

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS FISICO - MATEMATICAS

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



**DETERMINACION DE ELEMENTOS DE
CUATRO MUESTRAS DE MINAS POR
EL METODO DE ACTIVACION POR
NEUTRONES**

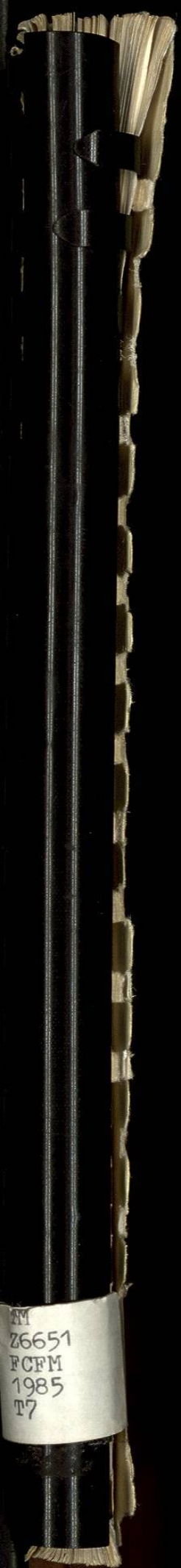
**TRABAJO EN OPCION AL TITULO DE
M. EN C. CON ESPECIALIDAD EN
INGENIERIA NUCLEAR**

PRESENTA

EDGAR A. TREVIÑO DE LOS SANTOS

MONTERREY, N. L.

JULIO DE 1985



M
26651
FCFM
1985
T7



1020071027

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS FISICO - MATEMATICAS

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



**DETERMINACION DE ELEMENTOS DE
CUATRO MUESTRAS DE MINAS POR
EL METODO DE ACTIVACION POR
NEUTRONES**

TRABAJO EN OPCION AL TITULO DE
**M. EN C. CON ESPECIALIDAD EN
INGENIERIA NUCLEAR**

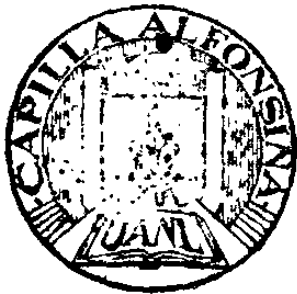
PRESENTA
EDGAR A. TREVIÑO DE LOS SANTOS



MONTERREY, N. L.

JULIO DE 1985

TM
Z6651
FLFM
1985
T7



137603

RECONOCIMIENTOS.

Agradezco a los Maestros Dr. Bernabé L. Rodríguez y al M. en C. Carlos R. Flores Jauregui; el primero, responsable de que se haya terminado este trabajo, ya que -- llevó la labor de revisión y supervisión del mismo; -- al segundo por sus sugerencias, asesorías, supervisión y comentarios en el desarrollo experimental de este -- trabajo.

De igual manera, deseo agradecer al Dr. Federico A. Rodríguez G. gran maestro y amigo de siempre, quien supo sembrar en mí el amor por esta disciplina.

Deseo también expresar mi agradecimiento a todos los - Profesores del Departamento de Ingeniería Mecánica del Programa de Ingeniería Nuclear de la Universidad de -- Texas en Austin, U.S.A., y en forma muy especial a los señores Profesores; Dr. Thomas Bauer, supervisor del - reactor nuclear y Profesor de la misma Universidad; - al Dr. Philip Iskander, Jefe del Departamento de Radioquímica y al Dr. Nolan E. Hertel por su apoyo para la realización de este trabajo.

También deseo agradecer a la Srta. María del Carmen --
Román del Real, por su labor mecanográfica en este traba
bajo.

Por último deso expresar mi agradecimiento a mis padres,
hermanos y amigos, quienes han sido guías durante toda -
mi existencia; pues han normado y apoyado mi formación-
anteponiendo siempre los valores humanos a todos los de-
más valores.

Vaya, pues, para todos ellos mi gratitud por siempre; --
Dios los Bendiga.

Edgar A. Treviño de los Santos.

Determinación de elementos en cuatro muestras de minas, mediante el método de Análisis por Activación por Neutrones.

Investigación desarrollada en el Departamento de Ingeniería Nuclear de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Texas, en Austin, E.U.A. (Verano-84).

Trabajo presentado por Edgar Alejandro Treviño de los Santos para obtener el grado de Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería Nuclear.

DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO-MATEMATICAS.
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON.
JULIO DE 1985.

I N D I C E

I.- ABSTRACTO.

II.- INTRODUCCION.

III.- METODO DE ANALISIS POR ACTIVACION.

- a).- Reacción (n, γ) ; Mecanismo de Activación por 0^{n1}
- b).- Método de Análisis por Activación.
- c).- Análisis Cualitativo y Cuantitativo; haciendo uso de A.A. como Técnica Analítica.

IV.- EQUIPO EXPERIMENTAL.

- a).- Reactor Nuclear.
- b).- Sistema de Espectroscopía de Radiación γ .
- c).- Sistema Computarizado de EG y G ORTEC, para - Tratamiento de Datos. (GELIGAM - PROGRAM).

V.- PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

- a).- Preparación de Muestras y Estándares.
- b).- Introducción y Medicón de Muestras y Estándar.

VI.- RESULTADOS EXPERIMENTALES.

VII.- CONCLUSIONES.

VIII.- APENDICES.

- a).- Biblioteca de Estándares de Irradiaciones muy cortas de EG y G ORTEC.

b).- Dedución de período de Semi-desintegración
($T_{1/2}$), a partir de fórmula de Actividad-
y Condiciones Límite.

c).- En que consiste el "Gelígam - Program".

d).- Bibliografía.

CAP. I.- ABSTRACTO.

El Método de Análisis por Activación, es un método analítico muy utilizado en la actualidad, este se fundamenta principalmente en la reacción nuclear (n, γ) ; pero no excluye la utilización de otros tipos de reacciones nucleares. --- Por ejemplo: Conteo de β u otras partículas cargadas.

En nuestro caso se analizaron 4 muestras de minas de la -- unión de pequeños propietarios de minas del Estado de Zaca-- tecas, obtenidas por el M. en C. Carlos R. Flores Jauregui; para la determinación de elementos en estas.

Como fuente de Irradiación, se utilizó un reactor nuclear-- TRIGA MARK II, para la preparación de muestras, un labora-- torio de química y equipo de conteo; todo esto localizado-- en el departamento de Ingeniería Nuclear de la Escuela de-- Ingeniería Mecánica de la Universidad de Texas en Austin.

A su vez se explica el Método Absoluto en Análisis por --- Activación y se explican sus inconvenientes; también se -- explica un método alternativo denominado Método de Compara-- ción, el cual es más sencillo y exacto; y por último se --

explica brevemente la utilización del Método Computarizado de EG y G ORTEC, el cual utilizamos y con el cual solamente es necesario la preparación de un estándar como --- muestra testigo para checar calibración.

Por último la evaluación de resultados.

CAP. II.- INTRODUCCION.

En el presente trabajo, se explicará la técnica analítica de Análisis por Activación por 0^{n1} en su método tradicional; para ello se hablará al principio de un leve repaso de algunas fórmulas tradicionales en física nuclear, para una mejor comprensión; en seguida se explicará el tradicional tratamiento de datos, los cuales contrastaremos -- con el tratamiento de datos actual.

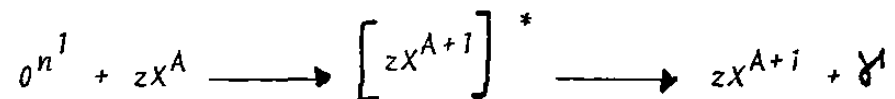
A continuación explicaremos el problema a tratar sobre -- análisis de varias (4) muestras de minas, facilidades experimentales, tratamiento de muestras Pre y Post Irradiación.

Finalmente los resultados experimentales y conclusiones.

CAP. III.- METODO DE ANALISIS POR ACTIVACION.

a).- La reacción (n, γ) ; Mecanismo de Activación por Neutrones.

Si exponemos una muestra de material a un flujo de 0^{n1} térmicos en ésta, se llevará a cabo la reacción (n, γ) , generalmente; entonces:



En forma general podemos decir que estamos produciendo un radioisotopo del elemento normalmente estable en la muestra; éste elemento zX^{A+1}^* empieza a decaer en el tiempo de la forma acostumbrada por las especies radiactivas con su característica constante de desintegración λ .

Por lo tanto la actividad inducida en la muestra irradiada un tiempo t después de $t=0$ es:

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t} \quad \text{--- (1)}$$

Introduciendo el concepto de Vida Media ($T_{1/2}$) - el cual se define como el tiempo necesario para -

que una muestra que exhibe una actividad A_0 en $t=0$, exhiba una actividad $A_0/2$ para cuando $t = T_{1/2}$.

Por lo tanto aplicando la definición anterior en fórmula (1) se tiene que:

Aplicando las condiciones $A(T_{1/2}) = \frac{A_0}{2}$ a la fórmula $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$ deducimos que:

$$T_{1/2} = \frac{.693}{\lambda} \quad \text{--- (2-a)} \quad \text{o} \quad \lambda = \frac{.693}{T_{1/2}} \quad \text{--- (2-b)}$$

(La deducción completa puede verse con el Apéndice B).

Ahora substituyendo la Ec (2-b) en ecuación (1) se obtendrá:

$$A(t) = A_0 e^{-\frac{.693}{T_{1/2}} t} \quad \text{--- (3)}$$

La ecuación (3) puede ser expresada en término de conteo R_t y R_0 correspondientes a las razones de desintegración $A(t)$ y A_0 ; teniendo en cuenta que:

$$\text{Razón de Conteo (R)} = \text{Razón de Desintegración (A)} \times \text{Eficiencia de Conteo del Detector (\epsilon)}$$

$$\text{Entonces } R = A \epsilon. \quad \text{--- (4).}$$

y por tanto quedando Ec (3) aplicando Ec (4) como:

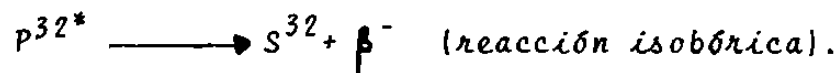
$$R_t = R_0 e^{-\frac{0.693}{T_{1/2}} t} \quad \text{--- (5)}$$

Los procesos mediante los cuales los radionúclidos decaen de estados de energía alta a estados de baja energía son variados; en nuestro caso de análisis por activación, los de mayor importancia son - la emisión β^- , β^+ , emisión γ y captura electrónica orbital.

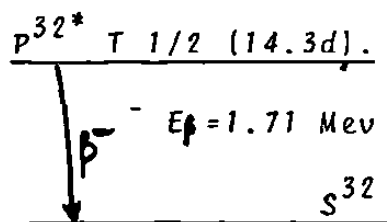
La emisión β ocurre en la gran mayoría de radionúclidos; las partículas β emitidas por un radionúclido dado no son monoenergéticas, sino que exhiben una distribución continua de energía desde cero (0), hasta una energía máxima, la cual es característica del radionúclido emisor; la energía máxima de la mayoría de los emisores β es menor que 2.5 Mev.

Un ejemplo de emisión β lo tenemos con el P^{32*} emisor de β^- cuya $T_{1/2} = 14.3$ días y $E_{\beta} = 1.71$ Mev.

entonces:



Cuyo diagrama de desintegración es:



Y cuyo espectro diferencial β se representa en --
fig. (1).

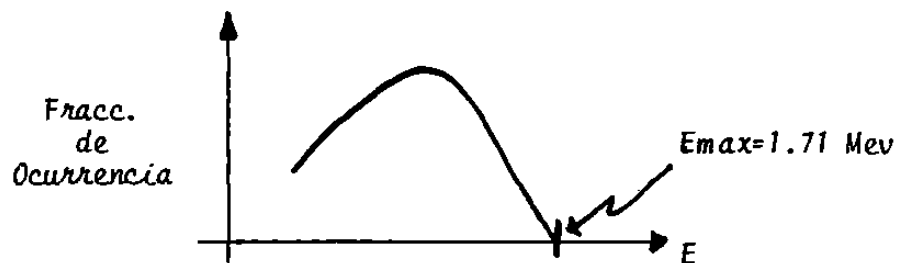


Fig. (1) espectro diferencial β del P^{32*} .

La emisión positrónica (β^+) por un radionúclido es muy parecida a la emisión β^- ; se encontrará también una distribución continua de energía desde cero (0) hasta una energía máxima (E_{max}); la forma del espectro positrónico es ligeramente diferente del espectro β^- , esto debido a las diferentes ---

fuerzas de carácter coulumbino que actúan entre -
nucleo-electrón y nucleo-positrón (C. pares).

La emisión β^+ puede ocurrir cuando la cantidad --
de energía desponible en un nucleo, el cual tiene
una razón baja de neutrón-protón, en cuando menos
1.02 Mev o sea 2 veces la masa en reposo del ---
electrón ($2M_{e^0}$).

La emisión fotónica por parte de un radionúclido-
puede aparecer por 2 caminos diferentes; si la --
emisión del fotón se origina en el nucleo del áto
mo, entonces se denomina fotón γ ; este tipo de -
emisión usualmente es precedido por una emisión -
 β^+ procedente del mismo nucleo; también es posi--
ble que el nucleo capture un electrón orbital ---
(EC) en este caso no se emite fotón γ . Sin embaro
go los electrones orbitales llenan la vacante del
- $1e^0$ absorbido por el nucleo; dando lugar a la --
emisión de rayos X característica del radionúcli-
do producido, el análisis de esas energías de fo-
tones procedentes de la fuente desconocida, nos -
pueden llevar a la identificación del radionúcli-
do.

Por ejemplo, el espectro de altura de pulso de --

una fuente que emite ambos tipos de fotones -- X y γ en nuestro caso es Ce^{144} , la cual se muestra en figura (2).

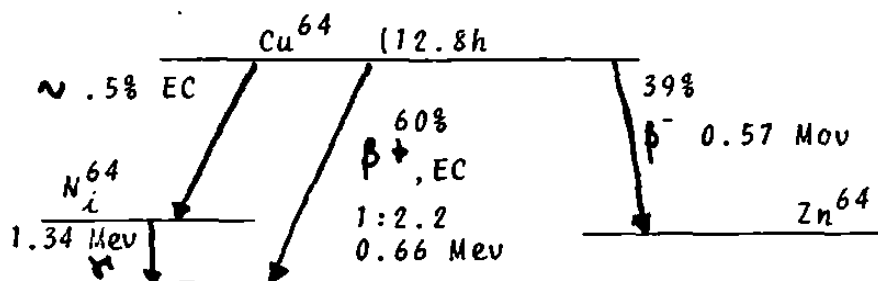


Fig. (2): Espectro de Altura de Pulso Ce^{144} .

