

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
DIVISIÓN BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): LORENA APELLIDOS: MARTÍNEZ MALDONADO  
NOMBRE(S): JENNIFER JUDITH APELLIDOS: RODRÍGUEZ GRIMALDOFACULTAD: INGENIERÍAPROGRAMA ACADÉMICO: INGENIERÍA INDUSTRIAL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): GABRIEL APELLIDOS: PEÑA RODRÍGUEZTÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN MECÁNICA Y TÉRMICA DE UN MATERIAL COMPUESTO A BASE DE RESINA DE POLIESTER Y RESIDUOS CERÁMICOS DE LA INDUSTRIA ODONTOLÓGICA.

## RESUMEN

Se elaboró un material compuesto de matriz resina de poliéster con refuerzo partículas de residuos cerámicos usados en odontología. El proceso de fabricación de las muestras fue por moldeo, para lo cual se realizaron probetas con 6 mezclas en % peso de: 50-50%, 60-40%, 70-30%, 80-20%, 90-10%, y 100%, las cuales se caracterizaron desde el punto de vista estructural, térmico y mecánico usando microscopia electrónica de barrido (MEB), difracción de rayos X (DRX), termogravimetría (TG), calorimetría diferencial de barrido (DSC), análisis dinámico mecánico (DMA), determinación de las propiedades termofísicas y valoración de la resistencia a la tensión, a la flexión y dureza. Los resultados permiten establecer que las muestras presentan morfologías irregulares con presencia de pequeñas aglomeraciones, se reportan tamaños de partículas principalmente de 29,63 a 38,67  $\mu\text{m}$ . De acuerdo a los patrones de difracción se detecta la presencia de diferentes fases del sulfato de calcio, además que se concluye que al aumentar la concentración de los polvos recuperados, el compuesto se torna más cristalino, de igual forma, la densidad de las muestras aumenta, y por ende la conductividad térmica ( $k$ ), la cual es directamente proporcional tanto a la rapidez de difusión de calor ( $\alpha$ ) como a la cantidad de calor que puede almacenar o liberar ( $pc$ ) el material. El análisis del comportamiento térmico, permitió determinar que las pérdidas de peso disminuyen conforme se reduce la proporción del refuerzo y se identificó la temperatura promedio de servicio del material de  $69,15 \pm 4,596^\circ\text{C}$ . Se reportan valores de dureza en rangos de 18,65 a 27,96 Vickers y se establece, teniendo en cuenta el módulo elástico, que el compuesto se hace más rígido al tener más concentración de polvos. Mediante la aplicación de la metodología ASHBY, se identifican los materiales semejantes, entre los que se encuentran el Policloruro de Vinilo, el ABS y el Poliuretano no reforzado moldeado.

**Palabras clave:** Materiales compuestos, residuos cerámicos odontológicos, estructura, comportamiento térmico, caracterización mecánica.

ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN MECÁNICA Y TÉRMICA DE UN MATERIAL  
COMPUESTO A BASE DE RESINA DE POLIESTER Y RESIDUOS CERÁMICOS DE LA  
INDUSTRIA ODONTOLÓGICA

LORENA MARTÍNEZ MALDONADO

JENNIFER JUDITH RODRÍGUEZ GRIMALDO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CÚCUTA

2014

ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN MECÁNICA Y TÉRMICA DE UN MATERIAL  
COMPUESTO A BASE DE RESINA DE POLIESTER Y RESIDUOS CERÁMICOS DE LA  
INDUSTRIA ODONTOLÓGICA

LORENA MARTINEZ MALDONADO

JENNIFER JUDITH RODRIGUEZ GRIMALDO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniera Industrial

Director:

GABRIEL PEÑA RODRÍGUEZ

PhD. Ingeniería de Materiales

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CÚCUTA

2014

## **AGRADECIMIENTOS**

*Al Dr. Gabriel Peña Rodríguez, por su colaboración incondicional en la realización del  
proyecto.*

*Al Centro de Investigación de Materiales Cerámicos de la Universidad Francisco de Paula  
Santander, por su colaboración en el proceso de obtención de los polvos recuperados.*

*Al Laboratorio de materiales de la Universidad Francisco de Paula Santander, por su  
colaboración en la realización de los ensayos de tensión.*

*Al Ingeniero Holger Cauca, encargado del Laboratorio de Materiales de la Universidad de  
Pamplona sede Pamplona, por su colaboración y asesoría en la realización de los ensayos de  
flexión.*

*Al Dr. Bladimir Ramón Valencia y Dr. Rafael Bolívar, por su apoyo y asesoría en el análisis y  
discusión de los resultados.*

*Al Fondo de Investigaciones Universitarias FINU – UFPS, por el apoyo económico recibido  
mediante contrato 041-2013.*

*A la clínica Sonricenter, por su colaboración al facilitar los residuos odontológicos.*

## **DEDICATORIA**

*Primero que todo dedico este logro a Dios y a las Santísima Virgen María por brindarme siempre el don de la sabiduría y entendimiento.*

*A mi familia, en especial a mi mamita Caroline, a Kitto y a Blankis por su amor y acompañamiento incondicional.*

