I3)
101    FORMAT(2I5,10E14.6)
C ++++++
C SELECCION DE LA REGION DE INTERES
C ++++++
      IF (DG.LT.DGM) THEN
          KM1=K1
          KM2=K2
          DO 789 I=1,N+1
789     XM(I)=X(I)
          DM=D
          DGM=DG
          NGM=NG
          END IF
C ++++++
30     E=0.
40     CONTINUE
42     CONTINUE
C =====
CLOSE (UNIT=16)
CLOSE (UNIT=10)
STOP
END

```

```

C      PROGRAMA ORDEN
C      -----
C      ESTE PROGRAMA OBTIENE UN CANAL MEDIO EXTRAPOLADO PROMEDIANDO
C      ENTRE LOS "NA" MEJORES (LOS DE MENOR CHI**2/NG). ESTOS SON
C      SELECCIONADOS DE ENTRE TODOS LOS OBTENIDOS POR POLIPV.
C
C      ESCRIBE POR PANTALLA LOS NA MEJORES VALORES Y SUS CORRESPONDIENTES
C      ENERGIAS CON LAS INCERTIDUMBRES ASOCIADAS.
C      -----
C      DIMENSION N(5000),M(5000),NG(5000),NM(5000),MM(5000),NGM(5000)
C      DOUBLE PRECISION CM(5000),CH(5000),CHG(5000),CMO(5000)
C      DOUBLE PRECISION CMM(20),CHM(20),CHGM(20)
C      DOUBLE PRECISION SIG2,SG,R(20),RS(20)
C      INTEGER NA
C      CHARACTER*16 FILE
C      R(0)=0.
C      WRITE(6,66)
66     FORMAT(/,2X,'FICHERO DE DATOS DE CM. EXTRAPOLADOS',/)
C      READ(5,55)FILE
55     FORMAT(A16)
C
C      -----
C      ENERGIAS MEDIAS DE LOS ESPECTROS
C      -----
C
C      IF(FILE.EQ.'EXC'.OR.FILE.EQ.'EXC1'.OR.FILE.EQ.'EXPC') THEN
C      EM=49.4
C      S=.03
C      ELSE
$      IF(FILE.EQ.'EXPM'.OR.FILE.EQ.'EXPML'.OR.FILE.EQ.
$      'EXPPML'.OR.FILE.EQ.'EXPPM') THEN
C      EM=62.
C      S=.2
C      ELSE
$      IF(FILE.EQ.'EXCA'.OR.FILE.EQ.'EXCAB'.OR.FILE.EQ.'EXCA1'
$      .OR.FILE.EQ.'EXPCA') THEN
C      EM=77.2
C      S=.3
C      ELSE
$      IF(FILE.EQ.'EXTC'.OR.FILE.EQ.'EXTC1'.OR.FILE.EQ.'EXPTC'
$      ) THEN
C      EM=85.4
C      S=.6
C      END IF
C      END IF
C      END IF
C      END IF
C
C      OPEN (UNIT=16,FILE=FILE,STATUS='OLD')
C      WRITE(6,77)
77     FORMAT(/,2X,'N.DE FILAS DEL FICHERO(Increment.C.I*Increment.C.F.)',/)
C      READ(5,*) L
C      WRITE(6,123)
123    FORMAT(/,2X,'N. DE AJUSTES A SELECCIONAR ENTRE LOS MEJORES',/)
C      READ(5,*) NA
C      WRITE(6,10)
10     FORMAT(/,2X,'FICHERO DE RESULTADOS PARA LA CALIBRACION:"CALn"',/)
C      READ(5,55)FILE
C      OPEN(UNIT=12,FILE=FILE,STATUS='UNKNOWN',ACCESS='APPEND')
C      WRITE(6,8)
8      FORMAT(//,2X,'C.I. C.F. C.M. CH**2/NG NG ',//)
C      DO 3 J=1,NA
C      R(J)=R(J-1)+1.
C      RS(J)=R(J-1)
C      DO 2 I=1,L
C      READ(16,*) N(I),M(I),CM(I),CMO(I),CH(I),CHG(I),NG(I)
C      IF(CHG(I).LT.R(J).AND.CHG(I).GT.RS(J)) THEN
C      NM(J)=N(I)
C      MM(J)=M(I)
C      CMM(J)=CMO(I)
C      CHM(J)=CH(I)
C      R(J)=CHG(I)

```