La energía de los fotones de la mayoría de los radionúclidos, no exceden de 3 Mev.

Por otra parte los esquemas de decaimiento es un método gráfico muy conveniente en el cual se indica el modo o modos de desintegración para un radionúclido dado:

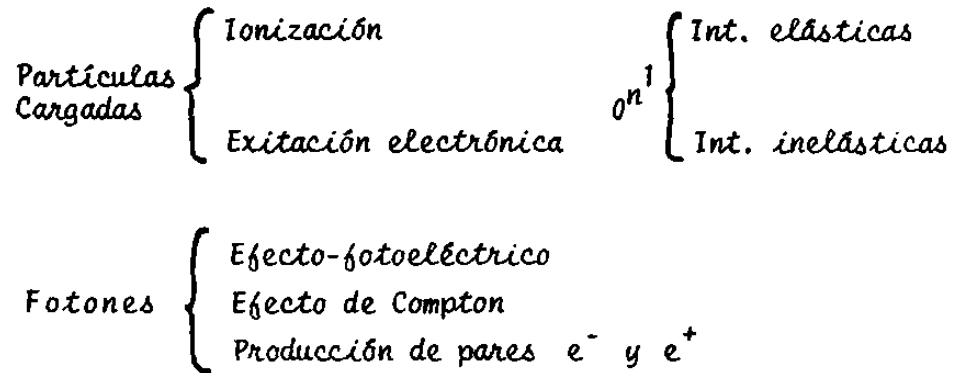
Por ejemplo, para el Cu^{64} se tiene:



Aquí en nuestro caso en un sistema detector de radiación γ bien calibrado, se obtendrá un fotópico en 1.34 Mev o 1340 Kev.

Interacciones de la Radiación con la Materia:

En forma muy general y esquemática, veremos modos generales de interacción de la radiación -- con la materia; haciendo incapie en que el término radiación es utilizado para partículas u ondas: Entonces:



En nuestro caso, ya que estamos trabajando con un sistema de detección γ ; veremos con un poco más de profundidad la interacción de este -- tipo de radiación con la materia.

Cuando un haz de rayo γ monoenergéticos bien -

colimado interactúa con un material de espesor delgado; entonces la intensidad de los rayos en función del material atravesado (espesor) será:

$$I(x) = I_0 e^{-\mu x} \quad (6)$$

Tal que μ (coeficiente de atenuación lineal) es función de la energía y tipo de material; las unidades de μ (cm^{-1}) y por lo tanto:

$$\mu(E) = \tau(E) + \sigma(E) + K(E) \quad (17)$$

Donde $\tau(E)$, $\sigma(E)$ y $K(E)$ nos representan la probabilidad de que sucedan el efecto fotoeléctrico, Compton y producción de pares; lo anterior es importante debido a que en el detector se llevan a cabo cada uno de estos efectos.

Efecto fotoeléctrico: - El fotón γ se considera que actúa con el átomo en conjunto dando como resultado la emisión de un electrón orbital (generalmente de la capa K) tal que la energía cinética del electrón expulsado es:

$$E_{\text{cin}}^{-1e^0} = h\nu - I_0 \quad \text{--- (8)}$$

Donde: I_0 = Función de trabajo o energía de ligazón del $-1e^0$ con el átomo.

$h\nu$ = Es la energía del fotón antes de la interacción.

Cabe decir que este tipo de efecto es de absorción pura, ya que no hay ningún fotón γ dispersado.

Efecto de Compton:- Este es esencialmente una colisión -- elástica entre un electrón libre y el rayo γ , - en este caso la energía y el momento se conservan; tal que la energía cinética del $-1e^0$ después de dicha colisión es:

$$E_{\text{cin}}^{-1e^0} = h\nu - h\nu' \quad \text{--- (9)}$$

La energía del fotón γ dispersado después de la interacción de Compton es determinada mediante - el ángulo entre el rayo γ incidente y el rayo γ dispersado y puede calcularse mediante:

$$hV' = \frac{hV}{1 + \frac{hV}{M_e c^2} (1 - \cos \theta)} \quad (10)$$

Donde: hV' = Energía del fotón dispersado.

hV = " " " incidente.

$M_e c^2$ = Energía en reposo del electrón com-
ton.

θ = Angulo entre fotón γ incidente y-
dispersado.

Producción de Pares:- En este caso, generalmente el fo-
tón γ interactúa en el campo eléctrico del nu-
cleo y en este caso la energía del fotón γ , es
convertida en un par β^+ y β^- ; en este caso po-
demos decir que la energía mínima que debe te-
ner el rayo γ para que pueda suceder este tipo
de efecto es mayor de 1.02 Mev.

Proceso de Detección:

Una vez que el material ha sido irradiado para -
análisis por activación, es necesario distinguir
la naturaleza de las radiaciones mediante el pro-
ceso de detección:

A través del proceso de detección podemos deter
minar:

- 1.- Las energías de esas radiaciones.
- 2.- Tipos de Radiación.
- 3.- Las $T_{1/2}$ de los núclidos presentes en la --
muestra.
- 4.- La cantidad de radiación debida a cada uno-
de los componentes radiactivos de la muestra.

En algunos casos las determinaciones pueden ser hechas di-
rectamente desde la muestra; en otros casos es necesario -
la separación radioquímica.

Existe en el mercado un sinúmero de aparatos para determi-
nación de tipos de radiación, como cámaras de ionización,-
contadores proporcionales, Geiger-Muller, contadores de cen-
telleo, espectrómetros y detectores semiconductores.

El Método de Análisis por Activación es usualmente consi-
derado como un método cuantitativo para análisis de tra---
zas de elementos en una muestra. Sin embargo puede ser ---
usado para hacer un análisis cualitativo rápido y sensitivo.

El método se basa en que la mayoría de los radionucleidos-

exhiben radiación β característica, energía γ y vidas-medias, con lo cual nos queda solamente clasificar las radiaciones que emite el radionucleido usando los aparatos apropiados y remitirnos a la Biblioteca de estándares de elementos en estado puro irradiado, para obtener rápidamente información acerca de los elementos que componen dicha muestra irradiada; sin embargo algunas veces debido a que hay interferencias hay que hacer uso de técnicas de separación radioquímica.

La técnica anteriormente descrita puede expandirse a --- hacer el análisis cuantitativo debido a que la actividad inducida en un elemento en particular en la muestra irradiada es proporcional a la actividad presente de este -- elemento es la muestra, bajo un conjunto de condiciones de irradiación, lo anterior es siempre cierto, sin embargo es necesario enfatizar que no todos los isotopos estables del elemento serán activables durante la irradiación de la muestra; por ejemplo, si tenemos en una muestra irradiada el elemento Fe, entonces hay para este elemento 4 formas isotópicas estables, las cuales son ---- Fe⁵⁴ (5.82%), Fe⁵⁶ (91.66%), Fe⁵⁷ (2.19%) y Fe⁵⁸ (0.33%) y solamente el Fe⁵⁴ y Fe⁵⁸ es susceptible de reacción (n, γ). Por lo tanto, la actividad debido a este elemento será de solamente el 6.15% del total de fierro presente en la

muestra.

Debido a lo anterior, es importante conocer la abundancia isotópica de los elementos involucrados al hacer los cálculos de sensibilidad y mediciones de flujos ϕ^h y decidir que tipos de irradiación debe ser usado para un elemento dado.

La actividad inducida en una muestra no solamente depende de la cantidad de elementos presentes en la muestra irradiada, sino también de:

- a).- La sección transversal del Núclido Blanco (σ).
- b).- Flujo de Irradiación (ϕ).
- c).- Tiempo de Irradiación (t_{irr}).
- d).- Las características de decaimiento del radioelemento formado.

A continuación hablaremos brevemente de cada uno de estos factores:

- a). Sección Transversal (σ).

La Sección Transversal (σ), nos expresa la probabilidad de que un núcleo dado interaccione con las partículas bombardeantes también σ es función de la ---

energía de la partícula incidente, por lo tanto $\sigma(E)$; si utilizamos como partícula bombardeante ${}^1_0\text{T}_h$, entonces hay que acudir a tablas de secciones eficaces de interacción de neutrones térmicos con los elementos para hacer nuestros cálculos de actividad inducida.

b). Flujo de Irradiación (ϕ).

Este expresa el número de partículas bombardeantes que atraviesan la unidad de área en la unidad de tiempo -- (Q part./cm²-Sec.), y simplemente decimos que $\phi \propto \text{Act. Ind.}$

c). Tiempo de Irradiación (t_i).

Este debe ser conocido para calcular la magnitud de la actividad inducida, sin embargo la función tiempo no es lineal durante la irradiación debido a que hay una formación de núclidos radiactivos pero al mismo tiempo hay un decaimiento de esos mismos núclidos, con su constante característica de desintegración (λ).

Después de un tiempo (t_s), las razones de formación y de decaimiento llegan a ser iguales (equilibrio) y se dice que la muestra ha llegado a su actividad de saturación.

La actividad de saturación, es la actividad más alta que puede alcanzar la muestra irradiada a un cierto flujo irradiante; como puede verse en fig. (3).

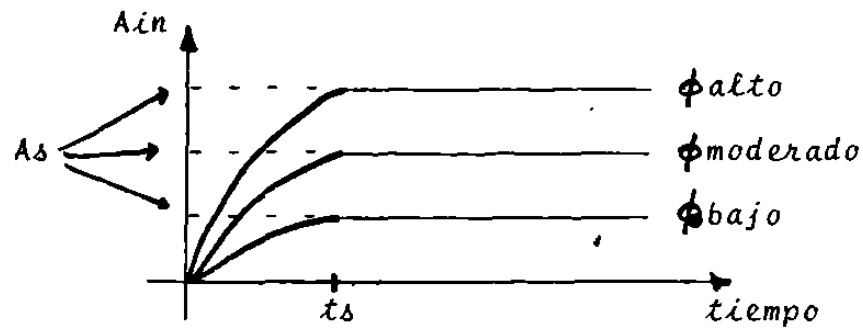


Fig. (3): Gráfica de Actividad Inducida contra tiempo a diferentes flujos (ϕ).

Todos los factores que influyen en la actividad final en una muestra, debido a la activación de un núcleo dado pueden ser expresados por las siguientes ecuaciones:

$$A = N \sigma \phi (1 - e^{-\lambda t_i}) \quad \text{--- (11)}$$

$$\text{Donde: } \lambda = \frac{.693}{T_{1/2}}$$

Entonces:

$$A = N \sigma \phi (1 - e^{-\frac{.695}{T_{1/2}} t_i}) \quad \text{--- (12)}$$

Donde:

A = Actividad inducida presente al final de la --

irradiación (des./sec.).

N = Número de átomos blanco presentes.

σ = Sección transversal (cm^2).

ϕ = Flujo de irradiación ($\text{h}^1/\text{cm}^2\text{-Sec.}$).

t_i = Tiempo de irradiación.

$T_{1/2}$ = Período de semi-desintegración del núcleo
prod.

λ = Cte. de desintegración de especie nuclear
prod.

El término $(1 - e^{-\lambda t_i})$, es algunas veces llamado factor de saturación (5); el tiempo de irradiación (t_i), conviene - que sea grande comparado con el período de semidesintegración del núcleo producido.

Una vez que una muestra a irradiar, bajo un flujo ϕ venga a su tiempo de saturación (t_s), entonces el factor de saturación (5), llega a ser 1 y su actividad a ese punto denominado actividad de saturación, estará dada por:

$$A = N \sigma \phi \quad \text{--- (13)}$$

Donde:

$$N = \frac{N_{av}}{At} \frac{WK}{Wt}$$

$$N_{av} = \text{No. de Avogadro } 6.023 \times 10^{23} \text{ At/mol.}$$

W = Peso del elemento en gr.

K = Abundancia isotópica fraccional de un núcleo blanco dado.

$AtWt$ = Peso atómico del elemento.

Determinaciones Absolutas:

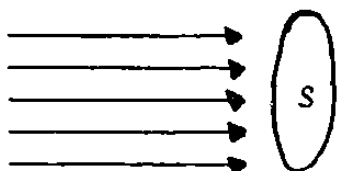
La ecuación de activación anteriormente definida, puede usarse para hacer un análisis para un determinado elemento; para lo cual requerimos que los valores de σ , ϕ , t_i y $T_{1/2}$ sean conocidos para determinar el valor de A ; este tipo de determinación absoluta se complica debido a:

- (a) Las secciones eficaces de la mayoría de los núclidos, son probablemente conocidos no más allá de un 5 a un 15%.

- (b) El flujo puede variar durante el período de irradiación o gradientes de flujo, pueden existir en la muestra, o simplemente el flujo no es conocido con precisión.
- (c) El tiempo necesario para poder hacer medidas de actividad absoluta en la muestra.

Sin embargo veamos dicho proceso:

Sea una muestra de determinado elemento que está bajo un flujo neutrónico con las siguientes características:



$$\phi_{n^1} = (n^1 / \text{cm}^2 \cdot \text{Sec})$$

N = Densidad atómica (At/cm^3).

θ = Abundancia isotópica (%).

ρ = Densidad = (m/v) = gr/cm^3 .

W_a = Peso atómico ($\text{gr}/\text{at-mol}$)

σ_a = Secc. eficaz de activación
(cm^2) = (barns).

t_i = Tiempo de irradiación (Sec).

t_d = Tiempo de decaimiento (Sec).

