

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE MATERIALES
CERAMICOS EXPUESTOS A UN CAMPO DE MICROONDAS"

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN
INGENIERIA DE MATERIALES

PRESENTA:

MARIA IDALIA DEL CONSUELO GOMEZ DE LA FUENTE

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. OCTUBRE DE 1998

TD
Z5853
.M2
FIME
1998
G6

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE MATERIALES
DE CERÁMICOS EXPUESTOS A UN CAMPO DE MICROONDAS"

MATERIALES DE CERÁMICOS EXPUESTOS A UN CAMPO DE MICROONDAS"

M. M. C.

M. J. C. G. F.



1020145310

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE MATERIALES
CERAMICOS EXPUESTOS A UN CAMPO DE MICROONDAS"

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN
INGENIERIA DE MATERIALES

PRESENTA:

MARIA IDALIA DEL CONSUELO GOMEZ DE LA FUENTE

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. OCTUBRE DE 1998

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE MATERIALES
CERAMICOS EXPUESTOS A UN CAMPO DE MICROONDAS"

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN
INGENIERIA DE MATERIALES

PRESENTA:

MARIA IDALIA DEL CONSUELO GOMEZ DE LA FUENTE

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. OCTUBRE DE 1998

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

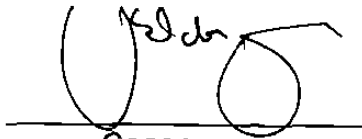
Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis "Estudio del comportamiento de materiales cerámicos expuestos a un campo de microondas" realizada por la M.C. María Idalia del Consuelo Gómez de la Fuente sea aceptada para su defensa como opción al grado de Doctor en Ingeniería de Materiales.

El comité de tesis



Asesor

Dr. Juan Antonio Aguilar Garib



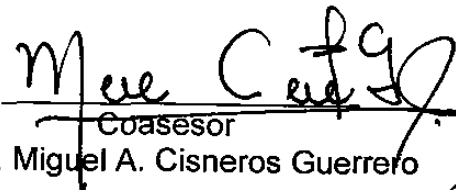
Coasesor

Dr. Ubaldo Ortiz Méndez



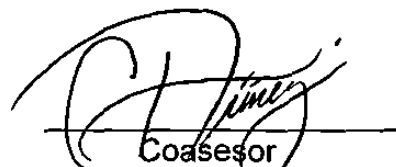
Coasesor

Dr. Rafael Colás Ortiz



Coasesor

Dr. Miguel A. Cisneros Guerrero



Coasesor

Dr. César A. Núñez López



Vo. Bo.

M.C. Roberto Villarreal Garza
División de Estudios de Postgrado

San Nicolás de los Garza, N.L., Octubre de 1998.

0149-43660

TD
Z5853
.M2
FIME
1998
G6



FONDO
TESIS

Gracias a Dios por haberme permitido llegar al
final de esta etapa y con todo mi amor dedico
este trabajo a mis padres por darme la
oportunidad de vivir y convivir en una familia,
a José Antonio por compartir nuestras vidas
y a mis amigos, por coincidir en la vida.

AGRADECIMIENTOS

Al **CONACyT** por su apoyo económico.

A la **Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**.

A los **Doctores** que me permitieron formar parte de una comunidad científica, el **DIMAT**.

A todos los maestros del **DIMAT** porque de alguna u otra forma me enseñaron a ser mejor.

A todos mis **compañeros** del **DIMAT**.

A todas las personas que son parte fundamental en el análisis y caracterización de los materiales utilizados y desarrollados en este trabajo y que mediante el transcurso del mismo se convirtieron en cómplices míos.

Índice

Resumen	01
Capítulo 1.- Introducción	02
Capítulo 2.- Cerámicos	04
2.1 Introducción	04
2.2 Procesamiento de Cerámicos	05
2.3 Físico-Química de Cerámicos	09
2.3.1 Sistema $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$	14
2.3.2 Sistema CaO-ZrO_2	14
Capítulo 3.- Microondas	24
3.1 Introducción	24
3.2 Ondas Electromagnéticas	24
3.3 Espectroscopía	27
3.4 Ingeniería de Microondas	34
Capítulo 4.- Procedimiento Experimental	37
4.1 Introducción	37

4.2 Preparación de las Pruebas	38
Capítulo 5.- Resultados	46
5.1 Introducción	46
5.2 Circonato de calcio (CaZrO_3)	46
5.3 Espinel alúmina-magnesio (MgAl_2O_4)	50
5.4 Resultados de los Experimentos de Obtención de espinel Al_2O_3 -ZnO y perovskita BaO-TiO ₂	51
Capítulo 6.- Discusión	68
6.1 Introducción	68
6.2 Relación del grado de sinterización y reacción en función de la potencia aplicada	68
6.3 Corrimientos Térmicos	76
6.4 Fenómenos de Reacción	77
6.5 Mecanismos sugeridos de reacción	79
6.6 Determinación de parámetros de control	82
6.7 Potencia Reflejada y Temperatura	85
Capítulo 7.- Conclusiones y Recomendaciones	103
Apéndice A.-	106

Determinación de las magnitudes de los campos eléctrico y magnético dentro de la guía de onda y análisis físico de la cavidad resonante utilizada en el presente trabajo.

Apéndice B	109
Gráficos de monitoreo de temperatura y potencia reflejada en las pruebas de obtención de CaZrO_3 .	
Apéndice C	120
Gráficos de monitoreo de temperatura y potencia reflejada en las pruebas de obtención de MgAl_2O_4 .	
Apéndice D	127
Gráficos de monitoreo de temperatura y potencia reflejada en las pruebas de obtención de BaTiO_3 y ZnAl_2O_4 .	
Apéndice E	130
Determinación de la energía electromagnética consumida en el sistema total de cada experimento.	
Referencias	131
Lista de figuras	136
Lista de tablas	139

Resumen

En el presente trabajo se estudia el comportamiento involucrado en el procesamiento de dos materiales cerámicos (CaZrO_3 y MgAl_2O_4) bajo un campo de microondas en la frecuencia de 2.45 GHz. Con este propósito se mezclaron materiales en proporciones estequiométricas 1:1 molar y se corrieron experimentos en una cavidad resonante de microondas con una fuente de energía de hasta 3000 Wats de potencia, alcanzándose las temperaturas termodinámicamente necesarias para llevar a cabo los procesos de reacción del circonato de calcio y del espinel alúmina-magnesio.

Se analizaron metalográfica, química y microscópicamente las muestras obtenidas, los resultados obtenidos proporcionaron los datos necesarios para sugerir los mecanismos de reacción involucrados mediante el análisis de un diseño de experimentos en el que intervienen las variables requeridas para la obtención de los procesos observados (masa, grado de compactación y potencia aplicada).

El análisis se complementó mediante el procesamiento de dos materiales con estructuras cristalinas similares a las tratadas aquí, como son el titanato de bario y el espinel alúmina-cinc, encontrándose que las diferencias están en función de los elementos que reaccionan.