```

    NGM(J)=NG(I)
    END IF
2   CONTINUE
    WRITE(6,1) NM(J),MM(J),CMM(J),R(J),NGM(J)
1   FORMAT(2I4,2E14.6,I4)
    REWIND 16
3   CONTINUE
    DSUM=0.
    DSUM1=0.
    DO 4 J=1,NA
4   DSUM=DSUM+CMM(J)
    CONTINUE
    CME=DSUM/NA
    DO 9 J=1,NA
9   DSUM1=DSUM1+(CMM(J)-CME)**2
    CONTINUE
    SIG2=DSUM1/(NA-1)
    SG=DSQRT(SIG2)
7   WRITE(6,7) CME,SG
    FORMAT(/,5X,'C.M. (PROMEDIADO)='E14.6,5X,'SIGMA='E14.6,/)
13  WRITE(12,13) EM,CME,SG,S
    FORMAT(4E14.6)
    CLOSE(UNIT=16)
    STOP
    END

```

```

C      PROGRAMA POLIPE
C      -----
C      UTILIZA EL FICHERO DE DATOS DE ORDENADAS, ABSCISAS Y PESOS
C      AJUSTE A UN POLINOMIO UTILIZANDO PESOS.
C
C      !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
C      Halla la recta de calibracion E=CM*a+b
C      Lee los datos del fichero CALn.DAT
C      !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
C
DOUBLE PRECISION C(500),Y(500),SIG(500),W(500),SIGCM(500)
DOUBLE PRECISION X(10),SM(500)
DOUBLE PRECISION DES,D,S
DOUBLE PRECISION SUM(50,50),SUMI(50,50),ME(50,50)
CHARACTER*16 FILE
WRITE(6,66)
66  FORMAT(/,1X,'FICHERO DE DATOS'/)
READ(5,55)FILE
55  FORMAT(A16)
OPEN(UNIT=10,FILE=FILE,STATUS='OLD')
WRITE(6,56)
56  FORMAT(/,1X,'FILA INICIAL,FILA FINAL'/)
READ(5,*)K1,K2
DO 1 K=1,500
READ(10,*,END=33) Y(K),C(K),SIGCM(K),SIG(K)
W(K)=1./ (SIG(K)**2)
1   CONTINUE
33  WRITE(6,70)
70  FORMAT(/,1X,'GRADO DEL POLINOMIO DE AJUSTE'/)
READ(5,*)N
DO 2 I=1,N+1
DO 3 J=1,N+1
SUM(I,J)=0.
DO 4 K=K1,K2
SUM(I,J)=SUM(I,J)+(C(K)**(I+J-2))*W(K)
4   CONTINUE
3   CONTINUE
2   CONTINUE
DO 22 I=1,N+1
SUM(I,N+2)=0.
DO 44 K=K1,K2
SUM(I,N+2)=SUM(I,N+2)+(Y(K)*C(K)**(I-1))*W(K)
44  CONTINUE
22  CONTINUE
CALL SINV(SUM,X,N+1,SUMI)
CALL GAUSP(SUM,X,N)
WRITE(6,86)
86  FORMAT(/,1X,'FICHERO DE PARAMETROS DE AJUSTE'/)
READ(5,25)FILE
25  FORMAT(A16)
OPEN(UNIT=16,FILE=FILE,STATUS='NEW')
=====
C      D=0.
      S=0.
      NP=K2-K1+1
      DO 24 K=K1,K2
      SM(K)=0.
      DO 26 I=1,N+1
      SM(K)=SM(K)+X(I)*C(K)**(I-1)
26  CONTINUE
      D=D+((Y(K)-SM(K))/SIG(K))**2
      S=S+1./SIG(K)**2
      DES=D/S
24  CONTINUE
      WRITE(16,46)
46  FORMAT(//,1X,'PARAMETROS DEL AJUSTE: X(I),I=1,P'/)
      WRITE(16,100) (X(I),I=1,N+1)
      WRITE(16,76)
76  FORMAT(//,1X,'MATRIZ DE ERRORES DE LOS PARAMETROS'/)
100 FORMAT(4E14.6)

```

