

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes generales . . . . .	1
<b>2. Estado del arte</b>	<b>2</b>
2.1. Ácido poliláctico . . . . .	2
2.2. Disulfuro de molibdeno . . . . .	4
2.3. Polímeros con memoria de forma (SMP) . . . . .	14
2.3.1. Programación y mecanismo de funcionamiento . . . . .	15
2.3.2. SMP y nanorelentos . . . . .	16
2.3.3. Bicapas . . . . .	17
2.4. Impresión 4D . . . . .	19
2.5. Bicapas impresas de PLA sobre papel . . . . .	20
2.6. <i>Soft-robots</i> . . . . .	22
<b>3. Objetivos</b>	<b>24</b>
3.1. Objetivo general . . . . .	24
3.2. Objetivos específicos . . . . .	24
<b>4. Metodología experimental</b>	<b>25</b>
4.1. Materiales . . . . .	25
4.2. Metodología . . . . .	25
4.2.1. Exfoliación $MoS_2$ . . . . .	25
4.2.2. Preparación de los films y bicapas . . . . .	25
4.2.3. Preparación de filamentos e impresión 3D . . . . .	26
4.2.4. Caracterización . . . . .	27
4.2.4.1. Caracterización espectroscópica . . . . .	27
4.2.4.2. Caracterización mediante microscopía óptica . . . . .	27
4.2.4.3. Difracción de rayos X . . . . .	27
4.2.4.4. Calorimetría diferencial de barrido, DSC . . . . .	27
4.2.4.5. Propiedades mecánicas . . . . .	28
4.2.5. Metodología experimental . . . . .	28
4.2.6. Actuación compósitos . . . . .	28
<b>5. Resultados y discusiones</b>	<b>30</b>
5.1. Caracterización de las partículas de disulfuro de molibdeno . . . . .	30
5.2. <i>Solvent casting</i> . . . . .	33
5.2.1. Caracterización . . . . .	33
5.2.1.1. Microscopía . . . . .	33

5.2.1.2.	Espectro UV-vis . . . . .	33
5.2.1.3.	XRD . . . . .	34
5.2.1.4.	DSC . . . . .	35
5.2.2.	Propiedades mecánicas . . . . .	36
5.2.3.	Deformación de los compósitos bajo estímulo IR . . . . .	37
5.2.3.1.	Compósitos . . . . .	37
5.2.3.2.	Bicapa . . . . .	39
5.2.3.3.	Proceso de memoria de forma . . . . .	43
5.3.	Impresión 3D . . . . .	46
5.3.1.	Caracterización . . . . .	46
5.3.1.1.	Microscopia . . . . .	46
5.3.1.2.	XRD . . . . .	47
5.3.1.3.	DSC . . . . .	47
5.3.2.	Propiedades mecánicas . . . . .	49
5.3.3.	Análisis parámetros de impresión . . . . .	50
5.3.4.	Actuación bicapa . . . . .	51
5.3.5.	Proceso de memoria de forma . . . . .	53
5.4.	<i>Soft robots</i> . . . . .	55
5.5.	Propuesta de mecanismo de funcionamiento . . . . .	57
<b>6.</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>60</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>62</b>
	<b>Anexos</b>	<b>68</b>
<b>A.</b>	<b>Termogramas DSC muestras <i>solvent casting</i></b>	<b>69</b>
<b>B.</b>	<b>Termogramas DSC muestras impresas</b>	<b>72</b>
<b>C.</b>	<b>Parámetros de impresión</b>	<b>75</b>