

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS FISICO MATEMATICAS

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



DETERMINACION DE TRAZAS DE TIERRAS RARAS
EN MINERALES DE FLUORITA POR EL METODO
DE ANALISIS INSTRUMENTAL POR ACTIVACION
CON NEUTRONES TERMICOS

TESIS

QUE EN REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TITULO DE MAESTRIA EN CIENCIAS CON
ESPECIALIDAD EN INGENIERIA NUCLEAR

PRESENTA

SANTIAGO CARLOS TOVAR SALDAÑA

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE DE 1992

TM

Z6651

FCFM

1992

T6



1020091277

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FAULTAD DE CIENCIAS FISICO MATEMATICAS

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



DETERMINACION DE TRAZAS DE TIERRAS RARAS
EN MINERALES DE FLUORITA POR EL METODO
DE ANALISIS INSTRUMENTAL POR ACTIVACION
CON NEUTRONES TERMICOS

TESIS

QUE EN REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TITULO DE MAESTRIA EN CIENCIAS CON
ESPECIALIDAD EN INGENIERIA NUCLEAR

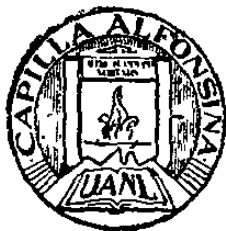
PRESENTA

SANTIAGO CARLOS TOVAR SALDAÑA

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE DE 1992

TM
26651
FCFM
1992
T6



FONDO TESIS

24107

**DETERMINACION DE TRAZAS DE TIERRAS RARAS EN MINERALES DE
FLUORITA POR EL METODO DE ANALISIS INSTRUMENTAL POR
ACTIVACION CON NEUTRONES TERMICOS.**

TESIS

**QUE EN REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE MAESTRIA
EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN INGENIERIA NUCLEAR
PRESENTA:**

SANTIAGO CARLOS TOVAR SALDAÑA

MONTERREY, N.L.

DICIEMBRE DE 1992

**DETERMINACION DE TRAZAS DE TIERRAS RARAS EN MINERALES DE
FLUORITA POR EL METODO DE ANALISIS INSTRUMENTAL POR
ACTIVACION CON NEUTRONES TERMICOS.**

**TRABAJO PRESENTADO POR SANTIAGO CARLOS TOVAR SALDAÑA
EN REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRIA EN
CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN INGENIERIA NUCLEAR.**

**DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO MATEMATICAS
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
AGOSTO DE 1992.**

AUTORIZADO POR:

DEDICATORIA

A la persona más importante de mi vida:

mi hijo Carlos Alberto.

RECONOCIMIENTOS

Agradezco infinitamente el apoyo incondicional brindado por mi asesor y maestro, el DR. FEDERICO A. RODRIGUEZ GONZALEZ, catedrático de la División de Estudios Superiores en la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, quien por su valiosa orientación fue posible la realización del presente trabajo de investigación.

Asimismo, quiero agradecer al DR. FELIB Y. ISKANDER, al DR. THOMAS BAUER y al DR. NOLAN E. HERTEL, catedráticos e investigadores de The University of Texas at Austin, en la ciudad de Austin, Texas, EUA, quienes me apoyaron y asesoraron en el trabajo de laboratorio realizado en el Nuclear Engineering Teaching Laboratory de Balcones Research Center, centro de investigación de dicha universidad, en el cual llevé a cabo la parte experimental de esta tesis.

De igual forma, agradezco al LIC. CARLOS R. FLORES JAUREGUI, M.C., por las facilidades brindadas para la culminación de mis estudios de postgrado.

También, de una manera muy especial, agradezco el apoyo que me brindó el LIC. JUAN M. SILVA OCHOA, jefe del departamento de matemáticas del ITESM, durante el tiempo que tardó la realización de esta tesis.

No podría faltar mi más sincero agradecimiento a mi compañero y amigo, ING. HECTOR RENE VEGA CARRILLO, M.C., por su gran apoyo y valiosas sugerencias; y a todas las personas que de alguna manera hicieron posible la conclusión de éste trabajo.

Santiago Carlos Tovar Saldaña.

DETERMINACION DE TRAZAS DE TIERRAS RARAS EN MINERALES DE FLUORITA POR EL METODO DE ANALISIS INSTRUMENTAL POR ACTIVACION CON NEUTRONES TERMICOS.

ABSTRACTO

Mediante el análisis instrumental por activación con neutrones térmicos se analizaron dos muestras de mineral de fluorita con la finalidad de determinar si estaban presentes, y en que proporción, algunos elementos de los llamados tierras raras.

El proceso de activación se llevó a cabo en el soporte rotatorio de un reactor nuclear TRIGA MARK II, siendo realizadas para este fin dos irradiaciones, una con una duración de 10 minutos para determinar los elementos de vida media corta y otra con una duración de 4 horas para determinar los elementos de vida media larga.

