

# I. INTRODUCCIÓN..... 29

I.1	LA CIENCIA DE POLÍMEROS.....	31
I.2	OBTENCIÓN Y TIPOS DE POLÍMEROS.....	31
I.3	POLÍMEROS Y MEDIO AMBIENTE.....	35
I.3.1	<i>Polímeros de origen petroquímico</i> .....	36
i.	Plásticos de uso común.....	36
ii.	Plásticos técnicos o de ingeniería.....	37
iii.	Plásticos altas prestaciones.....	39
I.3.2	<i>Polímeros de origen renovable</i> .....	41
i.	Polímeros no biodegradables.....	41
ii.	Polímeros biodegradables.....	46
I.3.3	<i>Biodegradabilidad en polímeros</i> .....	51
I.3.4	<i>Problemática ligada a la generación de residuos plásticos</i> .....	51
i.	Reciclaje primario.....	52
ii.	Reciclaje secundario.....	53
iii.	Reciclaje terciario.....	53
iv.	Reciclaje cuaternario.....	53
I.4	TECNOLOGIA DE POLIAMIDAS.....	54
I.4.1	<i>Obtención y clasificación de poliamidas</i> .....	54
i.	Poliamidas alifáticas.....	55
ii.	Poliamidas semiaromáticas.....	56
iii.	Poliamidas aromáticas o aramidas.....	56
iv.	Poliamidas de origen renovable.....	57
I.4.2	<i>Propiedades generales y aplicaciones de las poliamidas</i> .....	61
I.5	MODIFICACIÓN DE POLÍMEROS.....	62
I.5.1	<i>Incorporación de cargas</i> .....	62
I.5.2	<i>Incorporación de aditivos</i> .....	63
i.	Plastificantes.....	64
ii.	Retardantes de llama.....	64
iii.	Modificadores de impacto.....	65
iv.	Antioxidantes.....	65
v.	Estabilizantes radiación UV.....	66
vi.	Antimicrobianos.....	67
vii.	Colorantes y pigmentos.....	67
viii.	Espumantes.....	68
ix.	Compatibilizantes.....	68
x.	Antiestáticos.....	68
I.6	TECNOLOGÍA DE TERMOPLÁSTICOS CON COMPORTAMIENTO IGNÍFUGO.....	69
I.6.1	<i>Comportamiento ignifugo y retardante a la llama en polímeros</i> .....	70
i.	Formación de capa de protección.....	71
ii.	Por enfriamiento.....	71
iii.	Por dilución.....	72
I.6.2	<i>Aditivos retardantes de llama de uso industrial</i> .....	72
i.	Aditivos hidratados o hidróxidos inorgánicos.....	72
ii.	Aditivos basados en halógenos.....	73
iii.	Aditivos basados en compuestos fosforados.....	73
iv.	Aditivos basados en nitrógeno.....	74
v.	Aditivos basados en silicio.....	74

vi.	Aditivos basados en boro.....	74
vii.	Aditivos basados en estructuras poliméricas.....	75
I.6.3	<i>Aditivos retardantes de llama de origen natural.</i> .....	75
i.	Celulosa.....	75
ii.	Hemicelulosa.....	76
iii.	Almidón como retardante de llama.....	76
iv.	Quitosano.....	77
v.	Lignina.....	77
I.7	COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO DE LAS POLIAMIDAS Y ESTRATEGIAS DE MEJORA.....	77
I.7.1	<i>Comportamiento al fuego de las poliamidas.</i> .....	77
I.7.2	<i>Mejora de las propiedades ignifugas de las poliamidas.</i> .....	78
i.	Retardantes de llama industriales.....	78
ii.	Retardantes de llama derivados de compuestos renovables.....	79
<b>II.</b>	<b>OBJETIVOS Y PLANIFICACIÓN.....</b>	<b>99</b>
II.1	HIPÓTESIS.....	101
II.1.1	<i>Objetivo general.</i> .....	101
II.1.2	<i>Objetivos parciales.</i> .....	102
II.2	PLANIFICACIÓN.....	103
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>107</b>
	RESUMEN DE CONTENIDOS POR COMPENDIO DE ARTÍCULOS.....	109
III.1	ADAPTACIÓN DEL ARTÍCULO “INJECTION-MOLDED PARTS OF PARTIALLY BIOBASED POLYAMIDE 610 AND BIOBASED HALLOYSITE NANOTUBES”.....	113
	ABSTRACT.....	113
	KEYWORDS.....	113
III.1.1	INTRODUCTION.....	114
III.1.2	MATERIALS AND METHODS.....	116
i.	Materials.....	116
ii.	Sample preparation.....	116
iii.	Characterization techniques.....	117
III.1.3	RESULTS.....	119
i.	Mechanical properties of PA610/HNTs composite parts.....	119
ii.	Morphology of PA610/HNTs composites.....	121
iii.	Thermal properties of PA610/HNTs composites.....	124
iv.	Thermomechanical properties of PA610/HNTs composites.....	128
III.1.4	CONCLUSIONS.....	130
	FUNDING.....	132
	ACKNOWLEDGEMENTS.....	132
	REFERENCES.....	133
III.2	ADAPTACIÓN DEL ARTÍCULO “THE EFFECT OF HALLOYSITE NANOTUBES ON THE FIRE RETARDANCY PROPERTIES OF PARTIALLY BIOBASED PA 610”.....	139
	ABSTRACT.....	139
	KEYWORDS.....	139
III.2.1	INTRODUCTION.....	140
III.2.2	MATERIALS AND METHODS.....	142
i.	Materials.....	142
ii.	Sample preparation.....	142
iii.	Material characterization.....	143
III.2.3	RESULTS.....	145

