

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB-12/v0
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN		Página

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): BIERMAN APELLIDOS: SUAREZ MARTINEZ

FACULTAD: CIENCIAS BASICAS

PLAN DE ESTUDIOS: CIENCIA Y TECNOLOGIA DE MATERIALES

DIRECTOR:

NOMBRE(S): BLADIMIR AZDRUBAL APELLIDOS: RAMÓN VALENCIA

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE BIOCMPUESTOS A PARTIR DE FIBRAS DE GUADUA (*Angustifolia Kunth*) CON POLIMÉROS COMO SUSTITUTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

RESUMEN

La realización de este proyecto, plantea la posibilidad de utilizar una matriz polimérica de características termoestables como la resina de poliéster de uso comercial P-2000 para la generación de un bio-compuesto, reforzándolo con fibras de guadua (*Angustifolia Kunth*) que por sus características y propiedades mecánicas ofrecen un potencial único como refuerzo en compuestos, verificables en resultados de estudios anteriores, citados como literatura científica de apoyo de esta investigación, que además por su origen vegetal o natural, se considera con un mayor grado de biodegradabilidad que otras materias primas o fibras sintéticas utilizadas como refuerzo de compuestos poliméricos en la actualidad. Se planteó como objetivo principal caracterizar las propiedades físico - mecánicas de un Bio-Compuesto basado en fibras de guadua (*Angustifolia Kunth*) en resinas poliméricas como sustituto de materiales de construcción. Se llegó a la conclusión de que el análisis TGA mostraron aspectos importantes en relación a la estabilidad térmica tanto de la fibra natural como de la resina utilizada, dando a conocer el rango de temperatura adecuado para el procesamiento del material compuesto.

PALABRAS CLAVE: Guadua, polímeros, construcción, fibras, biocompuestos

CARACTERISTICAS:

PÁGINAS: 195 PLANOS: ILUSTRACIONES: 82 CD ROOM: 1

Elaboró		Revisó		Aprobó	
Equipo Operativo del Proceso		Comité de Calidad		Comité de Calidad	
Fecha	24/10/2014	Fecha	05/12/2014	Fecha	05/12/2014

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE BIOCOPUESTOS A PARTIR DE FIBRAS
DE GUADUA (*Angustifolia Kunth*) CON POLIMÉROS COMO SUSTITUTO DE
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

BIERMAN SUAREZ MARTINEZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS

PLAN DE ESTUDIOS DE MAESTRIA EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE MATERIALES

SAN JOSE DE CUCUTA

2020

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE BIOCOMPUESTOS A PARTIR DE
FIBRAS DE GUADUA (*Angustifolia Kunth*) CON POLÍMEROS COMO SUSTITUTO DE
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

BIERMAN SUAREZ MARTINEZ

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al Título de
Magister en Ciencia y Tecnología de Materiales

DIRECTOR

PhD. BLADIMIR AZDRUBAL RAMÓN VALENCIA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS

PLAN DE ESTUDIOS DE MAESTRIA EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE MATERIALES

SAN JOSE DE CÚCUTA

2020

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: CÚCUTA, 17 DE DICIEMBRE DE 2018.

HORA: 9:30 AM

LUGAR: SALA DE DISEÑO CERÁMICO, LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL

PLAN DE ESTUDIOS: MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES

Título del Trabajo de Investigación: "CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE BIO COMPUESTOS A PARTIR DE FIBRAS DE GUADUA (*Angustifolia Kunth*) CON POLIMÉROS COMO SUSTITUTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN"

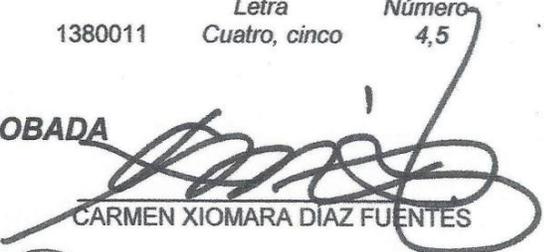
Jurados: Ph.D. JORGE HERNANDO BAUTISTA RUIZ
Ph.D. CARMEN XIOMARA DÍAZ FUENTES
Ph.D. BLADIMIR AZDRÚBAL RAMÓN VALENCIA