**Lorena Martínez Maldonado**

*Dedico este Trabajo de Grado a mis padres Raúl Antonio Rodríguez y Judith Grimaldo que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte económica y moral en el transcurso de cada año de mi carrera para llegar a ser una Profesional.*

*A mi hermano Juan Raúl Fernando Rodríguez Grimaldo, quien es mi motor para seguir adelante y ser mejor día a día.*

*Y por último a mi tío Edgar Grimaldo y su esposa Cecilia León por su constante ayuda, cooperación y apoyo en los momentos difíciles de este camino.*

**Jennifer Judith Rodríguez Grimaldo.**



35006.01.13-

www.ufps.edu.co

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: Cúcuta, Diciembre 22 del 2014  
HORA: 09:00 a.m. - 10:00 a.m.  
LUGAR: LABORATORIOS EMPRESARIALES LE - 101  
PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA INDUSTRIAL

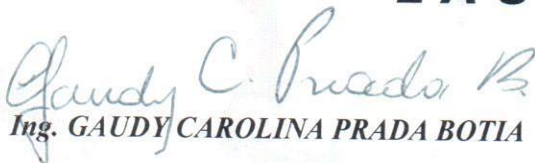
**Título de la Tesis:** "ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN MECÁNICA Y TÉRMICA DE UN MATERIAL COMPUESTO A BASE DE RESINA DE POLIÉSTER Y RESIDUOS CERÁMICOS DE LA INDUSTRIA ODONTOLÓGICA."

Jurados:  
**Ing. GAUDY CAROLINA PRADA BOTIA**  
**Ing. JULIA ANDREA OROZCO CACIQUE**  
**Lic. ANA MILENA GÓMEZ SOTO**

Director: **GABRIEL PEÑA RODRIGUEZ**

Nombre del estudiante	Código	Calificación	
		Letra	Número
LORENA MARTÍNEZ MALDONADO	1190821	CINCO	5.0
JENNIFER JUDITH RODRIGUEZ GRIMALDO	1190808	CINCO	5.0

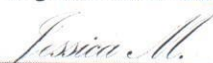
## LAUREADA

  
**Ing. GAUDY CAROLINA PRADA BOTIA**

  
**Ing. JULIA ANDREA OROZCO CACIQUE**

  
**Lic. ANA MILENA GÓMEZ SOTO**

  
Vó.Bo. ROSA PATRICIA RAMÍREZ  
Coordinadora Comité Curricular  
Ingeniería Industrial



## Contenido

	<b>pág.</b>
Introducción	17
1. El Problema	19
1.1. Título	19
1.2. Planteamiento del Problema	19
1.3. Formulación del Problema	20
1.4. Justificación	20
1.5. Objetivos	22
1.5.1. Objetivo general	22
1.5.2. Objetivos específicos	22
1.6. Alcances y limitaciones	22
1.6.1. Alcance.	22
1.6.2. Limitaciones	23
2. Marco Referencial	24
2.1. Antecedentes	24
2.2. Marco contextual	25
2.3. Marco Teórico	26
2.3.1. Materiales compuestos	26
2.3.2. Resina de Poliéster	30
2.3.3. Residuo cerámico de la industria odontológica	31
2.3.4. Ensayo de Resistencia a la Flexión	32
2.3.5. Ensayo de Resistencia a la Tensión	32
2.3.6. Conductividad térmica	32
2.3.7. Análisis térmico	33
DSC (Calorimetría de barrido diferencial)	34
TGA (Análisis termogravimétrico)	35
DMA (Análisis dinámico mecánico)	35
2.4. Marco conceptual	36
2.5. Marco legal	41

3.	Diseño Metodológico	47
3.1.	Tipo De Investigación	47
3.2.	Población y Muestra	49
3.2.1.	Población	49
3.2.2.	Muestra	49
3.3.	Instrumentos o Técnicas para la Recolección de Información	49
3.3.1.	Fuentes primarias	49
3.3.2.	Fuentes secundarias	49
3.4.	Análisis de la información	49
4.	Preparación de las muestras	51
4.1.	Obtención de los polvos cerámicos de los residuos odontológicos	51
4.2.	Obtención de la Resina de Poliéster	53
5.	Elaboración de probetas	55
5.1.	Porcentajes de mezclas empleadas	55
5.2.	Protocolo para el conformado de las probetas por el método de Colado	59
6.	Caracterización Estructural	60
6.1.	Morfología y composición química	60
6.2.	Difracción de Rayos X. (DRX)	71
7.	Caracterización Térmica	80
7.1.	Propiedades Termofísicas	80
7.2.	Comportamiento Térmico	87
7.2.1.	Análisis Termogravimétrico (TGA)	87
7.2.2.	Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC)	100
7.2.3.	Análisis Dinámico Mecánico (DMA)	109
8.	Caracterización Mecánica	120
8.1.	Dureza	120
8.2.	Resistencia mecánica a la tensión	122



8.3. Resistencia mecánica a la flexión	130
9. Enfoque Profesional	138
9.1. Análisis de Costos de Laboratorio	138
9.2. Proyección del volumen de producción del refuerzo cerámico en la ciudad de Cúcuta	141
9.3. Fichas técnicas	145
9.4. Comparativo de las aplicaciones	151
10. Conclusiones	169
11. Recomendaciones	172
Bibliografía	173
ANEXOS	181