```
DO 13 I=1,N+1
DO 14 J=1,N+1
ME (I,J) = (D*SUMI (I,J)) / (NP-N-1)
14 CONTINUE
13 CONTINUE
DO 17 I=1,N+1
WRITE (16,*) (ME (I,J),J=1,N+1)
17 CONTINUE
WRITE (16,106)
106 FORMAT (/)
C =====
CLOSE (UNIT=16)
CLOSE (UNIT=10)
STOP
END
```



```

C      PROGRAMA CALEN
C      -----
C
C      CALCULA LA ENERGIA MEDIA CORRESPONDIENTE A DIFERENTES PICOS O
C      CANALES MEDIOS(SI SE TRATA DE ESPECTRO CONTINUO) DEL FICHERO
C      CALn.DAT, SEGUN LA RECTA DE CALIBRACION CUYOS PARAMETROS ESTAN
C      EN Pn.DAT.
C      OBTIENE UNA VARIANZA EFECTIVA SEGUN LA FORMULA DE CLUTTON :
C
C      VAR.MED.[Y] + A**2 * VAR.MED[X]
C
C      =====
C
C      DOUBLE PRECISION E(50),EN(50),CM(50)
C      DOUBLE PRECISION S2E(50),S2EF(50),S2CM(50),SEF(50)
C      DOUBLE PRECISION SE(50),SCM(50)
C      CHARACTER*16 FILE
2      FORMAT(A16)
C      WRITE(6,1)
1      FORMAT(/,1X,'FICH.DE PARAM. DE LA RECTA DE CAL.:'/,
$      1X,'Pn(CM=a*E+b) O PAn(E=A*CM+B)',/)
C      READ(5,2) FILE
C      OPEN(UNIT=10,FILE=FILE,STATUS='OLD')
C      WRITE(6,20)
20     FORMAT(/,1X,'FICHERO DE ENERG. Y VARIANZAS EFECTIVAS (RESULTADO)',/)
C      READ(5,2) FILE
C      OPEN(UNIT=16,FILE=FILE,STATUS='UNKNOWN',ACCESS='APPEND')
C      WRITE(6,111)
111    FORMAT(/,1X,'FICHERO DE DATOS PARA CALIBRAR :CALn,')
C      READ(5,2) FILE
C      OPEN(UNIT=13,FILE=FILE,STATUS='OLD')
C      READ(10,3) B,A,S2B,S2A
3      FORMAT(////,2E14.8,////,E25.8,/,26X,E25.8)
C      WRITE(6,9)
9      FORMAT(/,1X,'NUMERO DE PUNTOS DEL FICHERO CALn',/)
C      READ(5,*) NP
C      DO 8 I=1,NP
C      READ(13,*) EN(I),CM(I),SCM(I),SE(I)
C      S2CM(I)=SCM(I)**2
C      S2E(I)=SE(I)**2
8      CONTINUE
C
C          DO 88 I=1,NP
C          E(I)=A*CM(I)+B
C          S2EF(I)=S2E(I)+(A**2)*S2CM(I)
C
C      SEF(I)=SQRT(S2EF(I))
C      WRITE(16,7) CM(I),E(I),SEF(I)
7      FORMAT(1X,'E.M.(',F12.6,')=',F12.6,4X,'SIGMA EFECTIVA=',F12.6,/)
88     CONTINUE
C      CLOSE(UNIT=10)
C      CLOSE(UNIT=16)
C      CLOSE(UNIT=13)
C      STOP
C      END

```

```

SUBROUTINE GAUSP (A, X, P)
-----
C
DOUBLE PRECISION A(500,500), X(10)
DOUBLE PRECISION B, C, GRAN, RES, SUM
INTEGER P
N=P+1
M=P+2
-----
C
C
C
METODO DE PIVOTEO PARCIAL
-----
do 1 k=1, n
do 2 i=k+1, n
B=DABS (A(k, k))
C=DABS (A(i, k))
IF (B.LT.C) THEN
do 5 j=k, m
GRAN=A(i, j)
A(i, j)=A(k, j)
A(k, j)=GRAN
5
CONTINUE
END IF
2
continue
-----
C
C
C
DIAGONALIZACION DE LA MATRIZ
-----
do 8 L=k+1, n
BOR=A(L, K)
do 8 j=k, m
RES=A(K, J)/A(K, K)
A(L, J)=A(L, J)-RES*BOR
8
CONTINUE
1
continue
C
DO 83 I=1, N
C 83 WRITE(6, *) (A(I, J), J=1, M)
C
C
C
DESPEJAR INCOGNITAS
-----
X(N)=A(N, M)/A(N, N)
DO 10 I=N-1, 1, -1
SUM=0.
DO 11 J=I+1, N
11 SUM=SUM+A(I, J)*X(J)
X(I)=(A(I, M)-SUM)/A(I, I)
10 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE SINVA(A,X,N,AI)
INVERSION DE UNA MATRIZ A(N,N)
-----
AA(N,2N) ES LA MATRIZ A(N,N) CON LA IDENTIDAD A SU DERECHA
AI(N,N) ---- MATRIZ INVERSA
=====