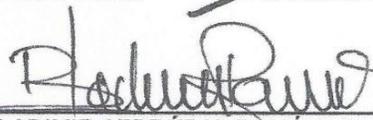
Director: Ph.D. BLADIMIR AZDRÚBAL RAMÓN VALENCIA

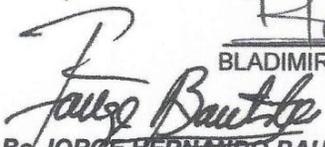
Nombre del estudiante:	Código	Calificación	
		Letra	Número
BIERMAN SUAREZ MARTÍNEZ	1380011	Cuatro, cinco	4,5


JORGE HERNANDO BAUTISTA RUIZ

APROBADA


CARMEN XIOMARA DÍAZ FUENTES


BLADIMIR AZDRÚBAL RAMÓN VALENCIA


Vo.Bo. JORGE HERNANDO BAUTISTA RUIZ
Director Comité Curricular
Maestría en Ciencia y Tecnología de Materiales

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi compañera de vida Adriana, por su amor y apoyo incondicional, a mi adorada hija Biana, motor de mi vida y fuente inspiradora, sin las cuales no fuese posible este logro. A mis padres y abuelos pilares fundamentales de mi vida con su ejemplo y perseverancia, a mi hermano y demás familia por su aliento constante para hacer realidad mis metas.

A Dios por permitirme alcanzar este sueño.

Agradecimientos

Este proyecto no se hubiese podido llevar a cabo sin la prestante colaboración de algunas personas especiales y dedicadas cuyo aporte y apoyo en las diferentes etapas fue fundamental para el desarrollo y culminación del mismo.

Agradezco especialmente a mi tutor de tesis Msc. PhD. Bladimir Azdrubal Ramón Valencia, por su dedicación y paciencia, quien dedicó su valioso tiempo a estructurar y dar forma a este proyecto.

A el PhD. Gabriel Peña Rodríguez, por su constante y desinteresado apoyo para la consecución de este logro. Y a todos los maestros formadores de la Maestría en ciencia y Tecnología de Materiales de la Universidad Francisco de Paula Santander, cuyo aporte en cada una de las diferentes áreas fue fundamental para mi formación.

Al comité curricular de la Maestría en Ciencia y Tecnología de Materiales de la UFPS, y a los directivos como Víctor Useche y Sandra Ortega, que siempre me brindaron su valioso apoyo y gestión.

A mis compañeros de Maestría, con quienes conformamos una valiosa amistad de mutuo apoyo y perseverancia.

Agradezco a las instituciones cuyo recurso humano y tecnológico permitieron la realización de este proyecto

A la Universidad de Pamplona, William Javier Mora-Espinosa y Antonio Velasco.