Entonces: La razón con la cual las partículas proyectil interactúan con las partículas blanco será:

$$\begin{array}{l} \text{Razón de} \\ \text{Interacción} \end{array} = \phi N \sigma_a = \text{No. de núcleos* producidos} \quad - (14).$$

Por lo tanto:

$$\begin{array}{l} \text{Razón de} \\ \text{Incremento} \end{array} = \frac{dN}{dt} = \text{Producción} - \text{Decaimiento} \quad - (15).$$

$$\text{Entonces:} \quad \frac{dN_R}{dt} = \phi N \sigma_a - \lambda N_R \quad - (15a).$$

Para obtener la solución de dicha ecuación diferencial procedemos de la manera siguiente:

$$\frac{dN_R}{dt} = \phi N \sigma_a - \lambda N_R$$

Agrupando:

$$\frac{dN_R}{dt} + \lambda N_R = \phi N \sigma_a$$

Tomando en cuenta que: $N \sigma_a = \Sigma_a$

Entonces:

$$\frac{dN_R}{dt} + \lambda N_R = \sum a \phi.$$

Multiplicando ambos miembros de la ecuación anterior por $e^{\lambda t}$ se tiene:

$$e^{\lambda t} \left(\frac{dN_R}{dt} + \lambda N_R \right) = \sum a \phi e^{\lambda t}$$

Tal que:

$$\frac{d}{dt} (N_R e^{\lambda t}) = \sum a \phi e^{\lambda t}$$

Integrando ambos miembros de la ecuación con respecto a t con límites desde $t=0$ hasta $t=t_i$:

$$\int_0^{t_i} \frac{d(N_R e^{\lambda t})}{dt} dt = \sum a \phi \int_0^{t_i} e^{\lambda t} dt$$

Para obtener:

$$N_R e^{\lambda t_i} = \frac{\sum a \phi}{\lambda} (e^{\lambda t_i} - 1)$$

Ahora multiplicando ambos miembros de Ec. anterior por $e^{-\lambda ti}$ entonces:

$$N_R e^{\lambda ti} e^{-\lambda ti} = \frac{\sum a \phi}{\lambda} (e^{\lambda ti} - 1) e^{-\lambda ti}$$

Tal que: $N_R = \frac{\sum a \phi}{\lambda} (1 - e^{-\lambda ti})$ — (16)

Donde N_R es el No. de nucleos* presentes al final del tiempo $t=ti$ producidos.

Ahora si $N_R = N(ti) = Ni$ y aplicando condiciones iniciales de que en $t=0$ $N_R=0$ entonces:

$$Ni (ti) = \frac{\sum a \phi}{\lambda} (1 - e^{-\lambda ti})$$
 — (17)

Precisamente en el momento en que es suspendida la irradiación empieza el decaimiento.

Entonces los Ni átomos radiactivos presentes al final del tiempo ti (final del tiempo irradiación), empiezan a decaer con el tiempo, con su característica constante de desintegración del radionúclido producido: Entonces sea t_d , el tiempo de decaimiento; entonces:

$$N_i (t=t_d) = N_d = N_i e^{-\lambda t_d} \quad \text{--- (18)}$$

$$\text{Donde: } N_i = \frac{\sum a \phi}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t_i})$$

Substituyendo el valor de N_i en Ec. (18) se tiene:

$$N_d = \frac{\sum a \phi}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t_i}) e^{-\lambda t_d} \quad \text{--- (18-a)}$$

Ahora definiendo actividad se tiene:

$$A_c = \left| - \frac{dN_d}{dt} \right| = \lambda N_d \quad \text{--- (19)}$$

Quedando de la siguiente manera:

$$V \times A_c \left(\frac{\text{des}}{\text{cm}^3 \cdot \text{Sec}} \right) = \theta \sum a \phi (1 - e^{-\lambda t_i}) e^{-\lambda t_d} \times V \quad \text{--- (20)}$$

Pero $V = \frac{m}{\rho}$ Sustituyendo en Ec(20)

$$A_c \left(\frac{\text{des}}{\text{Sec}} \right) = \frac{\theta \sum a \phi m}{\frac{N \times W_a}{N_{av}}} (1 - e^{-\lambda t_i}) e^{-\lambda t_d}$$

Pero $\sum a = N \sigma_a$.

Entonces:

$$A_c = \frac{N_{av} \sigma_a \phi m}{W_a} (1 - e^{-\lambda t_i}) e^{-\lambda t_d} \quad (20-b)$$

Ahora teniendo en cuenta que:

$$\text{Razón de Cuentas Observadas} = \text{Razón de Desintegración} \times \text{eficiencia del detector.}$$

Entonces $R = A.C. \quad (21)$

Tal que la actividad en el fotópico (PA) es:

$$PA = \frac{\sigma_a N_{av} m}{W_a} \phi (1 - e^{-\lambda t_i}) e^{-\lambda t_d} \frac{(1 - e^{-\lambda t_c})}{\lambda} \epsilon I_M \quad (22)$$

Donde:

$$\frac{(1 - e^{-\lambda t_c})}{\lambda} = \text{Término de corrección por conteo si } t_c \approx T_{1/2}$$

Si $t_c < T_{1/2}$ entonces se desprecia.

ϵ = Eficiencia intrínseca del detector.

I_M = % de intensidad M ; este término es igual a 1 si el isótopo producido tiene 1 so la manera de desintegración.

Finalmente:

$$PA = \frac{\sigma_a N_{av} m}{W_a \lambda} \phi (1 - e^{-\lambda t_i}) e^{-\lambda t_d} (1 - e^{-\lambda t_c}) \epsilon I_M \quad (22-a)$$

y finalmente, podemos decir que la actividad en el fotópico (PA), es proporcional a la cantidad de elemento presente en la muestra.

Sin embargo, cuando este procedimiento es usado aún teniendo el mayor cuidado, no pueden lograrse precisiones no mayores del 20%; debido a las causas que especificamos anteriormente.

Debido a lo anterior en análisis por activación, se utiliza un método alternativo conocido como técnicas de comparación, la cual elimina muchas de las incertidumbres del Método Absoluto.

Esta técnica comparativa, consiste en irradiar simultáneamente la muestra a analizar junto con un estándar en estado puro y de peso conocido del elemento a estudiar, llevándose a cabo la irradiación por el mismo tiempo y flujo (Se irradian en forma conjunta).

Bajo condiciones ideales, las actividades específicas (razón desint./peso de elemento) de ambos, estándar y muestra son las mismas, y por lo tanto uno puede contar (muestra desconocida y estándar) bajo idénticas condiciones; las eficiencias de conteo ϵ_s y ϵ_x son iguales y por lo-

tanto podemos utilizar la relación.

$$\frac{W_x}{A_x} = \frac{W_s}{A_s} \quad \text{--- (23)}$$

Tal que: $W_x = \frac{W_s A_x}{A_s} \quad \text{--- (23-a)}$.

y utilizando la relación $R_x = A_x \epsilon_x$ y $R_s = A_s \epsilon_s$

$$W_x = \frac{W_s R_x}{R_s} \quad \text{--- (23-b)}$$

Donde:

W_x = Peso del elemento x en la muestra.

W_s = Peso del elemento x en el estándar.

A_x = Razón de desintegración del elemento x en muestra.

A_s = Razón de desintegración del elemento x en estándar.

R_x y R_s = Razón de conteo de elemento x en estándar y muestra bajo estudio.

ϵ_x = Eficiencia de conteo en muestra.

ϵ_s = Eficiencia de conteo en estándar.

La elección de un estándar es un asunto de gran importancia debido a los factores siguientes:

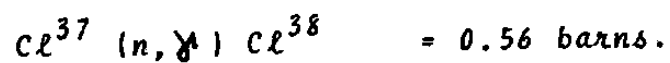
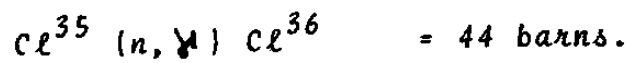
- 1.- El estándar debe ser de alta pureza.
- 2.- El estándar debe tener solamente una especie activa (óxidos, nitratos, oxalatos, carbonatos-- y formas elementales, son preferibles a cloruros, y yoduros).
- 3.- El estándar debe ser fácilmente soluble en solventes convencionales.
- 4.- El estándar debe ser no higroscópico y fácilmente ser pesado.
- 5.- El estándar debe ser resistente a la radiación - y a la descomposición térmica.

Cálculo de Sensitividad:

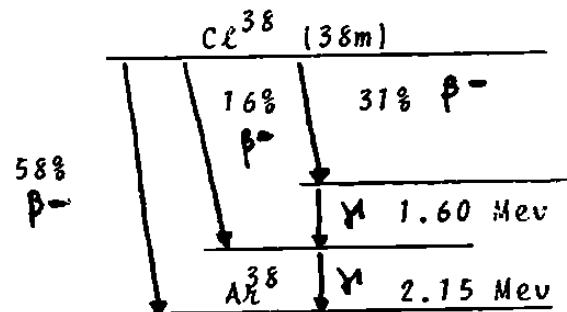
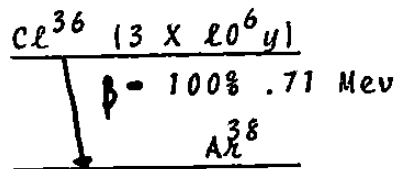
Veamos un ejemplo de límites de sensitividad de la técnica para un elemento, por ejemplo el Cl.

Entonces para Cl $\left\{ \begin{array}{l} \text{Cl}^{35} \text{ abundancia } .754 \\ \text{Cl}^{37} \text{ abundancia } .246 \end{array} \right.$

Las reacciones nucleares son:



Los diagramas de decaimiento de las 2 especies isotópicas producidas son:



Suposiciones.

$$\phi = 10^{12} \text{ } \text{oh}^1 / \text{em}^2 - \text{Sec.}$$

$$t_i = 10^3 \text{ Sec.}$$

$$w_{\text{Cl}} = 1 \text{ } \mu\text{gr.}$$

Primero calculamos el No. de átomos presentes en el μ gr. Cl.

Entonces:

$$N = \frac{w_{Cl} \times N_{av}}{wt \text{ At Cl}} = \frac{1 \mu\text{g} \times 6.023 \times 10^{23} \text{ At/mol}}{35.45 \text{ g/mol.}}$$

$$N = 1.66 \times 10^{16} \text{ At. de Cl.}$$

Por lo tanto:

$$N_{Cl^{35}} = 1.66 \times 10^{16} \times .754 = 1.25 \times 10^{16} \text{ At. Cl}^{35}$$

$$N_{Cl^{37}} = 1.66 \times 10^{16} \times .246 = 0.41 \times 10^{16} \text{ At. Cl}^{37}$$

La actividad inducida en la muestra de Cl cuando se expone a un flujo ϕ durante un tiempo de irradiación, es:

$$A = N \sigma \phi (1 - e^{-\lambda t_i}) \quad \text{--- (24)}$$

La actividad inducida en los átomos de Cl^{36} será:

$$A_{Cl^{36}} = (1.25 \times 10^{16}) (10^{12}) (44 \times 10^{-24}) [1 - \exp(7.32 \times 10^{-14} \text{ Sec}^{-1}) (10^3 \text{ Sec})]$$

Para valores pequeños de λt_i entonces $1 - e^{-\lambda t_i} \cong \lambda t_i$

Por lo tanto:

$$A \text{ Cl}^{36} = (1.25 \times 10^{16}) (10^{12}) (44 \times 10^{-24}).$$

$$(7.32 \times 10^{-14}) (10^3).$$

$$A \text{ Cl}^{36} = 7 \times 10^{-5} \text{ des./Sec./} \mu\text{g.}$$

Por lo tanto sensitividades basadas en la formación de este producto son muy pobres.

Para Cl^{38} tendremos:

$$A \text{ Cl}^{38} = (4.1 \times 10^{15}) (10^{12}) (5.6 \times 10^{-25}) \left[1 - e^{-\frac{.693 \times 10^3 \text{ Sec}}{2.22 \times 10^3 \text{ Sec}}} \right]$$

$$A \text{ Cl}^{38} = 5.7 \times 10^4 \text{ des./Sec./} \mu\text{g.}$$

Si los cálculos están en el conteo de β^- ; 100% β^- , como está indicado en esquema de decaimiento y la eficiencia típica de un Geiger - Muller es de 9.5%, o sea $\epsilon = 9.5\%$, entonces la razón de conteo será:

$$3.7 \times 10^4 \text{ des/Sec/} \mu\text{g} \times 100\% \times 9.5\% = 3.5 \times 10^3 \text{ cuentas/min/} \mu\text{g.}$$

Para una desviación estándar en conteo del 10% (100 cuentas totales, probablemente el más bajo límite práctico),

por lo tanto el más bajo límite de determinación es:

$$\frac{10^2 \text{ cuentas/min.}}{3.5 \text{ cuentas/min./} \mu\text{g}} = 2.9 \times 10^{-2} \mu\text{g.}$$

Si nos basamos en la detección γ , generalmente la eficiencia del conteo $\epsilon = 20\%$ y de acuerdo al esquema de desintegración hay un 47% de transiciones γ ; entonces la razón de conteo será de:

$$3.7 \times 10^6 \text{ des/min/} \mu\text{g.} \times 47\% \times 20\% = 3.5 \times 10^3 \text{ cuentas/min/} \mu\text{g.}$$

y por lo tanto el límite más bajo de determinación será:

$$2.9 \times 10^{-2} \mu\text{g.}$$

ERRORES:

El uso de la técnica de comparación, elimina muchos de los problemas errores asociados con el análisis por activación; usando esa técnica lo que debe reconocerse es que ciertas diferencias en las características físicas de la muestra y el comparador u, estándar pueden llevarnos a errores significantes.

Esos errores son debido al autoblindaje neutrónico que exhiben algunas materias sólidas, o a la alta sección eficaz de algunas componenetes de la muestra en crecimiento del flujo térmico por moderación de neutrones epitérmicos dentro de muestras en estado acuoso.

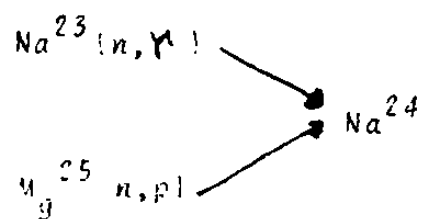
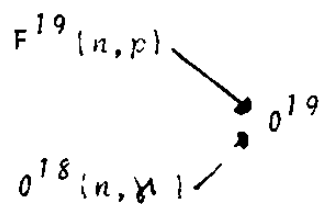
El efecto de autoblindaje neutrónico, puede anularse utilizando muestras muy pequeñas; otro método de corrección involucra la adicción del elemento deseado a una porción de la muestra, ambas muestras conocida y desconocida son irradiadas, y la actividad específica del elemento deseado es calculada por diferencias de actividad.

El efecto de termalización en muestras acuosas, deja de ser importante si la muestra y el estándar a irradiar, tienen el mismo volumen de agua; por lo tanto, no es buena práctica irradiar la muestra en un estado físico y el estándar en otro.

Otro efecto que puede conducir a errores en análisis por activación, es aquel de reacciones competitivas; esas reacciones pueden ocurrir directamente (Interferencia Primaria) o como Interferencia de 2o. Orden.