DOUBLE PRECISION A(500,500),AA(500,500),X(10),AI(500,500)
DOUBLE PRECISION B,C,GRAN,RES,SUM
INTEGER P
P=N-1
M=N+1
DO 7 K=1,N
DO 44 I=1,N
DO 4 J=1,N
4 AA(I,J)=A(I,J)
IF (I.EQ.K) THEN
AA(I,M)=1.
ELSE
AA(I,M)=0.
END IF
44 CONTINUE
CALL GAUSS(AA,X,P)
DO 101 I=1,N
AI(I,K)=X(I)
101 CONTINUE
7 CONTINUE
C DO 100 I=1,N
C 100 WRITE(6,*) (AI(I,J),J=1,N)
RETURN
END

```



CIEMAT-679

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
Instituto de Investigación Básica. Madrid.-

"Calibración Energética de un Detector de Silicio Mediante Emisores Beta Puros".

BORRAS, C.; LOS ARCOS, J.M. (1992) 39 pp. 10 figs.

Usualmente, la calibración de detectores de Si para espectroscopía de electrones se realiza mediante fuentes radiactivas emisoras de líneas de conversión interna en el rango de energías de interés o con haces de electrones monoenergéticos, descartándose el empleo de emisores beta debido a su espectro continuo.

En el presente trabajo se ha desarrollado un procedimiento para calibración de un detector tipo PIP, mediante fuentes beta de ^{14}C , ^{147}Pm , ^{99}Tc y ^{45}Ca , basado en la correspondencia entre el canal medio observado y la energía media del espectro de Fermi del radionucleido.

Primeramente se describe el método de estimación del canal medio del espectro total en presencia de ruido, así como su incertidumbre asociada. A continuación se establece la correspondencia canal-energía mediante ajuste por mínimos cuadrados, con correcciones debido a la incertidumbre de ambas variables.

CIEMAT-679

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
Instituto de Investigación Básica. Madrid.-

"Calibración Energética de un Detector de Silicio Mediante Emisores Beta Puros".

BORRAS, C.; LOS ARCOS, J.M. (1992) 39 pp. 10 figs.

Usualmente, la calibración de detectores de Si para espectroscopía de electrones se realiza mediante fuentes radiactivas emisoras de líneas de conversión interna en el rango de energías de interés o con haces de electrones monoenergéticos, descartándose el empleo de emisores beta debido a su espectro continuo.

En el presente trabajo se ha desarrollado un procedimiento para calibración de un detector tipo PIP, mediante fuentes beta de ^{14}C , ^{147}Pm , ^{99}Tc y ^{45}Ca , basado en la correspondencia entre el canal medio observado y la energía media del espectro de Fermi del radionucleido.

Primeramente se describe el método de estimación del canal medio del espectro total en presencia de ruido, así como su incertidumbre asociada. A continuación se establece la correspondencia canal-energía mediante ajuste por mínimos cuadrados, con correcciones debido a la incertidumbre de ambas variables.

CIEMAT-679

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
Instituto de Investigación Básica. Madrid.-

"Calibración Energética de un Detector de Silicio Mediante Emisores Beta Puros".

BORRAS, C.; LOS ARCOS, J.M. (1992) 39 pp. 10 figs.

Usualmente, la calibración de detectores de Si para espectroscopía de electrones se realiza mediante fuentes radiactivas emisoras de líneas de conversión interna en el rango de energías de interés o con haces de electrones monoenergéticos, descartándose el empleo de emisores beta debido a su espectro continuo.

En el presente trabajo se ha desarrollado un procedimiento para calibración de un detector tipo PIP, mediante fuentes beta de ^{14}C , ^{147}Pm , ^{99}Tc y ^{45}Ca , basado en la correspondencia entre el canal medio observado y la energía media del espectro de Fermi del radionucleido.

Primeramente se describe el método de estimación del canal medio del espectro total en presencia de ruido, así como su incertidumbre asociada. A continuación se establece la correspondencia canal-energía mediante ajuste por mínimos cuadrados, con correcciones debido a la incertidumbre de ambas variables.

CIEMAT-679

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
Instituto de Investigación Básica. Madrid.-

"Calibración Energética de un Detector de Silicio Mediante Emisores Beta Puros".

BORRAS, C.; LOS ARCOS, J.M. (1992) 39 pp. 10 figs.

Usualmente, la calibración de detectores de Si para espectroscopía de electrones se realiza mediante fuentes radiactivas emisoras de líneas de conversión interna en el rango de energías de interés o con haces de electrones monoenergéticos, descartándose el empleo de emisores beta debido a su espectro continuo.

