

# Contenido

<b>Resumen</b>	<b>VI</b>
<b>Abstract</b>	<b>VII</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del problema . . . . .	2
1.2. Antecedentes bibliográficos . . . . .	2
1.3. Hipótesis . . . . .	3
1.4. Objetivos . . . . .	3
1.4.1. Objetivo general . . . . .	3
1.4.2. Objetivos específicos . . . . .	4
1.5. Organización del documento . . . . .	4
<b>2. Descripción de la publicación</b>	<b>5</b>
2.1. Alcances del proyecto . . . . .	6
2.2. Metodología y herramientas utilizadas . . . . .	6
2.3. Contribución de la publicación . . . . .	6
2.4. Homogeneización numérica . . . . .	7
2.5. Geometría, tamaño y malla del VER . . . . .	8
2.6. Probetas de ensayo . . . . .	9
2.6.1. Partículas de madera . . . . .	9
2.6.2. Tereftalato de polietileno (PET) . . . . .	10
2.6.3. Compuesto de plástico y madera . . . . .	10
<b>3. Discusión de los resultados</b>	<b>11</b>
3.1. Distribución de tamaño de partículas . . . . .	12
3.2. Orientación de partículas . . . . .	12
3.3. Resultados experimentales . . . . .	14
3.4. Resultados numéricos-experimentales . . . . .	15
3.5. Limitaciones . . . . .	18
3.6. Oportunidades futuras . . . . .	18
<b>4. Conclusiones</b>	<b>19</b>
<b>Anexo 1</b>	<b>24</b>

# Índice de figuras

2.1. Principio del esquema de homogeneización. . . . .	7
2.2. Representación de la orientación de una sola fibra a través del vector unitario $(p_1, p_2, p_3)$ en el sistema de coordenadas cartesianas o por $(1, \theta, \phi)$ en un sistema de coordenadas esféricas. . . . .	9
2.3. Geometría de probetas, flujo de inyección y zonas para medir la orientación de la partícula. . . . .	10
3.1. Distribución del tamaño de la harina de madera (de acuerdo al ancho de partícula). Las líneas rojas indican el ancho medio de las partículas que pertenecen a las composiciones A, B y C (0,377; 0,585 y 0,261 [mm], respectivamente). . . . .	13
3.2. Procesamiento de imágenes (plano $x - y$ ) en parte de la zona $J5$ para obtener el tensor de orientación de las fibras de una muestra A05. (Para la interpretación de las líneas de color, se remite al lector a la versión web de este documento.) . . . . .	13
3.3. Comparación numérica-experimental del Módulo de Young en la dirección $x$ para composiciones A05 y A10. Al igual que en una distribución espacial aleatoria (random 3D - O3), los resultados se consideran contenidos entre los límites de Voigt y Reuss en las direcciones axial y transversal, respectivamente. . . . .	17
3.4. Influencia del tamaño y de la orientación en el espacio de las partículas en el módulo de elasticidad en la dirección $x$ para los compuestos A10, B10 y C10. . . . .	17

# Índice de tablas

2.1. Composición de las probetas. . . . .	10
3.1. Tamaños de malla utilizados para tamizar (norma estándar ASTM E-11 [1]) y distribución del tamaño de la harina de madera en estudio (última columna). . . . .	12
3.2. Tamaños y AR de harina de madera. . . . .	12
3.3. Tensores de orientación de fibra para diferentes muestras y sus desviaciones estándar. Obtenido a partir de formulación A05. . . . .	14
3.4. Propiedades mecánicas y sus desviaciones estándar (ensayo de flexión de 3 puntos). . . . .	14
3.5. Dimensiones seleccionadas para cada VER de acuerdo a la orientación de partículas y al tipo de formulación. . . . .	15
3.6. Módulo de elasticidad para diferentes formulaciones con orientación de partículas aleatorias (la homogeneización periódica se calcula con el programa DIGIMAT). . . . .	16
3.7. Tensor de orientación usado para el método de homogeneización periodica en Fig. 3.3. . . . .	16