La Interferencia Primaria, ocurre cuando las reacciones-

tienen lugar con los núclidos originales en la muestra, -
por ejemplo:



Las interferencias de 2o. Orden ocurren y son debidas a los radionúclidos producidos en su decaimiento.

CAP. V.- PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

- a) Preparación de muestras y estándar para chequeo de nuestro sistema.

En la preparación y manejo de muestras y estándar para la irradiación en el reactor nuclear IRIGA, se debe tener especial cuidado al aspecto contaminación, ya que los elementos que se adhieren en las muestras a irradiar pueden interferir con el espectro que vamos a analizar.

Para evitarlo, se hace necesario lavar los recipientes de polietileno que contendrán las muestras a irradiar, con jabón para usos nucleares, agua desionizada con ácido nítrico al 10%, posteriormente agua desionizada con ácido cítrico al 4% para después dejarlos secar y luego limpiarlos con acetona; cabe decir que todo el procedimiento anterior y todo manejo posterior de estos recipientes, así como la preparación de muestras, se tiene que hacer con guantes.

También cada una de las muestras y el estándar, se pesaron individual y cuidadosamente en una balanza

con precisión de décimas de miligramo.

En nuestro caso se prepararon 5 muestras incluyendo el estándar de Sn. Los cuales enlisto a continuación:

MUESTRA	PESO
M-35	49.62 mg.
M-3	54.60 mg.
M-2	51.20 mg.
M-9	51.24 mg
* Sn-Std	1.8 μ gr. en 90 μ l.

* Para la preparación del Sn-Std, se procedió de la siguiente manera; se disponía solamente del compuesto Sn Cl₂ 2H₂O en estado puro (99.999%) en polvo y cuyo peso molecular es de 225.65, entonces:

1 Mol de $\text{Sn Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ pesa 225.65 gr. y contiene 118.69 gr de Sn. entonces:

$$\frac{225.65 \text{ gr. de } \text{Sn Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}{118.69 \text{ gr. Sn}} = \frac{X \text{ gr. de } \text{Sn Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}{.2 \text{ gr. de Sn}}$$

$$y \quad X = \frac{.2 \times 225.65}{118.69} = .38033 \text{ gr. de } \text{Sn Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}.$$

Por lo tanto:

380.23 mg. de $\text{Sn Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ contienen .2 gr. de Sn.

El siguiente paso fué disolver los 380.23 mg. de $\text{Sn Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en 10 ml. de ácido clorídrico (HCl) y calentar entre 80-90°C, hasta que se disuelva completamente; --- ya ocurrido esto, se añade agua desionizada hasta obtener 100 ml.

Entonces:

100 ml. contienen .2gr de Sn
 100,000 μ l. " .2gr de Sn

Posteriormente se prepara el estándar de 90 μ l, del cual podemos conocer el contenido de Sn de la manera siguiente:

$$\begin{array}{r} 100,000 \mu\text{l} \text{ --- } .2\text{gr Sn.} \\ 90 \mu\text{l} \text{ --- } x \end{array} = x = \frac{.90 \times .2}{100,000} = .0000018\text{gr.}$$

contenido de Sn en estándar es 1.8 μ g.

Este estándar de Sn, servirá para checar nuestro sistema si es buena la calibración; pues este estándar se irradiará junto con las muestras a analizar.

b) Irradiación y Medición de Muestras:

En nuestro caso de irradiación se llevó a cabo en el reactor nuclear TRIGA, utilizando el sistema neumático para períodos de irradiación de 3 minutos y en este caso, el reactor trabajando a su máxima potencia para estado estable, que es de 250 Kw y cuyo flujo neutrónico térmico es de $2 \times 10^{12} \text{ } 0^{\text{h}^1} \text{ } / \text{em}^2 \text{-Sec.}$

Tomando a su vez en cuenta y en forma individual para cada una de las muestras; la hora de inicio de irradiación, tiempo de irradiación, hora de final de irradiación e inicio de tiempo de decaimiento y por supuesto el tiempo de conteo, para poder suministrar es tos datos a la computadora para que haga las correcciones necesarias.

CAP. IV.- EQUIPO EXPERIMENTAL.

a).- Reactor Nuclear.

El Reactor Nuclear con que se llevó a cabo dicho trabajo en la Universidad de Texas, en Austin, es un reactor TRIGA MARK I (TRAINING RESERCH ISOTOPES GENERAL ATOMIC), cuyas siglas nos indican su finalidad que es el entranamiento e investigación y producción de radioisotopos. Este tipo de reactor es muy seguro, es el tipo heterogéneo; cuyo combustible es Uranio y está mezclado en forma de aleación con Hidruro de Zirconio y como refrigerante, y a la vez como moderador utiliza agua.

Este tipo de reactor puede operar en forma normal, en estado estable a una potencia de 250 Kw; pero también puede trabajar en operación pulsada a 250 Mw.

El flujo de 0^h^1 (neutrones), utilizado en nuestro caso para la irradiación de las muestras, fué de $2 \times 10^{12} \text{ } 0^h^1 / \text{cm}^2 \text{-Sec.}$ que es el que se tiene cuando se opera el reactor a una potencia de 250 Kw.; y la facilidad de irradiación, fué el sistema neumático.-

(Pneumatic Transfer System o Rabbit).

b).- Facilidades de Irradiación en este tipo de --
Reactor son:

I).- Las muestras grandes pueden ser irradiada--
das en algún lugar adyacente al corazón -
del reactor.

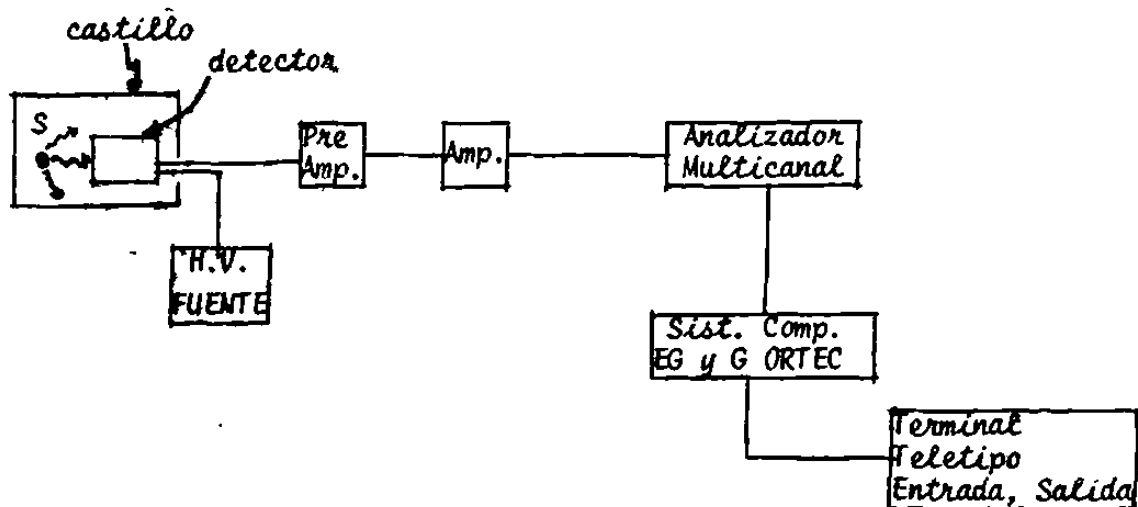
II).- El soporte giratorio de muestras (Rotary-
Specimen Rack), el cual consiste de un --
anillo de aluminio que contiene 40 depósi-
tos para guardar a los contenedores de ma-
teriales a irradiar; dichos contenedores-
son de 4 pulgadas de longitud, 1 pulgada-
de diámetro y un volumen de aprox. 25 ml.
y son de plexiglass; este mecanismo es --
utilizado en irradiación de muestras para
períodos del orden de 1 o varias horas --
(Long irradiation).

III).- El sistema neumático (Pneumatic Transfer-
System o Rabbit), el cual fué utilizado -
por nosotros, consiste de 2 tubos que ---
guían a la cámara de irradiación, la cual

está localizada en el corazón del reactor; en este caso la muestra a irradiar se trasladan rápidamente hacia adentro y afuera de la cámara de irradiación por medio de aire comprimido; -- este mecanismo es utilizado para períodos de -- irradiación de varios segundos a minutos generalmente. (Short Irradiation o' very Short Irradiation), y es conveniente para la producción de radioisotopos de vida media corta.

- a).- El tubo experimental central (Central Experimental tube), es un tubo de irradiación en el centro del corazón del reactor, el cual permite irradiar muestras en la región de más alta densidad neutrónica.

- b).- Sistema de espectroscopía de Radiación.



El sistema de espectroscopia utilizado en nuestro trabajo es un detector coaxial de Germanio hiper puro (HP Ge). -- Modelo GEM-20180-5; CFG-SV-GEM con un volumen activo de -- 96.1 C.C. y dimensiones de 50.4 mm. diámetro por 53.7 mm. longitud, con ventana de aluminio de 1 mm. de espesor, -- distante del detector 6mm. cuya fuente de alto voltaje es de 3000 Volts, polaridad (+) cuya eficiencia garantizada al 20% de la razón del área bajo el fotópico de un cristal de NaI(Tl) de dimensiones de 3" X 3", medido a 1.33 -- Mev (fotones) con una distancia entre fuente y detector de 25 cms.

El detector está acoplado a un analizador multicanal, --- modelo 7010 Stand-alone DAA. (Data Acquisition and analysis system), cuya memoria es de 4096 canales y el cual está -- concentrado a un sistema computacional de EG y G ORTEC, -- modelo 1150, el cual se encarga de analizar el espectro -- capturado por el analizador multicanal y compararlo con -- el que tiene almacenado en su memoria, utilizando para -- ello el programa Gelligam AN2 y AN1, dado en discos (FLO--PPING DISCKS).

En nuestro caso el sistema ya está calibrado al nivel 9, por lo tanto no fué necesario hacer una curva de calibración con fuentes estándar calibradas que son generalmente

de Ce, Ba, Co, como normalmente se hace.

También está acoplado a este sistema una impresora marca Texas Instruments, modelo OMNI 800, con la cual podemos pedir información y mandar a la computadora a que tipo de biblioteca de estándares referirse.

Una información acerca de como operar el programa Geligam, puede verse en el apendice (1).

CAP. VI.- RESULTADOS EXPERIMENTALES.

Los resultados de las muestras bajo estudio (M-2, -
M-3, M-9 y M-35) y por supuesto incluyendo el es-
tándar de Sn, fueron obtenidas utilizando para ---
esto el sistema computarizado de EG y ORTEG EG
(Ligam-Program), y haciendo uso de la Biblioteca de
estándares de irradiaciones cortas; dichos resul-
tados se adjuntan a continuación, en forma de lis-
tado que nos proporcionó dicho sistema en formas -
continuas.

SPECTRUM
001435.SPC

ACQUISITION STARTED
15-AUG-84 09:20:16

LIVE
180

REAL
293

SAMPLE
UNIVERSITY OF NVEVO LEON
SAMPLE M-3

DETECTOR SYSTEM
ORTEC #GEM-20180-S CFG-SV-GEM; SS# 22-P-769A
50.4MM BY 53.7MM; 96.1CC.; 1.MM AL; 6.MM GAP

CALIBRATION LVL9.CLB
EUROPIUM CALIBRATION STANDARD 1.0 UNITS
CHANGER POSITION LEVEL 9.0

LIBRARY DK:VSHORT.LIB
STANDARD WPA TABLE FILE VSHORT
START,STOP 50, 4000 SENS(%) 25 MULTIPLIER 164948.5
DECAY CORRECTED TO 15-AUG-84 09:09:46

***** SUMMARY OF NUCLIDES IN SAMPLE *****

NUCLIDE	TIME CORRECTED ACTIVITY BECQUERELS	TIME CORRECTED UG/G	PERCENT UNCERTAINTY COUNTING 1 S
AL-28	1.011E+07	1.272E+04	1.4
TI-51	8.100E+05	9.057E+04	0.9
V-52	9.274E+06	1.086E+03	0.6
MG-27	1.025E+05	5.710E+03	14.2

***** UNUSED PEAKS *****

ELAPSED TIME: 111.00 SECONDS
UFD=DY1:MEX007/V:4

NAAC 1 <3.2 > 15-AUG-84 12:12:07 PAGE 1

SPECTRUM ACQUISITION STARTED LIVE REAL
001437.SPC 15-AUG-84 09:27:10 180 198

SAMPLE
UNIVERSITY OF NVEVO LEON
SAMPLE M-9

DETECTOR SYSTEM
ORTEC #GEM-20180-S CFG-SV-GEM; SS# 22-P-769A
50.4MM BY 50.7MM; 96.1CC.; 1.MM AL; 6.MM GAP

CALIBRATION LVL9.CLB
EURPTIUM CALIBRATION STANDARD 1.0 UNITS
CHANGED POSITION LEVEL 9.0

LIBRARY DK:V-HERT.LIB
STANDARD WFA TABLE FILE VSHORT
START, STOP 50, 4000 (SENS%) 25 MULTIPLIER 144948.5
DECAY CORRECTED TO 15-AUG-84 09:22:55

***** SUMMARY OF NUCLIDES IN SAMPLE *****

NUCLIDE	TIME CORRECTED ACTIVITY BECQUERELS	TIME CORRECTED UG/G	PERCENT UNCERTAINTY COUNTING 1 S
AL-28	3.107E+06	4.165E+03	0.7
TI-51	< 3.0E+03		
V-52	7.270E+05	9.076E+01	1.1
MG-27	< 1.9E+04		

***** UNUSED PEAKS *****

EI AP: FT TIME: 111.00 SECONDS
UFO=DY1: MEX008/V:4

SPECTRUM
001438.SPC

ACQUISITION STARTED
15-AUG-84 09:38:09

LIVE
180

REAL
257

SAMPLE
UNIVERSITY OF NUEVO LEON
SAMPLE M-2

DETECTOR SYSTEM
ORTEC #GEM-20180-S CFG-SV-GEM: SS# 22-P-769A
50.4MM BY 53.7MM; 96.1CC.; 1.MM AL; 6.MM GAP

CALIBRATION LVL9.CLB
EUROPIUM CALIBRATION STANDARD 1.0 UNITS
CHANGER POSITION LEVEL 9.0

LIBRARY FNK:VSHORT.LIB
STANDARD WPA TABLE FILE VSHORT
START,STOP 50, 4000 SENS(%) 25 MULTIPLIER 164948.5
DECAY CORRECTED TO 15-AUG-84 09:36:47