Para medir la actividad y obtener los espectros de las muestras irradiadas se utilizó un sistema de detección que poseía tres detectores de Germanio Hiperpuro de alta resolución, con eficiencias del 20%, 30% y 40%, conectados a una computadora VAX Genie Workstation System utilizada como subestación, en la cual se corría el software ND-9900 con el que la computadora emulaba ser un Analizador Multicanal de Altura de Pulsos.

Para el análisis se utilizó el método relativo, en el cual las muestras irradiadas se compararon con estándares irradiados bajo las mismas condiciones y medidos sus espectros en el mismo sistema de detección.

Bajo estas condiciones se obtuvieron resultados positivos que mostraron la presencia de algunos elementos de tierras raras a nivel de trazas.

PREFACIO

Además de cumplir con el objetivo para el cual fue elaborado este documento, obtener el grado de Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería Nuclear, se ha intentado diseñarlo de tal modo que resulte utilizable como introducción elemental del método de Análisis Instrumental por Activación con Neutrones (AIAN).

El documento no es elemental en el sentido de suponer que el lector está familiarizado con materias propias de la física atómica y nuclear; también se supone que ha tenido un contacto previo con el cálculo diferencial e integral y la probabilidad y estadística. Aunque no esencial, es conveniente haber seguido un curso de química general.

También, se ha intentado evitar el tedio de los detalles matemáticos dando más importancia a los principios sobre los que se fundan los experimentos; más a las ideas físicas que a los detalles de cálculo. En consecuencia, sólo se han incluido aquellas deducciones que suponen una aplicación directa de los principios físicos, sin recurrir a expresiones de complejidad superior a la del cálculo integral.

El documento ha sido dividido en seis partes. La primera parte se ha dedicado a exponer la definición del problema, así como el objetivo que se pretende lograr en este trabajo de investigación. La segunda parte trata de las bases teóricas que fundamentan el método de AIAN de un modo lógico y consecuente con el carácter que se le quiere dar al documento. Los elementos básicos de la estadística, necesarios para el tratamiento del método de AIAN, están contenidos

en la tercera parte del documento. En la cuarta parte se describen todos los recursos tecnológicos que se utilizaron en el desarrollo del trabajo experimental. La quinta contiene la información detallada del procedimiento experimental que se siguió en la investigación. La última parte, la sexta, incluye los resultados experimentales, así como las conclusiones finales del manuscrito.

Se han incluido gran número de referencias bibliográficas que proporcionarán al lector los detalles teóricos o experimentales omitidos en el documento.

Además de todo lo anterior, al final del trabajo se incluye una sección de apéndices con el objeto de que se tenga una referencia rápida de algunos de los tópicos de más importancia en la aplicación del método de AIAN.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
RECONOCIMIENTOS.....	ii
ABSTRACTO.....	iii
PREFACIO.....	iv
CONTENIDO.....	vi
CAPITULO I INTRODUCCION.....	1
A. Antecedentes.....	1
B. Definición del Problema.....	2
C. Justificación del Problema.....	3
D. Objetivo de la Tesis.....	4
E. Marco de Referencia.....	5
CAPITULO II TEORIA DE ACTIVACION.....	6
A. Breve Historia del AIAN.....	6
B. Descripción Básica del Método de AIAN.....	8
C. Neutrones Térmicos.....	10
D. Reacciones Nucleares.....	15
E. Decaimiento Radioactivo.....	16
1. Fundamentos del decaimiento radioactivo.....	16
2. Ley fundamental del decaimiento radioactivo.....	17
F. La Ecuación de Actividad.....	21
G. Espectroscopía.....	26
1. Teoría de la emisión gamma.....	27
2. Efectos de la emisión gamma en un espectro.....	32
3. Análisis de los componentes de un espectro.....	35
CAPITULO III ESTADISTICA DE CONTEO.....	37
A. Estadística y Radioactividad.....	37
B. Distribuciones de Probabilidad.....	38
1. Distribución binomial.....	38
2. Distribución de Poisson.....	40
3. Distribución normal.....	41
C. Error Estándar y Error Probable.....	43
D. Propagación de Errores.....	45
E. Método de las Medianas Móviles.....	46

CAPITULO IV EQUIPO EXPERIMENTAL.....	49
A. Laboratorio.....	49
B. Reactor.....	50
C. Sistema de Detección.....	54
D. Computadora.....	56
CAPITULO V PROCEDIMIENTO.....	57
A. Características de las Muestras.....	57
B. Cálculo de la Actividad Esperada.....	60
C. Preparación de Muestras y Estándares.....	65
D. Irradiaciones.....	68
E. Detección y Medición.....	69
CAPITULO VI CONCLUSIONES.....	96
A. Resultados.....	96
B. Conclusiones.....	121
C. Recomendaciones.....	123
BIBLIOGRAFIA.....	125
APENDICES.....	128
A. Cálculo del Flujo Térmico, Epitérmico y Total.....	129
B. Tiempo Muerto.....	134
1. Método de las dos fuentes.....	137
2. Método de la fuente en decaimiento.....	139
C. Programa para Localizar Picos.....	143
D. Recta de Calibración.....	148