UPB-Bucaramanga

Laboratorio de Resistencia de Materiales UFPS

Resumen

En Colombia, desde el terremoto de 1999 en el eje cafetero, la Guadua *Angustifolia Kunth* a sido objeto de múltiples investigaciones, dado que la mayoría de las construcciones que se mantuvieron en pie durante ese sismo, fueron las construidas o reforzadas con este material, por sus buenas propiedades mecánicas a flexión, entre otras características favorables, no obstante, su uso ha sido generalmente en estado natural o rollizo. La realización de este proyecto, plantea la posibilidad de utilizar una matriz polimérica de características termoestables como la resina de poliéster de uso comercial P-2000 para la generación de un bio-compuesto, reforzándolo con fibras de guadua (*Angustifolia Kunth*) que por sus características y propiedades mecánicas ofrecen un potencial único como refuerzo en compuestos, verificables en resultados de estudios anteriores, citados como literatura científica de apoyo de esta investigación, que además por su origen vegetal o natural, se considera con un mayor grado de biodegradabilidad que otras materias primas o fibras sintéticas utilizadas como refuerzo de compuestos poliméricos en la actualidad. Con el objetivo de obtener un nuevo material que iguale o mejore las propiedades de la resina pura, contemplando la posibilidad de su uso en diversas áreas en el campo de la construcción, pero que tenga como valor agregado un menor costo de producción, así como menor impacto ambiental y consumo energético, además de propiedades mecánicas y térmicas verificables, que respalden su uso y con el propósito final de generar nuevo conocimiento en el área de la investigación de polímeros y refuerzos en el área de la construcción. Dejando planteado según los resultados, la incorporación de nuevas matrices cuyo origen pueda ser también de origen natural como el (PLA) para completar el *Green composite* en un 100%, o producto de un procesamiento o reciclaje de desechos industriales plásticos como el (PET) para de esta manera contribuir con un menor impacto ambiental.

Abstract

In Colombia, since the 1999 earthquake in the coffee belt, the *Guadua Angustifolia* Kunth has been the object of multiple investigations, given that most of the constructions that were still standing during that earthquake were those built or reinforced with this material, its good mechanical properties to flexion, among other favorable characteristics, however, its use has been generally in a natural or plump state. The realization of this project, raises the possibility of using a polymer matrix of thermoset characteristics such as polyester resin for commercial use P-2000 for the generation of a bio-compound, reinforced with *Guadua* fibers (*Angustifolia* Kunth) that by their characteristics and mechanical properties offer a unique potential as a reinforcement in compounds, verifiable in results of previous studies, cited as supporting scientific literature of this research, which also by its plant or natural origin, is considered with a higher degree of biodegradability than other raw materials or synthetic fibers used as reinforcement of polymeric compounds at present. With the aim of obtaining a new material that equals or improves the properties of the pure resin, contemplating the possibility of its use in various areas in the field of construction, but that has as an added value a lower cost of production, as well as lower environmental impact and energy consumption, in addition to verifiable mechanical and thermal properties that support its use and with the final purpose of generating new knowledge in the area of polymer research and reinforcements in the construction area. Leaving based on the results, the incorporation of new matrices whose origin could also be of natural origin as the (PLA) to complete the Green composite in a 100%, or product of a processing or recycling of industrial plastic waste such as (PET) in this way contribute with a lower environmental impact.

Contenido

	Pág.
1. Introducción	21
1.1 Materiales poliméricos	22
1.1.1 Clasificación de los polímeros	24
1.1.1.1 Según su estructura:	24
1.1.1.2 Según síntesis de polimerización:	25
1.1.1.3 Según unidad repetitiva:	26
1.1.2 Resinas termoestables	27
1.1.2.1 Resinas fenólicas.	29
1.1.2.2 Aminoplastos.	30
1.1.2.3 Poliésteres.	30
1.1.2.4 Resinas epoxi.	31
1.2 Materiales compuestos.	32
1.2.1 Estructura de los Materiales Compuestos	33
1.2.1.1 Matriz.	33
1.2.1.2 Refuerzos.	34
1.2.1.3 Interfase matriz-refuerzo.	34
1.2.2 Clasificación de los materiales compuestos	34
1.2.2.1 Clasificación según la forma de los constituyentes	34

1.2.2.2 Clasificación según la naturaleza de los constituyentes	36
1.2.2.3 Clasificación según el tamaño de la fase dispersa	37
1.2.3 Refuerzos con fibras convencionales.	38
1.2.3.1 Fibras inorgánicas	39
1.2.3.2 Fibras sintéticas.	43
1.2.4 Refuerzos con fibras naturales.	44
1.2.4.1 Clasificación de las fibras naturales.	45
1.2.4.2 Estructura de las fibras naturales.	46
1.2.4.3 Antecedentes con fibras naturales.	47
1.3 Biocompuestos.	52
1.3.1 Clasificación de los biocompuestos.	53
1.3.2 Antecedentes de biocompuestos.	54
1.3.2.1 Papercrete.	54
1.3.2.2 Ex-presso.	55
1.3.2.3 Biobuild.	55
1.3.2.4 Biocompuestos a partir de Turba.	56
1.4 Procesos de fabricación de materiales compuestos.	56
1.4.1 Proceso en molde abierto:	57
1.4.1.1 Método de contacto manual.	57
1.4.1.2 Spray-up moulding.	58