***** SUMMARY OF NUCLIDES IN SAMPLE *****

NUCLIDE	TIME CORRECTED ACTIVITY BECQUERELS	TIME CORRECTED UG/G	PERCENT UNCERTAINTY COUNTING 1 S
AL-28	3.932E+06	5.204E+03	0.5
TI-51	< 6.0E+03		
V-52	1.865E+05	2.299E+01	3.0
MG-27	< 2.2E+04		

***** UNUSED PEAKS *****

ELAPSED TIME: 111.00 SECONDS
UFO=DY1:MEX009/V:4

SPECTRUM
001439.SPC

ACQUISITION STARTED
15-AUG-84 09:48:53

LIVE
180

REAL
309

SAMPLE

UNIVERSITY OF NUEVO LEON
SAMPLE M-35

DETECTOR SYSTEM

ORTEC #GEM-20150-S CFG-SV-GEM; SS# 22-F-769A
53.4MM BY 53.7MM; 96.1CC.; 1.MM AL; 6.MM GAP

CALIBRATION LEVELS

EUROPIUM CALIBRATION STANDARD 1.0 UNITS
CHANGER POSITION LEVEL 9.0

LIBRARY DF:VSHORT.LIB

STANDARD WPA TABLE FILE VSHORT

START,STOP 50. 4000 SENS(%) 25 MULTIPLIER 164948.5

DECAY CORRECTED TO 15-AUG-84 09:43:06

***** SUMMARY OF NUCLIDES IN SAMPLE *****

NUCLIDE	TIME CORRECTED ACTIVITY BECQUERELS	TIME CORRECTED UG/G	PERCENT UNCERTAINTY COUNTING 1 S
AL-28	3.690E+03	5.109E+13	1.3
TI-51	0.13E+04		
V-52	7.970E+05	1.028E+02	2.0
MG-27	7.900E+04	4.843E+03	11.9

***** UNUSED PEAKS *****

1014.00 * MG-27

ELAPSED TIME: 113.00 SECONDS

UFD=001:MEX010/V:4

SPECTRUM
001440.SPC

ACQUISITION STARTED
15-AUG-84 09:55:49

LIVE
180

REAL
218

SAMPLE
UNIVERSITY OF NVEVO LEON
STANDARD SN

DETECTOR SYSTEM
ORTEC #GEM-20180-S CFG-SV-GEM; SS# 22-P-769A
50.4MM BY 53.7MM; 96.1CC.; 1.MM AL; 6.MM GAP

CALIBRATION LVL 9.0LE
EUROFIUM CALIBRATION STANDARD 1.0 UNITS
CHANGER POSITION LEVEL 9.0

LIBRARY DK:VSHORT.LIB
STANDARD WPA TABLE FILE VSHORT
START+STOP 50, 4000 SENS(%) 25 MULTIPLIER * 16.4948.5
DECAY CORRECTED TO 15-AUG-84 09:50:17

***** SUMMARY OF NUCLIDES IN SAMPLE *****

NUCLIDE	TIME CORRECTED ACTIVITY BECQUERELS	TIME CORRECTED UG/G	PERCENT UNCERTAINTY COUNTING 1 S
SN-113M	< 2.8E+05		
SN-123M	1.307E+04	1.800E+00	5.4
SN-125M	1.475E+05	1.800E+00	1.1

***** UNUSED PEAKS *****

ELAPSED TIME: 99.00 SECONDS
UFC=DY1:MEX011/V:4

SPECTRUM
001435.SPCACQUISITION STARTED
15-AUG-84 09:20:16LIVE
180REAL
293

SAMPLE

UNIVERSITY OF NVEVO LEON
SAMPLE M-3

DETECTOR SYSTEM

ORTEC #GEM-20180-S CFG-SV-GEM; SS# 22-P-769A
50.4MM BY 53.7MM; 96.1CC.; 1.MM AL; 6.MM GAP

CALIBRATION LVL9.CLB

EUROPIUM CALIBRATION STANDARD 1.0 UNITS
CHANGER POSITION LEVEL 9.0

LIBRARY DK:VSHORT.LIB

STANDARD WFA TABLE FILE

VSHORT

START,STOP 50, 4000 SENS(%) 25 MULTIPLIER

164948.5

DECAY CORRECTED TO 15-AUG-84 09:09:46

***** SUMMARY OF NUCLIDES IN SAMPLE *****

NUCLIDE	TIME CORRECTED ACTIVITY BECQUERELS	TIME CORRECTED UG/G	PERCENT UNCERTAINTY COUNTING 1 S
SN-113M	< 4.2E+05		
SN-123M	< 4.2E+03		
SN-125M	< 1.3E+04		

***** UNUSED PEAKS *****

ELAPSED TIME: 99.00 SECONDS
UFU=DY1:MEX007/V:4

SPECTRUM
001437.SPC

ACQUISITION STARTED
15-AUG-84 09:27:10

LIVE
180

REAL
198

SAMPLE

UNIVERSITY OF NVEVO LEON
SAMPLE M-9

DETECTOR SYSTEM

ORTEC #GEM-20180-S CFG-SV-GEM; SS# 22-P-769A
50.4MM BY 53.7MM; 96.1CC.; 1.MM AL; 6.MM GAP

CALIBRATION LVL^o.CLB

EUROPIUM CALIBRATION STANDARD 1.0 UNITS
CHANGER POSITION LEVEL 9.0

LIBRARY DK:VSHORT.LIB

STANDARD WPA TABLE FILE

VSHORT

START,STOP 50, 4000 TENC(%) 25 MULTIPLIER

164948.5

DECAY CORRECTED TO 15-AUG-84 09:22:55

***** SUMMARY OF NUCLIDES IN SAMPLE *****

NUCLIDE	TIME CORRECTED ACTIVITY BECQUFRELS	TIME CORRECTED H/G	PERCENT INTER AINTY COUNTING 1
SN-113M	< 1.8E+05		
SN-121	< 1.4E+03		
SN-125M	< 2.5E+03		

***** I.D PEAKS *****

ELAPSED TIME: 45.0 SECONDS
UFO=BY1:ME X 1/4

SPECTRUM
001438.SPC

ACQUISITION STARTED
15-AUG-84 09:38:08

LIVE
180

REAL
257

SAMPLE
UNIVERSITY OF NVEVO LEON
SAMPLE M-2

DETECTOR SYSTEM
ORTEC #GEM-20180-S CFG-SV-GEM; SS# 22-F-769A
50.4MM BY 53.7MM; 96.1CC.; 1.MM AL; 6.MM GAP

CALIBRATION LVL9.CLB
EUROPIUM CALIBRATION STANDARD 1.0 UNITS
CHANGER POSITION LEVEL 9.0

LIBRARY DK:VSHORT.LIB
STANDARD WPA TABLE FILE VSHORT
START,STOP 50, 4000 SENS(%) 25 MULTIPLIER 164948.5
DECAY CORRECTED TO 15-AUG-84 09:36:47

***** SUMMARY OF NUCLIDES IN SAMPLE *****

NUCLIDE	TIME CORRECTED ACTIVITY BECQUERELS	TIME CORRECTED UG/G	PERCENT UNCERTAINTY COUNTING 1 S
SN-113M	< 4.0E+05		
SN-127M	< 3.7E+03		
SN-129M	< 3.8E+03		

***** UNUSED PEAKS *****

ELAPSED TIME: 93.00 SECONDS
LFO=DY1:MEX009/V:4

SPECTRUM
001407.3PC

ACQUISITION STARTED
15-AUG-84 09:48:53

LIVE
180

REAL
309

SAMPLE
UNIVERSITY OF MEXICO LEON
SAMPLE #35

DETECTOR SYSTEM
ORTEC #GEM-20180-S CFG-SV-GEM; 99# 22-P-703F
EO.4MM BX 53.7MM; 96.100.; 1.MM AL; 6.MM GP

CALIBRATION LEVEL 0.0
EUROPIUM CALIBRATION STANDARD 1.0 UNITS
CHANGER POSITION LEVEL 9.0

LIBRARY DRIVESHORT.LIB
STANDARD REF TABLE FILE VSHORT
START,STOP 50, 4000 SENS(%) 25 MULTIPLIER * 164948.5
DECAY CORRECTED TO 15-AUG-84 09:48:06

***** SUMMARY OF NUCLIDES IN SAMPLE *****

NUCLIDE	TIME CORRECTED ACTIVITY BECQUERELS	TIME CORRECTED US/G	PERCENT UNCERTAINTY COUNTING 1 S
SN-113M	< 4.1E+05		
SN-123M	< 4.2E+03		
SN-125M	< 8.6E+03		

***** UNUSED PEAKS *****

ELAPSED TIME: 100.00 SECONDS
UFG=DY1:MEX010/V:4

GAMMA 2 00.2 15-AUG-84 13:02:14 PAGE 1

SPECTRUM ACQUISITION STARTED LIVE REAL
001440.SPC 15-AUG-84 09:55:49 180 218

SAMPLE
UNIVERSITY OF NUEVO LEON
STANDARD SN

DETECTOR SYSTEM
ORTEC #GEM-20180-S CFG-SV-GEM: SS# 22-F-769A
50.4MM BY 52.7MM: 96.1CC.: 1.MM AL: 6.MM GAP

CALIBRATION LVL9.CLB
EUROPIUM CALIBRATION STANDARD 1.0 UNITS
CHANGER POSITION LEVEL 9.0

LIBRARY ID:VSHORT.LIB
START-STOP 50, 4000 SENS(%) 25 MULTIPLIER 164948.5
DECAY CORRECTED TO 15-AUG-84 09:50:17

***** SUMMARY OF PEAKS IN SAMPLE *****

CENTROID CHANNEL	ENERGY KEV	BACKGROUND COUNTS	NET AREA COUNTS	INTENSITY CTS/SEC	UNCERT %	FWHM KEV
117.57	58.58	10511.	906.	5.031E+00	16.4	1.99U
1243.71	620.73	2580.	700.	3.889E+00	10.9	1.85U
2267.78	1131.52	3229.	641.	3.560E+00	13.1	1.85U
2294.03	1145.00	3560.	2224.	1.236E+01	4.3	2.95U
3290.51	1642.86	2723.	27072.	1.504E+02	0.7	2.44U
3317.81	1656.34	2540.	2363.	1.313E+01	3.7	3.45U
151.02	75.70	8411.	292.	1.620E+00	44.9	0.84
0.00	156.00	19103.	0.	0.000E-01	*****	2.94D
321.88	159.70	16770.	415.	2.306E+00	44.4	2.94D
321.88	159.80	19951.	0.	0.000E-01	*****	2.94D
321.91	160.50	14904.	2281.	1.267E+01	7.9	2.95D
321.91	160.70	24001.	0.	0.000E-01	*****	2.95D
0.00	161.60	17451.	0.	0.000E-01	*****	2.95D
0.00	162.50	19202.	0.	0.000E-01	*****	2.95D
0.00	164.00	17133.	52.	2.867E-01	358.9	2.95E
0.00	164.60	19070.	0.	0.000E-01	*****	2.95D
0.00	164.90	17099.	86.	4.805E-01	214.1	2.95D
494.79	246.00	6028.	292.	1.622E+00	38.1	1.10
494.79	246.50	6511.	286.	1.590E+00	40.3	1.10
665.60	332.00	4304.	13900.	7.722E+01	1.1	1.42
0.00	506.00	9756.	0.	0.000E-01	*****	3.50D
1024.18	511.00	6028.	3223.	1.791E+01	3.8	3.51D
1024.18	511.00	6028.	3223.	1.791E+01	3.8	3.51D
1024.22	511.60	14165.	0.	0.000E-01	*****	3.51D
0.00	512.00	8149.	1102.	6.123E+00	12.0	3.51D
0.00	515.50	9242.	9.	5.185E-02	*****	3.51D
2591.19	1293.30	7694.	1265.	7.026E+00	10.2	5.17D

2591.19	1293.54	6715.	2244.	1.247E+01	5.6	5.17D
0.00	1300.20	3897.	122.	6.774E-01	109.4	5.18D

***** SUMMARY OF NUCLIDES IN SAMPLE *****

NUCLIDE	TIME OF COUNT ACTIVITY BECQUERELS	TIME CORRECTED ACTIVITY BECQUERELS	PERCENT UNCERTAINTY COUNTING
ES-20	1.740E+05	1.526E+05	3.8
HE-77M	2.864E+04	2.173E+04	5.1
HE-77M	1.004E+05	1.175E+05	1.1

***** UNUSED PEAKS *****

HE-77M	HE-77M	130.70	HE-179M	14.30	SE-77M
51.80	ZN-71				
71.78	620.73	1131.57	1145.00	164.84	1656.34

ELAPSED TIME: 1139.00 SECONDS

UFG=D+ TIME 10 11 V=2

SPECTRUM ACQUISITION STARTED LIVE REAL
1475.5PC 15-AUG-84 09:20:16 180 293

SAMPLE
UNIVERSITY OF NEVADA
SAMPLE # 3

DETECTOR SYSTEM
MTE# GEM-1 1180-6 CFG-SV-GEM: SS# 22-F-769A
M BY 33.7MM; 96.1CC; 1.1MM AL; 6.1MM GAP

CALIBRATION LEVEL 9, CLB
CALIBRATION STANDARD 10 UNITS
CALIBRATION POSITION LEVEL 2.0

ANALYST: J. VAHOS, LIE
ANALYST: 51.4000 SENS 2 15 MULTIPLIER 4748.5
DATE: 15-AUG-84 09:29:40

***** SUMMARY OF PEAKS IN SAMPLE *****						
CHANNEL	ENERGY KEV	BACKGROUND COUNTS	NET AREA COUNTS	INTENSITY CTS/SEC	NCERT %	FWHM KEV
15.08	58.58	23943.	1107.	6.148E+00	20.0	1.48U
150.06	74.55	27545.	117.	6.534E+00	20.2	1.47U
150.00	94.52	26195.	939.	5.217E+00	24.6	2.01U
311.46	211.34	39327.	1824.	1.014E+01	15.6	2.90U
1515.67	707.04	5550.	595.	3.306E+00	18.2	3.25U
1530.27	788.49	4933.	1308.	7.268E+00	8.1	1.69U
185.27	1090.58	4750.	1149.	6.381E+00	9.0	1.97U
2470.24	1312.75	3465.	506.	2.309E+00	17.1	3.64U
2741.67	1762.21	3427.	652.	3.622E+00	13.3	1.93U
2905.51	1500.04	4307.	447.	2.485E+00	21.3	2.64U
3208.03	1601.91	3540.	1438.	7.989E+00	6.4	4.53U
3378.24	1686.31	1775.	285.	1.581E+00	21.8	2.31U
3397.94	1692.30	2345.	480.	2.667E+00	15.0	5.65U
3627.18	1810.65	2592.	36058.	2.003E+02	0.6	2.62U
0.00	314.60	52708.	150.	8.319E-01	217.0	3.18D
0.00	317.00	52618.	40.	2.195E-01	822.9	3.18D
0.00	317.00	52818.	40.	2.195E-01	822.9	3.18D
0.00	318.30	52340.	518.	2.880E+00	62.6	3.18D
641.66	320.00	25830.	27028.	1.502E+02	1.0	3.19D
0.00	506.00	37712.	0.	0.000E-01	*****	3.50D
1023.24	511.00	29177.	3379.	1.877E+01	7.4	3.51D
1023.24	511.00	29177.	3379.	1.877E+01	7.4	3.51D
1023.24	511.60	43384.	0.	0.000E-01	*****	3.51D
0.00	512.00	30975.	1581.	8.786E+00	15.9	3.51D
0.00	515.50	32339.	217.	1.208E+00	117.1	3.51D
0.00	843.80	276351.	0.	0.000E-01	*****	4.14D
1696.42	847.02	7103.	267090.	1.484E+03	0.2	4.15D