En el presente trabajo se ha desarrollado un procedimiento para calibración de un detector tipo PIP, mediante fuentes beta de ^{14}C , ^{147}Pm , ^{99}Tc y ^{45}Ca , basado en la correspondencia entre el canal medio observado y la energía media del espectro de Fermi del radionucleido.

Primeramente se describe el método de estimación del canal medio del espectro total en presencia de ruido, así como su incertidumbre asociada. A continuación se establece la correspondencia canal-energía mediante ajuste por mínimos cuadrados, con correcciones debido a la incertidumbre de ambas variables.

La calibración se ha verificado mediante fuentes de ^{147}Pm y ^{109}Cd , proporcionando resultados satisfactorios con discrepancias inferiores a 2,5%, totalmente compatibles con las limitaciones debidas a la resolución del detector y a las características de las muestras utilizadas.

DOE CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: 440103. Semiconductor Detectors. Electron Spectroscopy. Beta Spectroscopy. Calibration. Silicon. Beta Sources.

La calibración se ha verificado mediante fuentes de ^{147}Pm y ^{109}Cd , proporcionando resultados satisfactorios con discrepancias inferiores a 2,5%, totalmente compatibles con las limitaciones debidas a la resolución del detector y a las características de las muestras utilizadas.

DOE CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: 440103. Semiconductor Detectors. Electron Spectroscopy. Beta Spectroscopy. Calibration. Silicon. Beta Sources.

La calibración se ha verificado mediante fuentes de ^{147}Pm y ^{109}Cd , proporcionando resultados satisfactorios con discrepancias inferiores a 2,5%, totalmente compatibles con las limitaciones debidas a la resolución del detector y a las características de las muestras utilizadas.

DOE CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: 440103. Semiconductor Detectors. Electron Spectroscopy. Beta Spectroscopy. Calibration. Silicon. Beta Sources.

La calibración se ha verificado mediante fuentes de ^{147}Pm y ^{109}Cd , proporcionando resultados satisfactorios con discrepancias inferiores a 2,5%, totalmente compatibles con las limitaciones debidas a la resolución del detector y a las características de las muestras utilizadas.

DOE CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: 440103. Semiconductor Detectors. Electron Spectroscopy. Beta Spectroscopy. Calibration. Silicon. Beta Sources.

CIEMAT-679

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
Instituto de Investigación Básica. Madrid.-

"Energy Calibration of a Silicon Detector Using Pure Beta-Emitters".

BORRAS, C.; LOS ARCOS, J.M. (1992) 39 pp., 10 figs.

Energy calibration of Si detectors used in electron spectroscopy is commonly performed with conversion electron sources or monoenergetic electrons beams, which are preferred against beta emitters due to the problems arising from their continuous spectra.

This paper presents a simple calibration procedure for a PIP-type silicon detector, using ^{14}C , ^{147}Pm , ^{99}Tc and ^{45}Ca sources, that is based on the correspondence between the average channel observed in the experimental spectrum and the mean energy evaluated from the theoretical Fermi distribution for each nuclide.

First, a method for evaluating the average channel in the experimental spectrum distorted by the electronic noise is described and its uncertainty estimated. Then, the channel-energy relation ship is established by least squares fitting modified to account for uncertainties in both variables.

CIEMAT-679

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
Instituto de Investigación Básica. Madrid.-

"Energy Calibration of a Silicon Detector Using Pure Beta-Emitters".

BORRAS, C.; LOS ARCOS, J.M. (1992) 39 pp. 10 figs.

Energy calibration of Si detectors used in electron spectroscopy is commonly performed with conversion electron sources or monoenergetic electrons beams, which are preferred against beta emitters due to the problems arising from their continuous spectra.

