

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Justificación.....	12
I. INTRODUCCIÓN	20
1. Antecedentes y estado actual.....	22
2. Generalidades	24
3. Materiales compuestos	25
3.1 Definición de material compuesto.....	25
3.2 Componentes de un material compuesto	27
3.2.1 Fibras de refuerzo.....	27
3.2.2 Materiales reforzados con partículas.....	29
3.2.3 Materiales reforzados con fibras.....	29
3.2.4 Material Sándwich.....	31
3.3 Matriz	33
3.3.1 Resina biodegradable	35
3.3.2 Resinas de poliéster.....	39
3.4 Interfase	46
4. Fibras de naturales	50
4.1 Biocomposites de fibras naturales.....	54
4.2 Características y clasificación de fibras naturales.....	58
4.2.1 Definición.....	58
4.2.2 Evolución histórica de las fibras naturales	61
5. Materia de residuos textiles	65
6. Inicio de los composites	66
6.1 Auge de los composites.....	67
6.2 Actualidad	70
7. Propiedades acústicas de los composites	73
7.1 Introducción	73
7.2 Aislamiento acústico a ruido aéreo.....	82
7.3 Aislamiento acústico de una partición simple y de capa múltiples.....	86
7.4 Ley de masas	89
7.5 Paredes dobles	90

7.6	Estructura de los materiales acústicos.....	99
7.8	Cámara de transmisión a ruido aéreo.....	111
7.9	Velocidad de propagación del sonido en el aire	116
7.10	Impedancia acústica.....	126
8.	Análisis Modal.....	128
8.1	Medios Continuos	128
8.2	Ecuaciones del movimiento: Formulación matricial.....	132
8.3	Vibraciones libres no amortiguadas. Modos de vibración.....	133
8.4	Técnicas no destructivas	136
8.5	Métodos acústicos: análisis de vibraciones	137
8.6	Técnica utilizada en los ensayos	143
9.	Cálculo de laminados.....	146
9.1	Conceptos generales sobre laminados	146
9.2	Micromecánica y macromecánica.....	148
9.3	Laminas.....	153
9.4	Análisis micromecánico de una lámina.....	154
9.4.1	Introducción	154
9.4.2	Fracción volumétrica	155
9.4.3	Fracción másica.	157
9.4.4	Densidad de la lámina	158
9.4.5	Relaciones entre propiedades.....	159
9.4.6	Porosidad.....	160
9.4.7	Gramaje de la fibra y de la matriz	162
9.4.8	Análisis de una lámina de material ortótropo compuesto en las direcciones locales	166
9.4.9	Relaciones tensión – deformación en las direcciones globales	199
9.4.10	Análisis de laminados	207
9.4.11	Características mecánicas del modelo de un laminado	210
9.4.12	Cálculo de tensiones y deformaciones.....	214
9.4.13	Análisis de fuerzas y deformaciones	216
9.4.14	Análisis de momentos	218
9.4.15	Matriz de rigidez a flexión (D)	220
9.4.16	Matriz plana normalizada.....	221
9.4.17	Matriz de acoplamiento [B].....	223
9.4.18	Tipos de laminados.....	224
9.4.19	Trabajo de un laminado en tensión plana y flexión	231

II. ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO	236
1. Introducción	238
2. Revisión bibliográfica	238
3. Palabras clave de búsqueda	240
4. Patentes	244
4.1 Tipo de patentes	245
4.1.1 Protección a las creaciones estéticas. Diseño Industrial.....	245
4.1.2 Propiedad intelectual	247
4.2 Resumen de patentabilidad	247
4.3 Resumen de patentes obtenido tras la búsqueda en la base de datos INVENES.....	249
4.4 Búsqueda de patentes a nivel nacional con la base de datos de Google ..	250
4.5 Esp@cenet.....	250
4.6 PatentScope	252
5. Resultado y conclusiones.....	253
III. OBJETIVOS Y PLANIFICACIÓN.....	254
1. Objetivos.....	256
2. Planificación de la investigación	257
2.1 Estado del arte. Estudio Bibliográfico	257
3. Resultados y conclusiones	260
IV. EQUIPAMIENTO	264
1. Fabricación	266
1.1 Bomba de vacío	267
1.2 Cubo de evacuación de resina Airtech.....	267
1.3 Máquina de corte	269
2. Caracterización física. Densidad - porosidad.....	270
3. Caracterización mecánica y dinámica	271
3.1 Ensayo de tracción	271