0.00	848.84	268878.	5315.	2.953E+01	13.9	4.15D
1860.27	928.50	3407.	733.	4.072E+00	11.9	4.32D
0.00	930.00	4111.	29.	1.618E-01	311.9	4.33D
0.00	1009.78	7999.	117.	6.487E-01	108.7	4.50D
0.00	1012.40	8093.	23.	1.292E-01	547.6	4.51D
2032.16	1014.40	7596.	520.	2.886E+00	24.1	4.51D
0.00	1015.90	8002.	114.	6.349E-01	111.1	4.51D
2197.84	1097.30	3018.	238.	1.321E+00	33.3	2.35
2591.07	1293.30	9045.	404.	2.246E+00	33.6	5.17D
2591.07	1293.54	8878.	571.	3.175E+00	23.7	5.17D
2603.39	1300.20	8309.	1140.	6.332E+00	11.7	5.18D
2872.53	1434.20	5176.	37899.	2.105E+02	0.6	5.53D
0.00	1435.86	42991.	84.	4.675E-01	348.7	5.53D
0.00	1770.80	11084.	0.	0.000E-01	*****	6.46D
3543.52	1778.80	2059.	7429.	4.127E+01	1.4	6.48
0.00	1783.42	11108.	0.	0.000E-01	*****	6.50D

***** SUMMARY OF NUCLIDES IN SAMPLE *****

NUCLIDE	TIME OF COUNT ACTIVITY BECQUERELS	TIME CORRECTED ACTIVITY BECQUERELS	PERCENT UNCERTAINTY COUNTING 1 S
AL-28	4.270E+05	1.011E+07	1.4
BR-80	1.331E+06	2.017E+06	7.4
I-134	4.096E+06	4.707E+06	0.2
IN-114	4.356E+07	1.927E+10	11.7
IN-116M	1.505E+04	1.723E+04	23.7
TI-51	2.292E+05	8.083E+05	1.0
V-52	1.379E+06	9.634E+06	0.6

***** UNUSED PEAKS *****

511.50 ! ZN-71	843.80 ! MG-27		
58.56 74.55	94.52 211.34	757.04	788.49
1090.53 1332.76	1368.21 1500.04	1601.91	1686.31
1692.30 1810.65			

ELAPSED TIME:1170.00 SECONDS

UFG=DY1:MEX007/V:2

SPECTRUM
001437.SPCACQUISITION STARTED
15-AUG-84 09:27:10LIVE
180REAL
198

SAMPLE

UNIVERSITY OF NVEVO LEON
SAMPLE M-9

DETECTOR SYSTEM

ORTEC #GEM-20180-S CFG-SV-GEM; SS# 22-P-769A
50.4MM BY 53.7MM; 96.1CC.; 1.MM AL; 6.MM GAP

CALIBRATION LVL9.CLB

EUROPIUM CALIBRATION STANDARD 1.0 UNITS
CHANGER POSITION LEVEL 9.0

LIBRARY DK:VSHORT.LIB

START,STOP 50, 4000 SENS(%) 25 MULTIPLIER 164948.5
DECAY CORRECTED TO 15-AUG-84 09:22:55

***** SUMMARY OF PEAKS IN SAMPLE *****

CENTROID CHANNEL	ENERGY KEV	BACKGROUND COUNTS	NET AREA COUNTS	INTENSITY CTS/SEC	UNCERT %	FWHM KEV
117.93	58.58	4548.	1114.	6.189E+00	9.1	1.28U
1120.38	558.82	2083.	319.	1.774E+00	21.0	1.86U
1516.44	756.54	1466.	673.	3.736E+00	8.9	1.44U
2539.64	1267.84	2098.	812.	4.513E+00	8.7	2.89U
2740.68	1368.21	1571.	343.	1.908E+00	17.2	2.39U
3627.24	1810.65	140.	2592.	1.440E+01	2.1	2.68U
151.31	75.70	4593.	352.	1.954E+00	27.8	1.53
0.00	102.50	7865.	111.	6.158E-01	113.6	2.86D
0.00	103.00	7949.	27.	1.473E-01	475.9	2.86D
0.00	104.20	7924.	52.	2.885E-01	242.8	2.87D
0.00	106.00	7889.	87.	4.858E-01	144.1	2.87D
217.52	107.90	7945.	31.	1.703E-01	411.5	2.87D
217.52	107.90	7945.	31.	1.703E-01	411.5	2.87D
217.52	108.00	10730.	0.	0.000E-01	*****	2.87D
217.52	108.20	7737.	239.	1.330E+00	52.4	2.87D
217.52	108.20	7737.	239.	1.330E+00	52.4	2.87D
0.00	506.00	6077.	15.	8.329E-02	735.8	3.50D
1024.00	511.00	4869.	1223.	6.794E+00	8.6	3.51D
1024.00	511.00	4869.	1223.	6.794E+00	8.6	3.51D
1024.12	511.60	7785.	0.	0.000E-01	*****	3.51D
0.00	512.00	5646.	446.	2.475E+00	24.3	3.51D
0.00	515.50	6027.	65.	3.616E-01	169.1	3.51D
0.00	843.80	20460.	51.	2.829E-01	397.5	4.14D
1696.55	847.02	1360.	19151.	1.064E+02	0.8	4.15D
0.00,	848.84	20514.	0.	0.000E-01	*****	4.15D
2031.94	1014.40	1295.	195.	1.082E+00	27.1	2.48
2591.19	1293.30	3106.	419.	2.328E+00	19.4	5.17D

2591.19	1293.54	2957.	568.	3.158E+00	14.2	5.17D
0.00	1300.20	3401.	124.	6.873E-01	67.3	5.18D
2872.64	1434.20	2088.	11133.	6.185E+01	1.1	5.53
0.00	1435.86	13473.	0.	0.000E-01	*****	5.53D
0.00	1770.80	20884.	41.	2.284E-01	497.4	6.46D
3563.56	1778.80	810.	21735.	1.207E+02	0.7	6.48D
0.00	1783.42	21428.	0.	0.000E-01	*****	6.50D

***** SUMMARY OF NUCLIDES IN SAMPLE *****

NUCLIDE	TIME OF COUNT ACTIVITY BECQUERELS	TIME CORRECTED ACTIVITY BECQUERELS	PERCENT UNCERTAINTY COUNTING 1. S
AL-28	1.033E+06	3.296E+06	0.7
BR-80	4.674E+05	5.443E+05	8.6
I-134	2.907E+05	3.059E+05	0.8
IN-116M	1.482E+04	1.557E+04	14.2
V-52	3.564E+05	7.270E+05	1.1

***** UNUSED PEAKS *****

511.60	! ZN-71	1435.86	! CS-138		
58.58	558.82	756.54	1267.84	1368.21	1810.65

ELAPSED TIME: 1170.00 SECONDS
 UFO=BY1:MEX008/V:2

SPECTRUM
001438.SPC

ACQUISITION STARTED
15-AUG-84 09:38:08

LIVE
180

REAL
257

SAMPLE
UNIVERSITY OF NVEVO LEON
SAMPLE M-2

DETECTOR SYSTEM
ORTEC #GEM-20180-S CFG-SV-GEM; SS# 22-P-769A
50.4MM BY 53.7MM; 96.1CC.; 1.MM AL; 6.MM GAP

CALIBRATION LVL9.CLB
EUROPIUM CALIBRATION STANDARD 1.0 UNITS
CHANGER POSITION LEVEL 9.0

LIBRARY DK:VSHORT.LIB
START,STOP 50, 4000 SENS(%) 25 MULTIPLIER 164948.5
DECAY CORRECTED TO 15-AUG-84 09:36:47

***** SUMMARY OF PEAKS IN SAMPLE *****

CENTROID CHANNEL	ENERGY KEV	BACKGROUND COUNTS	NET AREA COUNTS	INTENSITY CTS/SEC	UNCERT %	FWHM KEV
149.96	74.55	19808.	3599.	2.000E+01	5.8	1.84U
172.12	85.54	17264.	900.	5.000E+00	20.9	2.39U
1516.64	757.04	4269.	1533.	8.519E+00	6.5	2.02U
1580.12	788.49	3243.	660.	3.669E+00	12.8	2.26U
2185.14	1090.58	3257.	685.	3.807E+00	12.4	2.57U
2539.34	1267.34	3342.	1359.	7.550E+00	6.6	2.76U
2550.94	1273.33	2611.	309.	1.717E+00	24.1	1.69U
3208.75	1601.41	3762.	690.	3.833E+00	13.1	3.87U
3627.31	1810.65	2061.	18989.	1.055E+02	0.8	2.51U
836.30	416.86	6438.	757.	4.204E+00	15.4	1.74
0.00	459.20	18358.	144.	8.024E-01	132.9	3.42D
925.88	462.79	18197.	305.	1.692E+00	62.9	3.42D
0.00	467.26	18363.	139.	7.723E-01	138.1	3.43D
0.00	506.00	26651.	270.	1.501E+00	85.6	3.50D
1024.15	511.00	22157.	4764.	2.647E+01	4.7	3.51D
1024.15	511.00	22157.	4764.	2.647E+01	4.7	3.51D
1024.16	511.60	35165.	0.	0.000E-01	*****	3.51D
0.00	512.00	25311.	1610.	8.943E+00	14.2	3.51D
0.00	515.50	26726.	195.	1.086E+00	118.5	3.51D
1639.81	818.00	2358.	224.	1.244E+00	31.4	1.82
1639.81	818.00	2358.	224.	1.244E+00	31.4	1.82
1639.87	818.70	3721.	317.	1.762E+00	27.8	1.87
0.00	843.80	144782.	0.	0.000E-01	*****	4.14D
1696.52	847.02	3889.	139225.	7.735E+02	0.3	4.15D
0.00	848.84	142268.	846.	4.700E+00	63.1	4.15D
2030.91	1014.40	2275.	227.	1.261E+00	30.4	1.89
2197.87	1097.30	3937.	628.	3.491E+00	14.7	4.70D

0.00	1101.00	4366.	199.	1.105E+00	47.5	4.71D
2591.15	1293.30	8610.	238.	1.324E+00	55.4	5.17D
2591.15	1293.54	7413.	1435.	7.971E+00	8.9	5.17D
2633.97	1300.20	8250.	598.	3.321E+00	21.9	5.18D
2671.41	1414.20	7675.	4104.	1.231E+01	3.4	5.53D
1.	1435.3e	11727.	254.	1.410E+00	60.7	5.53D
0.00	1770.80	51478.	159.	8.844E-01	201.7	6.46D
3563.58	1778.80	659.	50978.	2.832E+02	0.4	6.48D
0.00	1783.42	52554.	0.	0.000E-01	*****	6.50D

***** SUMMARY OF NUCLIDES IN SAMPLE *****

NUCLIDE	TIME OF COUNT ACTIVITY BEQUERELS	TIME CORRECTED ACTIVITY BEQUERELS	PERCENT UNCERTAINTY COUNTING 1 S
AL-28	2.702E+06	4.166E+06	0.4
BR-80	1.853E+06	1.761E+06	4.7
I-134	2.127E+06	2.167E+06	0.3
IN-114	2.053E+07	4.637E+07	21.9
IN-116M	3.765E+04	3.833E+04	8.9
V-52	1.424E+05	1.846E+05	3.4

***** UNUSED PEAKS *****

416.86	- IN-116M	511.60	ZN-71	643.80	MG-27
1037.30	- IN-116M				
74.55	95.54	757.04	788.49	1090.58	1267.34
1270.32	1501.41	1810.65			

ELAPSED TIME: 1159.00 SECONDS

UF0=0Y1: MEX002/V: 2

SPECTRUM
001479.SPC

ACQUISITION STARTED
15-AUG-84 09:48:53

LIVE
180

REAL
309

SAMPLE

UNIVERSITY OF NVEVO LEON
SAMPLE M-35

DETECTOR SYSTEM

MODEL #NEM-20180-S CFG-SV-NEM; SS# 12-2-69H
50.4MM BY 53.7MM; 96.100. * 1.0MM AL; 6.0MM GAP

OPERATION LEVEL/CLE

TYPE OF THE CALIBRATION STANDARD 1.0 UNIT-
CHANNEL POSITION LEVEL 2.0

LIBRARY

DIR:VSHORT.LIB

START-STOP 50.4000 659.000 25. MULTIPLIER 104948.5
DELAY CORRECTED TO 15-AUG-84 09:48:53

*****SUMMARY OF PEAKS IN SAMPLE*****

CONTROL CHANNEL	ENERGY KEV	BACKGROUND COUNTS	NET AREA COUNTS	INTEN-1 CTS/SEC	UNCERT %	FWHM KEV
	150.06	39453.	1463.	8.125E+00	19.4	1.990
	189.26	41596.	2056.	1.143E+01	14.2	2.740
	300.19	31799.	2648.	1.582E+01	9.0	1.220
	520.43	21192.	2532.	1.407E+01	9.4	1.710
	580.17	5148.	1466.	8.144E+00	7.4	2.140
	730.06	2587.	311.	1.729E+00	23.8	2.270
	915.40	2675.	1225.	6.807E+00	6.6	2.440
	1481.64	2378.	333.	1.853E+00	21.4	1.400
	253.72	3075.	382.	2.123E+00	21.1	3.120
	374.21	4503.	1154.	6.409E+00	8.7	2.890
	428.47	5235.	1462.	8.122E+00	7.5	2.670
	462.27	3009.	39388.	2.188E+02	0.5	2.620
	208.32	33600.	904.	5.022E+00	28.9	2.15
	208.32	33600	904.	5.022E+00	28.9	2.15
	244.77	34039.	552.	3.069E+00	47.4	0.98
	420.93	37543.	871.	4.837E+00	31.7	2.14
	429.21	31284.	752.	4.178E+00	33.5	1.42
	835.78	13075.	695.	3.859E+00	23.6	1.72
	869.81	27852.	0.	0.000E-01	*****	3.370
	869.81	22540.	4702.	2.612E+01	4.7	3.37
	869.82	28586.	0.	0.000E-01	*****	3.370
	0.00	55214.	224.	1.246E+00	148.3	3.500
	1024.02	42738.	12700.	7.055E+00	2.5	3.510
	1024.02	42738.	12700.	7.055E+01	2.5	3.510
	1024.03	78482.	0.	0.000E-01	*****	3.510
	0.00	50535.	4903.	2.724E+01	6.6	3.510
	0.00	55064.	374.	2.079E+00	88.8	3.510