This paper presents a simple calibration procedure for a PIP-type silicon detector, using ^{14}C , ^{147}Pm , ^{99}Tc and ^{45}Ca sources, that is based on the correspondence between the average channel observed in the experimental spectrum and the mean energy evaluated from the theoretical Fermi distribution for each nuclide.

First, a method for evaluating the average channel in the experimental spectrum distorted by the electronic noise is described and its uncertainty estimated. Then, the channel-energy relation ship is established by least squares fitting modified to account for uncertainties in both variables.

CIEMAT-679

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
Instituto de Investigación Básica. Madrid.-

"Energy Calibration of a Silicon Detector Using Pure Beta-Emitters".

BORRAS, C.; LOS ARCOS, J.M. (1992) 39 pp., 10 figs.

Energy calibration of Si detectors used in electron spectroscopy is commonly performed with conversion electron sources or monoenergetic electrons beams, which are preferred against beta emitters due to the problems arising from their continuous spectra.

This paper presents a simple calibration procedure for a PIP-type silicon detector, using ^{14}C , ^{147}Pm , ^{99}Tc and ^{45}Ca sources, that is based on the correspondence between the average channel observed in the experimental spectrum and the mean energy evaluated from the theoretical Fermi distribution for each nuclide.

First, a method for evaluating the average channel in the experimental spectrum distorted by the electronic noise is described and its uncertainty estimated. Then, the channel-energy relation ship is established by least squares fitting modified to account for uncertainties in both variables.

CIEMAT-679

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
Instituto de Investigación Básica. Madrid.-

"Energy Calibration of a Silicon Detector Using Pure Beta-Emitters".

BORRAS, C.; LOS ARCOS, J.M. (1992) 39 pp. 10 figs.

Energy calibration of Si detectors used in electron spectroscopy is commonly performed with conversion electron sources or monoenergetic electrons beams, which are preferred against beta emitters due to the problems arising from their continuous spectra.

This paper presents a simple calibration procedure for a PIP-type silicon detector, using ^{14}C , ^{147}Pm , ^{99}Tc and ^{45}Ca sources, that is based on the correspondence between the average channel observed in the experimental spectrum and the mean energy evaluated from the theoretical Fermi distribution for each nuclide.

First, a method for evaluating the average channel in the experimental spectrum distorted by the electronic noise is described and its uncertainty estimated. Then, the channel-energy relation ship is established by least squares fitting modified to account for uncertainties in both variables.

The calibration has been successfully verified with ^{147}Pm and ^{109}Cd sources, showing discrepancies not greater than 2.5%, within the uncertainties due to the detector resolution and the sources features.

CLASIFICACION DOE Y DESCRIPTORES: 440103. Semiconductor Detectors. Electron Spectroscopy. Beta Spectroscopy. Calibration. Silicon. Beta Sources.

The calibration has been successfully verified with ^{147}Pm and ^{109}Cd sources, showing discrepancies not greater than 2.5%, within the uncertainties due to the detector resolution and the sources features.

CLASIFICACION DOE Y DESCRIPTORES: 440103. Semiconductor Detectors. Electron Spectroscopy. Beta Spectroscopy. Calibration. Silicon. Beta Sources.

The calibration has been successfully verified with ^{147}Pm and ^{109}Cd sources, showing discrepancies not greater than 2.5%, within the uncertainties due to the detector resolution and the sources features.

CLASIFICACION DOE Y DESCRIPTORES: 440103. Semiconductor Detectors. Electron Spectroscopy. Beta Spectroscopy. Calibration. Silicon. Beta Sources.

The calibration has been successfully verified with ^{147}Pm and ^{109}Cd sources, showing discrepancies not greater than 2.5%, within the uncertainties due to the detector resolution and the sources features.

CLASIFICACION DOE Y DESCRIPTORES: 440103. Semiconductor Detectors. Electron Spectroscopy. Beta Spectroscopy. Calibration. Silicon. Beta Sources.