3.2	Ensayo de flexión	276
3.3	Péndulo de charpy.....	279
3.4	Dureza Shore D.....	282
4.	Caracterización dinámica.....	283
4.1	Shaker.....	283
4.2	Método de análisis modal impulso-respuesta	284
4.3	Método de vibración libre.....	285
5.	Caracterización acústica	286
5.1	Cámara de transmisión	286
5.2	Cámara de reverberación.....	288
V.	MATERIALES.....	290
1.	Materiales fungibles.....	292
2.	Resinas	297
2.1	Resina biodegradable.....	297
2.2	Resina de poliéster	300
3.	Tipo de fibras y/o tejidos.....	302
3.1	Características generales de las fibras utilizadas	304
3.1.1	Fibra de yute.....	306
3.1.2	Fibra de lino	308
3.1.3	Fibra de Materia Textil Borra.....	310
3.1.4	Fibra de coco	311
3.1.5	Fibra de cáñamo	313
3.1.6	Lana de oveja	315
3.1.7	Yeso laminado	317
VI.	PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES	320
1.	Fabricación	322
1.1	Metodología de fabricación	322
1.2	Preparación de los tejidos y/o fibras	322
1.3	Acondicionamiento de la superficie de trabajo	323
1.4	Colocación de los tejidos y/o fibras	324
1.5	Colocación de los canales de vacío	325
1.6	Colocación de los canales de entrada de resina	326

1.7	Colocación de la bolsa de vacío.....	327
1.8	Colocación de las canalizaciones.....	328
1.9	Infusionado de la resina	329
2.	Caracterización física: densidad - porosidad	330
2.1	Metodología de medida de la densidad	330
2.2	Nivel de porosidad de lámina.....	332
2.3	Proceso operativo del ensayo densidad	334
3.	Caracterización mecánica y dinámica	336
3.1	Ensayos máquina de tracción.....	336
3.2	Coefficiente de poisson y módulo de elasticidad.....	339
3.3	Resistencia máxima a la flexión	342
3.4	Impacto	345
3.5	Dureza shore D.....	347
3.6	Métodos dinámicos.....	350
3.6.1.	Ensayo por medio de vibración libre	351
3.6.2.	Método de vibración forzada (Shaker).....	355
3.6.3.	Método de análisis modal impulso-respuesta	356
3.6.4.	Obtención del módulo de elasticidad.....	359
4.	Caracterización acústica	361
4.1	Cámara de transmisión	361
4.2	Cámara de reverberación.....	367
5.	Simulación numérica	370
5.1	Análisis modal	370
5.1.1	Programa Ansys Workbench	370
5.1.2	Análisis ortotrópico	371
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	384
1.	Composición de los composites fabricados.....	386
1.1	Composites de fibra de yute	386
1.2	Composites de lino biaxial.....	388
1.3	Materia textil borra	390
1.4	Composites de Coco.....	393
1.5	Composites de Cáñamo.....	395