0.00	616.40	29150.	49.	2.742E-01	480.0	3.70D
0.00	617.00	33809.	0.	0.000E-01	*****	3.70D
1240.20	618.90	27300.	1908.	1.000E+01	12.5	3.70D
0.00	621.79	33669.	0.	0.000E-01	*****	3.71D
1258.31	632.90	26628.	11775.	6.542E+01	1.1	1.82
0.00	628.30	9022.	0.	0.000E-01	*****	4.11D
1007.85	833.60	5199.	446.	2.478E+00	23.3	4.12
0.00	835.70	9058.	0.	0.000E-01	*****	4.13D
0.00	837.00	9030.	0.	0.000E-01	*****	4.13D
0.00	840.00	9010.	0.	0.000E-01	*****	4.14D
0.00	843.57	296115.	6.	0.000E-01	*****	4.14D
0.00	847.11	9013.	239020.	1.601E+01	0.2	4.15D
0.00	848.24	291075.	5960.	2.111E+01	12.9	4.15D
0.00	1009.78	5277.	65.	1.632E-01	157.6	4.50D
0.00	1012.40	5266.	76.	4.203E-01	136.1	4.51D
0.00	1014.40	4827.	505.	1.005E+00	28.0	4.51D
0.00	1015.90	5282.	6.	1.107E-01	171.6	4.51D
2091.77	1039.00	4276.	9946.	4.050E+01	1.6	4.57D
2091.77	1039.40	10947.	1175.	1.517E+00	12.9	4.57D
2198.29	1097.30	2929.	526.	2.924E+00	15.2	4.70D
0.00	1101.00	3438.	17.	1.429E-02	489.2	4.71D
2591.05	1293.30	8352.	4173.	6.209E+00	17.9	5.17D
2591.05	1293.54	9079.	406.	1.159E+00	39.5	5.17D
2603.55	1300.20	8402.	1083.	6.017E+00	12.3	5.18D
2784.65	1388.50	2026.	177.	9.833E-01	36.7	1.28
2872.58	1434.20	5343.	6732.	3.740E+01	2.0	5.53D
0.00	1435.60	12020.	55.	1.056E-01	182.2	5.53D
3160.98	1528.20	2740.	242.	1.344E+00	31.8	1.76
0.00	1770.80	13580.	68.	3.789E-01	241.9	6.46D
3563.46	1778.80	3863.	9785.	5.436E+01	1.4	6.48D
0.00	1783.42	14840.	0.	0.000E-01	*****	6.50D

***** SUMMARY OF NUCLIDES IN SAMPLE *****

NUCLIDE	TIME OF COUNT ACTIVITY BECQUERELS	TIME CORRECTED ACTIVITY BECQUERELS	PERCENT UNCERTAINTY COUNTING 1 S
AL-28	5.797E+05	3.871E+06	1.4
BR-80	5.029E+06	6.452E+06	2.5
CU-66	3.463E+06	8.183E+06	23.3
I-134	4.440E+06	4.827E+06	0.2
IN-114	4.327E+07	1.673E+09	12.3
IN-116	DECAY CORRECTION DURING ACQUISITION >12 HALF-LIVES		
V-52	2.500E+05	8.029E+05	2.0

***** UNUSED PEAKS *****

433.90	AG-108	511.60	ZN-71	617.00	BR-80
843.80	MG-27	1039.00	CU-66		
74.55	94.52	149.44	559.32	788.49	963.25
1091.08	1238.88	1267.84	1368.71	1601.91	1810.65

ELAPSED TIME:1256.00 SECONDS
UFO=DY1:MEX010/V:2

CAP.- VIII.- CONCLUSIONES.

Como se observó en el capítulo anterior, los resultados experimentales obtenidos en el análisis cuantitativo hecho mediante análisis por activación utilizando irradiaciones cortas en las muestras fueron satisfactorios, faltando por realizar el mismo experimento pero para períodos largos de irradiación -- [varias horas] pues pueden existir elementos en estas, que no sean fácilmente activables y esperar el tiempo suficiente para que decaigan las especies -- radiactivas producidas de vida media corta y hacer el mismo procedimiento hecho anteriormente; pero -- ahora utilizando la Biblioteca de estándares de --- irradiación larga y seguramente se obtendrán otros elementos que no se detectaron anteriormente; este paso no se realizó por falta de tiempo.

Sin embargo para un análisis cuantitativo exhaustivo, hay que analizar dichas muestras por métodos -- cuantitativos de análisis, como lo son los de fluorescencia por rayos X, absorción atómica y métodos químicos para una posterior comparación de resultados.

Apendice "A".-

"Biblioteca de Estándares de Irradiaciones

muy cortas (Very Short Activation). ---

Dada por el Sistema de EG y G ORTEC."

LISTING FOR GAMMA LIBRARY LT01HF.LIB

CREATED : 09-MAR-83 12:11:52

LAST MODIFIED : 09-MAR-83 12:11:52

AG-108 1	HALF LIFE= 2.40000 PK BKG (BQ)= 0.000000	MINUTES	UNCERT= 0.000000	
	KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
	433.900	0.470000	0.000000	
	511.000	0.120000	0.000000	
AG-110 2	HALF LIFE= 0.407000 PK BKG (BQ)= 0.000000	MINUTES	UNCERT= 0.000000	
	KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
	657.700	4.50000	0.000000	
AL-28 3	HALF LIFE= 2.31000 PK BKG (BQ)= 0.000000	MINUTES	UNCERT= 5.00000	
	KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
	1778.300	100.000	0.000000	
B-12 4	HALF LIFE= 0.340000E-03 PK BKG (BQ)= 0.000000	MINUTES	UNCERT= 0.000000	
	KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
	4430.000	1.30000	0.000000	
BA-131M 5	HALF LIFE= 14.6000 PK BKG (BQ)= 0.000000	MINUTES	UNCERT= 0.000000	
	KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
	78.000	1.20000	0.000000	
	108.200	40.0000	0.000000	
BA-136M 6	HALF LIFE= 0.517000E-02 PK BKG (BQ)= 0.000000	MINUTES	UNCERT= 0.000000	
	KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
	164.000	40.0000	0.000000	
	818.000	100.000	0.000000	
BA-137M 7	HALF LIFE= 2.55100 PK BKG (BQ)= 0.000000	MINUTES	UNCERT= 0.000000	
	KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
	661.600	84.6000	0.000000	
BA-141 8	HALF LIFE= 18.2700 PK BKG (BQ)= 0.000000	MINUTES	UNCERT= 11.0000	
	KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE

190.220	45.0000	54.0000	:
276.990	23.3000	20.7000	:

BA-142 HALF LIFE= 10.6000 MINUTES UNCERT= 1.0000
PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
255.120	20.6000	0.000000	
1204.050	15.8000	0.000000	

BA-143 HALF LIFE= 17.6000 MINUTES UNCERT= 1.0000
PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
511.000	2.50000	0.000000	
107.000	7.20000	0.000000	

BA-144M HALF LIFE= 6.10000 MINUTES UNCERT= 1.000000
11 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
898.300	0.240000E-01	0.000000	
778.500	0.200000E-01	0.000000	

BA-145 HALF LIFE= 31.8000 MINUTES UNCERT= 8.0000
12 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
802.200	5.90400	5.90400	3
881.600	41.0000	41.0000	1

BA-146M HALF LIFE= 6.00000 MINUTES UNCERT= 20.0000
13 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
424.000	100.000	100.000	.
881.600	98.0000	98.0000	1

CA-49 HALF LIFE= 8.72000 MINUTES UNCERT= 0.000000
14 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
3084.400	91.7000	0.000000	
4071.900	7.00000	0.000000	

CD-111M HALF LIFE= 48.6000 MINUTES UNCERT= 0.000000
15 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
150.600	30.0000	0.000000	
245.400	94.0000	0.000000	

CE-139M HALF LIFE= 0.933000 MINUTES UNCERT= 0.000000
16 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
754.400	93.0000	0.000000	

CL-38M
17 HALF LIFE= 0.119000E-01 MINUTES UNCERT= 1.000000
PK BKG (BG)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
591.000	100.000	0.000000	

CL-38M
18 HALF LIFE= 1.55000 MINUTES UNCERT= 0.000000
PK BKG (BG)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
1111.000	0.200000E-02	0.000000	
424.100	0.150000E-02	0.000000	

CL-38M
19 HALF LIFE= 1.10000 MINUTES UNCERT= 10.0000
PK BKG (BG)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
711.000	91.700	100.000	1
641.000	66.100	100.000	1

CL-38M
20 HALF LIFE= 21.2000 MINUTES UNCERT= 4.20000
PK BKG (BG)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
1405.800	71.2000	70.8000	3
402.700	30.7000	30.7000	1

CL-38M
21 HALF LIFE= 5.00000 MINUTES UNCERT= 1.000000
PK BKG (BG)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
883.000	0.250000	0.000000	
1039.000	9.00000	0.000000	

DV-165M
22 HALF LIFE= 1.12000 MINUTES UNCERT= 0.000000
PK BKG (BG)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
52.100	11.0000	0.000000	
53.500	2.50000	0.000000	

F-20
23 HALF LIFE= 0.123000 MINUTES UNCERT= 0.000000
PK BKG (BG)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
1633.100	100.000	0.000000	

GA-70
24 HALF LIFE= 21.1000 MINUTES UNCERT= 0.000000
PK BKG (BG)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
175.300	0.200000	0.000000	

1039.400 0.500000 0.000000

GP-131 HALF LIFE= 3.70000 MINUTES UNCERT= 0.000000
25 PR BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
50.411	11.0000	0.000000	
102.200	11.0000	0.000000	

GE-177M HALF LIFE= 0.883000 MINUTES UNCERT= 0.000000
PR BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
154.300	14.0000	0.000000	
215.511	22.0000	0.000000	

GF-172M HALF LIFE= 0.667000E-01 MINUTES UNCERT= 0.000000
27 PR BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
35.000	2.00000	0.000000	
35.000	54.0000	0.000000	

GF-179M HALF LIFE= 0.312000 MINUTES UNCERT= 0.000000
28 PR BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
160.700	3.21000	0.000000	
171.500	3.89000	0.000000	

GF-214 HALF LIFE= 5.21000 MINUTES UNCERT= 0.000000
29 PR BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
71.300	0.450000	0.000000	
71.300	0.810000	0.000000	

I-132 HALF LIFE= 24.9900 MINUTES UNCERT= 0.000000
30 PR BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
442.200	17.5000	0.000000	
526.600	1.68000	0.000000	

I-134 HALF LIFE= 52.6000 MINUTES UNCERT= 3.00000
31 PR BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
847.020	95.4100	95.4100	1
884.090	65.3000	65.3000	1

IN-114 HALF LIFE= 1.20000 MINUTES UNCERT= 0.000000
32 PR BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
-----	---------	-----------------	--------------

1300.200 0.170000 0.000000

7

IN-114 HALF LIFE= 0.235000 MINUTES UNCERT= 0.000000
3 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
434.100	0.120000	0.000000	
1250.000	0.100000	0.000000	

IN-114M HALF LIFE= 54.1500 MINUTES UNCERT= 4.00000
4 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
1273.540	34.4000	34.4000	1
1097.300	56.2000	56.2000	2

IN-112M HALF LIFE= 1.4900 MINUTES UNCERT= 0.00000
35 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
56.800	0.500000E-02	0.000000	
117.000	0.800000E-02	0.000000	

IN-113 HALF LIFE= 3.17000 MINUTES UNCERT= 15.0000
36 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
220.900	20.4000	22.5000	1
585.800	16.9000	0.000000	

IN-113M HALF LIFE= 9.4000 MINUTES UNCERT= 1.00000
37 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
943.800	72.0000	0.000000	
1014.400	28.0000	0.000000	

NO-101 HALF LIFE= 14.6000 MINUTES UNCERT= 0.000000
38 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
192.000	25.0000	0.000000	
1012.400	25.0000	0.000000	

N-16 HALF LIFE= 0.119000 MINUTES UNCERT= 0.000000
39 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
2750.000	1.00000	0.000000	
6128.000	69.0000	0.000000	

NB-94M HALF LIFE= 6.26000 MINUTES UNCERT= 0.000000
40 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
-----	---------	-----------------	--------------

703.000 0.200000E-02 0.000000
 871.100 0.200000 0.000000

NB-75 HALF LIFE= 51.1000 MINUTES UNCERT= 5.00000
 41 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
787.200	93.1000	93.1000	1
722.300	75.5000	75.5000	1

NC-71 HALF LIFE= 12.4000 MINUTES UNCERT= 1.00000
 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
117.100	25.0000	0.000000	
127.000	5.4000	0.000000	

ND-140M HALF LIFE= 9.90000 MINUTES UNCERT= 0.000000
 43 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
11.000	10.0000	0.000000	
71.300	0.50000	0.000000	

NE-134M HALF LIFE= 1.17000 MINUTES UNCERT= 7.60000
 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
1001.030	0.582230	0.000000	
766.600	0.267300	0.000000	

NF-17M HALF LIFE= 0.355000 MINUTES UNCERT= 0.000000
 45 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
211.000	85.0000	0.000000	

NG-100M HALF LIFE= 4.69000 MINUTES UNCERT= 0.000000
 46 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
133.930	58.0000	0.000000	