1.4.1.3 Moldeo por vacío o presión de aire.	59
1.4.1.4 Moldeo por enrollamiento filamentario.	60
1.4.2 Proceso en molde cerrado:	62
1.4.2.1 Compresión en frío	62
1.4.2.2 Pultrusion	63
1.4.2.3 Inyección de termoestables o termoplásticos.	64
1.5 Materiales de construcción.	65
1.5.1 Clasificación y tipos.	66
1.5.1.1 Materiales pétreos	66
1.5.1.2 Cerámicos y vidrios	67
1.5.1.3 Materiales aglutinantes	67
1.5.1.4 Materiales compuestos	67
1.5.1.5 Materiales metálicos	67
1.5.1.6 Materiales plásticos	67
1.5.2 Propiedades de los materiales de construcción.	68
1.5.2.1 Densidad	68
1.5.2.2 Resistencia a la compresión	68
1.5.2.3 Resistencia a la tracción	69
1.5.2.4 Duros	70
1.5.2.5 Frágiles	70

1.5.2.6 Resistentes a la corrosión	70
1.5.2.7 Económicos	70
2. Objetivos	71
2.1 Objetivo general.	71
2.2 Objetivos específicos.	71
3. Metodología	73
3.1 Materias primas empleadas	76
3.1.1 Matriz polimérica.	76
3.1.2 Refuerzo Vegetal.	78
3.1.2.1 Caracterización mediante microscopia electrónica de barrido.	80
3.1.2.2 Propiedades mecánicas de las fibras de Guadua Angustifolia Kunth.	85
3.2 Fabricación del biocompuesto.	87
3.2.1 Diseño de Mezcla.	87
3.2.2 Preparación de la pasta.	90
3.2.3 Proceso de Conformado.	94
3.2.4 Curado del conformado.	95
3.2.5 Pulido y Corte Laser de las Probetas.	96
3.3 Método de caracterización	98
3.3.1 Pruebas de tracción	99
3.3.2 Pruebas de flexión.	101

3.3.3 Comportamiento térmico.	102
3.3.3.1 Simulación transferencia de calor.	104
3.3.4 Microscopia electrónica de barrido. (SEM)	106
3.3.5 Ces-Edupack.	107
3.3.6 Software de Simulación Ansys	107
4. Resultados y discusion	109
4.1 Caracterizacion Fisico Mecanica del Matrial Compuesto	109
4.1.1 Tiempos de Gelación.	110
4.1.2 Temperatura exotérmica.	111
4.1.3 Densidad.	115
4.2 Resistencia mecánica a la flexión.	116
4.3 Resistencia mecánica a la tracción.	120
4.4 Analisis termogravimetrico del compuesto (tga)	123
4.4.1 Análisis Térmico de la fibra de Guadua	123
4.4.2 Análisis Térmico de la Resina	125
4.4.3. Análisis Térmico del Compuesto Reforzado con Fibra.	127
4.5 Simulación capacidad de aislamiento térmico	129
4.6 Analisis microestructural (SEM)	135
4.6.1. Microestructura de la Fibra de Guadua	136
4.6.2. Microestructura del Compuesto.	137

4.7 Selección de materiales (CES-EDUPACK)	138
4.8 Simulación en ANSYS	141
5. Conclusiones	150
6. Futuros trabajos de investigación	153
7. Referencias Bibliográficas	154
Anexos	163