i.	Cone calorimeter test (CCT).....	145
ii.	Limiting oxygen index (LOI) and UL94 results.....	157
iii.	Smoke density and toxicity analysis.....	159
iv.	Calorific value.....	161
III.2.4	CONCLUSIONS.....	163
	FUNDING.....	165
	ACKNOWLEDGEMENTS.....	165
	REFERENCES.....	166
III.3	ADAPTACIÓN DEL ARTÍCULO “DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF HIGH ENVIRONMENTALLY FRIENDLY COMPOSITES OF BIO-BASED POLYAMIDE 1010 WITH ENHANCED FIRE RETARDANCY PROPERTIES BY EXPANDABLE GRAPHITE”.....	173
	ABSTRACT.....	173
	KEYWORDS.....	173
III.3.1	INTRODUCTION.....	174
III.3.2	MATERIALS AND METHODS.....	176
i.	Materials.....	176
ii.	Sample preparation.....	177
iii.	Material characterization.....	179
III.3.3	RESULTS.....	182
i.	Mechanical properties of PA1010/EGr composites.....	182
ii.	Morphology of PA1010/EGr composites.....	184
iii.	Thermal properties of PA1010/EGr composites.....	185
iv.	Thermomechanical characterization of PA1010/EGr composites.....	189
v.	Colour measurement and visual appearance.....	192
vi.	Wetting properties of the PA1010/EGr composites.....	194
vii.	Water uptake characterization.....	195
viii.	Cone calorimeter test (CCT).....	196
ix.	Limiting oxygen index (LOI) and UL-94.....	200
III.3.4	DISCUSSION.....	202
III.3.5	CONCLUSIONS.....	203
	FUNDING.....	204
	ACKNOWLEDGEMENTS.....	204
	REFERENCES.....	205

## **IV. CONCLUSIONES..... 213**

IV.1	CON RESPECTO A LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE COMPUESTOS DE BIOPA610 Y NANOTUBOS DE HALOYSITA.....	215
IV.2	CON RESPECTO A LAS PROPIEDADES IGNÍFUGAS DE COMPUESTOS DE BIOPA610 Y NANOTUBOS DE HALOYSITA.....	216
IV.3	CON RESPECTO A LAS PROPIEDADES MECÁNICAS E IGNÍFUGAS DE COMPUESTOS DE BIOPA1010 Y GRAFITO EXPANDIDO.....	217
IV.4	CONCLUSIONES GENERALES.....	219

## **V. APÉNDICES ..... 221**

V.1	APÉNDICE I. NORMATIVA, PARÁMETROS Y ENSAYOS DE COMPORTAMIENTO AL FUEGO.....	223
V.1.1	Índice de oxígeno límite (OI).....	223
V.1.2	Cono calorimétrico.....	225
V.1.3	Opacidad y toxicidad de los humos.....	229

V.1.4	<i>Bomba calorimétrica</i> .....	233
-------	----------------------------------	-----