NH-11 HALF LIFE= 22.0000 MINUTES UNCERT= 0.000000
 47 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
587.100	0.820000	0.000000	
1458.900	0.550000	0.000000	

NI-140M HALF LIFE= 99.9000 MINUTES UNCERT= 1.000000
 48 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
140.510	2.6000	0.000000	

RE-103 41	HALF LIFE= 0.233000 PK BKG (BQ)= 0.000000	MINUTES	UNCERT= 0.000000
	KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO
	65.100	2.00000	0.000000
	66.800	3.50000	0.000000
RE-86M 50	HALF LIFE= 1.00000 PK BKG (BQ)= 0.000000	MINUTES	UNCERT= 556.800
	KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO
	556.800	98.2000	0.000000
RE-88 51	HALF LIFE= 17.8000 PK BKG (BQ)= 0.000000	MINUTES	UNCERT= 13.0000
	KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO
	1836.000	22.1000	22.1000
	898.030	14.5000	14.5000
RE-90 52	HALF LIFE= 15.2000 PK BKG (BQ)= 0.000000	MINUTES	UNCERT= 19.0000
	KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO
	1000.880	59.0000	59.0000
	1248.100	43.0000	43.0000
RE-188M 53	HALF LIFE= 18.7000 PK BKG (BQ)= 0.000000	MINUTES	UNCERT= 0.000000
	KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO
	63.600	9.50000	0.000000
	69.200	9.50000	0.000000
RH-103M 54	HALF LIFE= 56.1200 PK BKG (BQ)= 0.000000	MINUTES	UNCERT= 8.00000
	KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO
	20.216	4.18000	0.000000
	20.074	2.20000	0.000000
RH-104 55	HALF LIFE= 0.705000 PK BKG (BQ)= 0.000000	MINUTES	UNCERT= 0.000000
	KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO
	555.800	2.00000	0.000000
	1237.000	0.720000E-01	0.000000
RH-104M 56	HALF LIFE= 4.34000 PK BKG (BQ)= 0.000000	MINUTES	UNCERT= 0.000000
	KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO
	51.400	57.0000	0.000000

77.600 2.50000 0.000000

S-37 HALF LIFE= 5.00000 MINUTES UNCERT= 0.000000
57 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
3102.400	90.0000	0.000000	

SB-122M HALF LIFE= 4.20000 MINUTES UNCERT= 0.000000
58 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
61.600	50.0000	0.000000	
76.300	17.0000	0.000000	

SB-124M HALF LIFE= 1.55000 MINUTES UNCERT= 0.000000
59 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
498.400	19.7000	0.000000	
602.700	20.0000	0.000000	

SC-46M HALF LIFE= 0.312000 MINUTES UNCERT= 0.000000
60 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
142.500	100.000	0.000000	

SE-77M HALF LIFE= 0.290000 MINUTES UNCERT= 0.000000
61 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
161.600	52.0000	0.000000	

SE-79M HALF LIFE= 3.90000 MINUTES UNCERT= 0.000000
62 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
95.700	10.0000	0.000000	

SE-81 HALF LIFE= 18.5000 MINUTES UNCERT= 0.000000
63 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
275.900	0.510000	0.000000	
290.080	0.440000	0.000000	

SE-81M HALF LIFE= 57.3000 MINUTES UNCERT= 0.000000
64 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
103.000	8.00000	0.000000	

SE-83 HALF LIFE= 22.5000 MINUTES UNCERT= 0.000000

65 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
356.000	75.0000	0.000000	
512.000	45.0000	0.000000	

SE-83M HALF LIFE= 1.16700 MINUTES UNCERT= 0.000000
66 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
1031.000	30.0000	0.000000	
989.000	19.0000	0.000000	

SM-155 HALF LIFE= 22.4000 MINUTES UNCERT= 0.000000
67 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
104.200	73.0000	0.000000	
141.200	1.70000	0.000000	

SN-113M HALF LIFE= 21.0000 MINUTES UNCERT= 0.000000
68 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
79.300	0.600000	0.000000	

SN-123M HALF LIFE= 40.1000 MINUTES UNCERT= 0.000000
69 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
159.700	84.0000	0.000000	

SN-125M HALF LIFE= 9.50000 MINUTES UNCERT= 0.000000
70 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
332.000	99.0000	0.000000	

TA-182S HALF LIFE= 15.8000 MINUTES UNCERT= 0.000000
71 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
65.200	14.5000	0.000000	
67.000	3.50000	0.000000	

TC-96M HALF LIFE= 51.5000 MINUTES UNCERT= 3.80000
72 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
34.400	98.0000	0.000000	
778.220	2.00000	0.000000	

TH-233 HALF LIFE= 22.3000 MINUTES UNCERT= 0.000000
73 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
95.900	0.600000	0.000000	
108.000	0.170000	0.000000	

TI-51 HALF LIFE= 5.80000 MINUTES UNCERT= 0.000000
74 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
320.000	95.0000	0.000000	
608.400	1.50000	0.000000	

TL-206 HALF LIFE= 4.20000 MINUTES UNCERT= 0.000000
75 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
803.300	0.650000E-02	0.000000	

V-52 HALF LIFE= 3.76000 MINUTES UNCERT= 0.000000
76 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
1434.200	100.000	0.000000	

W-183M HALF LIFE= 0.883000E-01 MINUTES UNCERT= 0.000000
77 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
67.200	5.00000	0.000000	
69.100	6.00000	0.000000	

W-185M HALF LIFE= 1.66000 MINUTES UNCERT= 0.000000
78 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
69.100	0.250000	0.000000	
107.900	0.350000	0.000000	

XE-135M HALF LIFE= 15.6500 MINUTES UNCERT= 1.30000
79 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
526.561	80.5120	0.000000	

XE-137 HALF LIFE= 3.83000 MINUTES UNCERT= 14.0000
80 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
455.510	30.0000	0.000000	
848.840	0.620000	0.000000	

XE-138 HALF LIFE= 14.1700 MINUTES UNCERT= 8.00000
81 PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
258.310	31.5000	33.7000	1

434.490 20.3000 0.000000

78.

ZN-71
82

HALF LIFE= 2.40000 MINUTES UNCERT= 0.000000
PK BKG (BQ)= 0.000000

KEV	GAMMA/D	BRANCHING RATIO	SUMMING CODE
511.600	14.0000	0.000000	
910.300	3.50000	0.000000	

Apendice "B".- Deduci6n de periodo de Semi-desintegraci6n ($T_{1/2}$) a partir de f6rmula de Actividad, y Condiciones L6mite.

La actividad presente a un tiempo t , despu6s de $t=0$ de un radion6clido, es dada por $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$. Entonces sea:

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$$

Y condiciones l6mite $A(t) = \frac{A_0}{2}$ cuando $t = T_{1/2}$, aplic6ndolas a f6rmula anterior, se tiene:

$$\frac{A_0}{2} = A_0 e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$\ln 1 - \ln 2 = -\lambda T_{1/2}$$

$$\frac{-\ln 2}{-\lambda} = T_{1/2}$$

$$\frac{.693}{\lambda} = T_{1/2} \quad \text{6} \quad \lambda = \frac{.693}{T_{1/2}}$$

Apéndice "C":- "GELIGAM PROGRAM".

El método comparativo de N.A.A., supone que si elementos trazados estándar conocidos y muestras desconocidas, son irradiadas al mismo tiempo ambos, reciben el mismo flujo y perturbaciones de flujo, tienen también el mismo período de irradiación y el mismo tiempo de salida del reactor (TOR).

La concentración de el elemento de interés en la muestra es:

$$\mu\text{gr/gr Muestra} = \frac{A \text{ muestra} \times \mu\text{gr/gr Std} \times W_T \text{ Std}}{W_T \text{ muestra} \times A \text{ Std.}}$$

Donde:

$A \text{ muestra}$ = Actividad del producto a estudiar en la muestra en tiempo corregido (TOR).

$A \text{ Std}$ = Actividad del mismo producto de activación en el estándar con tiempo corregido (TOR).

$W_T \text{ muestra}$ = Peso en gms.

$\mu\text{gr/gr Std.}$ = $\mu\text{gr/gr}$ del elemento de interés en el Std.

El análisis de los productos en N.A.A., es un análisis especializado de energías γ ; todas las rutinas necesarias para análisis de Energías Gamma (γ), ya existen en el paquete analítico (Software) llamado GELIGAM.

El GELIGAM, determina el área neta y contiene de las de -- convoluciones múltiples, aplica una corrección sumaria y también corrige el decaimiento del núcleo durante su análisis y a cualquier tiempo presente.

La concentración mínima detectable (MDC) o precisión de -- conteo está determinada también; además tiene un almacenamiento ilimitado y memoria de archivos nucleares y de calibración que contienen información sobre la forma, eficiencia y energía Vs. canales.

El (NA. A-C) Software, proporciona las habilidades necesarias para calcular $E_c(I)$, con lo cual se minimiza el trabajo del operador; toda composición estándar puede ser caracterizado en las tablas de los archivos.

Cada archivo es nombrado individualmente en forma única u contiene los $\mu\text{gr/gr}$ para cada núcleo estándar (Std) u un lugar para el factor peso estándar x actividad (STDWPA que será determinado, la tabla de archivo construida manda el programa (TBL), debe contener dos columnas:

La primera columna contiene: La concentración estándar en unidades de $\mu\text{gr}/\text{gr}$ de Std.

La segunda columna contiene: Los factores STDWPA.

Esto permite el uso de encapsulados múltiples (alternativamente) del mismo estándar o el uso de una o más cápsulas de un estándar en la misma irradiación, todas caracterizadas por una tabla: La STDWPA es la siguiente posición de Ec(1).

$$\text{STDWPA} = \frac{\mu\text{g}/\text{gr Std} \times \text{Wstd}}{\text{Astd}} \quad \text{--- (2)}$$

La concentración del estándar, viene de la tabla que se acaba de describir. La actividad y el peso del estándar deben de venir del análisis GELIGAM del espectro estándar.

El peso de cualquier estándar o muestra usada en una irradiación particular, es introducida independientemente en archivo.

La Biblioteca Nuclear contiene el nombre del elemento de la traza, la actividad característica del producto, vida media y energía del fotópico; además las razones de λ por desintegración relacionadas a cada elemento de traza en el estándar.

Las Bibliotecas pueden ser modificadas en parte o en su totalidad o se pueden hacer nuevas Bibliotecas de los componentes de Biblioteca ya existentes.

Un número ilimitado de Bibliotecas pueden ser almacenadas y llamadas (Memoria), a través del tiempo útil de vida de un estándar.

Las actividades estándar así como los pesos son remitidos hacia un archivo de salida denominado (UFO) (UNFORMED OUTPUT).

El SC1: Combina la información de las 2 entradas mencionadas para formar los valores STDWPA, (Ec2) y para darlos entrada en archivo.

El SC2: Combina los STDWPA individuales de los elementos estudiados en una tabla de archivo para usarse en los análisis de la muestra, en este paso, quien lo esté usando tiene la opción de agregar nuevos elementos con sus STDWPA de los elementos que ya fueron anotados, y es por este medio que los datos de varios estándares pueden ser combinados para usarlos en un archivo.

El espectro de la muestra es analizado por los programas AN1 y AN2, los cuales determinan la actividad de la muestra seguido por el programa NAC., que calcula los $\mu\text{gr/gr}$

para la muestra en Ec (1), los análisis están hechos de los archivos de espectros almacenados y los cuales contienen.

- a).- El espectro.
- b).- Calibraciones espectroscópicas .
- c).- Tiempo y fecha de obtención del espectro.
- d).- Duración del espectro.
- e).- Tiempo y fecha del final de irradiación (TOR).
- f).- Peso de la muestra.
- g).- Nombre de Biblioteca utilizada y hasta del elemento a ser utilizado.
- h).- Nombre de tabla de archivo de factores STDWPA.

DESCRIPCIONES DE PROGRAMAS:

ANI: Es el primero de una serie de programas que analizan el espectro GELIGAM; esto crea e inicia un archivo llamado UFO, el cual contiene todos los parámetros requeridos para los análisis y que incluyen los datos de calibración, de corrección por absorción, geometría, archivo de especificaciones de la Biblioteca y las especificaciones del archivo del aspecto.

En este caso ANI primero obtiene estos parámetros de análisis del archivo del espectro y luego revisa la validez de estos parámetros, si detecta un parámetro no válido (error), el ANI pedirá al usuario un nuevo parámetro; después que todos los parámetros

tros han sido verificados, los remite al archivo - UFO para que sean utilizados por el programa siguiente (AN2) y continuar con el análisis.

AN2: Es el segundo de una serie de programas que analizan el espectro GELIGAM; este programa calcula las áreas de fotopicos y la actividad del nucleido basándose en los parámetros analíticos que fueron -- gravados en UFO por AN1.

Cuando AN2 termina sus cálculos, anota los valores de la actividad del nucleido en μCi , en archivo - UFO para tener acceso a programas subsiguientes.

NAC.: Este programa realiza los cálculos de la actividad de una muestra y los factores WPA para los estándares.

El NAC obtiene la información de la actividad de la muestra del archivo UFO y lo proporciona al estándar WPA.

Los resultados de los cálculos del NAC, son agregados al archivo UFO para ser incluidos en el reporte del análisis.

Durante el análisis de una muestra, el NAC deberá ser corrido después de AN2 y antes del RPT (Programa de Reportes).

Apendice "D".- Bibliografãa.

- 1.- Bowen, H.J.M., and Gibbons, D. *Radioactivation Analysis*, Oxford at the Clarendon Press.
- 2.- Taylor, Denis, *Neutron Irradiation and Activation Analysis*, D. Van Nostrand Company, Inc.
- 3.- Knoll, F. Glenn, *Radiation Detection and Measurement*, John - Eiley and Sons.
- 4.- Price J. William, *Nuclear Radiation Detection*, McGraw-Hill, Series in Nuclear Engineering.
- 5.- *Activation Analysis Using TRIGA Reactor, High - Resolution Gamma Spectrometer and Computer*, Radiochemistry Research Laboratory, the Dow Chemical Co. Midland, Mich.
- 6.- J.D. Buchanan, *Activation Analysis With TRIGA Reactor*, General Atomic Division of General Dynamics, John Jay Hopkins Laboratory for pure and Applied Science. P.O. BOX 608, San Diego 12 California (1961).

- 7.- W.H. Zimmer, *What Affects a Gamma Spectrum, Systems. Application Studies* EG y G ORRTEC. *Physical Sciences Div.* (1971).