2. Caracterización física	397
2.1 Densidad hidrostática	397
2.2 Porosidad.....	397
2.3 Representación gráfica de los resultados de densidad	402
3. Caracterización mecánica	403
3.1 Composites yute.....	403
3.2 Composites de lino biaxial.....	407
3.3 Composites de Materia Textil Borra	412
3.4 Composites de coco	417
3.5 Composites de cáñamo	421
3.6 Módulos de elasticidad de los composites con extensómetros	426
3.6.1. Obtención de parámetros en la máquina universal con extensómetros ..	426
3.6.2. Valores de los módulos de elasticidad	431
3.7 Representaciones gráficas de las propiedades mecánicas	432
3.7.1. Resistencia máxima a la tracción.....	432
3.7.2. Resistencia máxima a la flexión.....	433
3.7.3. Dureza tipo D	434
3.7.4. Impacto.....	435
3.7.5. Módulos de elasticidad con extensómetros	435
4. Caracterización dinámica y acústica.....	437
4.1 Frecuencia natural de vibración.....	437
4.2 Módulos de elasticidad	437
4.3 Resultados comparativos ensayo dinámico versus ensayo estático	440
4.3.1 Módulo elasticidad biocomposites.....	440
4.3.2 Módulos de elasticidad composites resina de poliéster	442
4.4 Aislamiento acústico en cámara de transmisión	443
4.4.1 Frecuencias críticas y rango de frecuencia cámara transmisión.....	443
4.4.2 Aislamiento acústico de láminas	443
4.4.3 Valores ponderados del aislamiento acústico al ruido aéreo	449
4.4.4 Comparativas entre láminas.....	452
4.4.5 Valores acústicos frente al ruido aéreo de la lámina de yeso laminado.	458
4.4.6 Valores ponderados de la placa yeso laminado	458
4.4.7 Comparativas láminas “green composite” - yeso laminado	459
4.4.8 Recopilación de resultados.....	463
4.4.9 Elección de materiales para placas sándwich	465
4.4.10 Apilamientos multicapa.....	468

4.4.11	Sándwich con composites y lana de oveja	468
4.4.12	Combinaciones de láminas de yeso laminado con composites - biocomposites y lana de oveja	480
4.4.13	Comparativa entre apilamientos	488
4.4.14	Cálculo de la velocidad de propagación del sonido en los materiales compuestos con bioresina – resina de poliéster y placa de yeso laminado	492
4.4.15	Cálculo de las impedancias acústicas de los composites- PYL- Lana.....	496
4.4.16	Cálculo teórico del aislamientos en paredes simples y dobles.....	497
5.	Cálculos de los laminados.....	507
5.1	Cálculo del composite lino con resina de poliéster	508
5.1.1	Datos de partida	508
5.1.2	Regla de las mezclas	509
5.1.3	Cálculo de las constantes locales	510
5.1.4	Cálculo de las matrices de rigidez locales y globales del laminado	513
5.1.5	Cálculo de las matrices de flexibilidad local y global.....	519
5.2	Cálculo del apilamiento del composite con resina de poliéster	523
5.2.1	Cálculo de la matriz de rigidez extensional	523
5.2.2	Calculo de la matriz normalizada	524
5.2.3	Cálculo de la inversa de la matriz plana normalizada	524
5.2.4	Cálculo de las constantes ingenieriles globales.....	525
5.2.5	Cálculo de la matriz de rigidez flexibilidad	525
5.2.6	Cálculo de las tensiones – deformaciones	529
5.3	Recopilación de resultados teóricos de los “green composites”	530
5.4	Resultados teóricos de los composites con resina de poliéster	531
5.5	Recopilación de resultados en forma gráfica de los composites con resina de poliéster	532
5.6	Recopilación de resultados de forma gráfica de “green composites” con bioresina.....	536
6.	Simulación numérica	541
6.1	Programa informático eLamX2	541
6.2	Criterio de Tsai – Hill	543
6.3	Introducción de los laminados del material tipo sándwich	547
6.4	Valores obtenidos a través del programa informático eLam x ²	550
6.4.1.	Composite de yute con resina de poliéster	551
6.4.2.	Biocomposite de yute	554
6.4.3.	Composite de lino con resina de poliéster.....	556

6.4.4.	Biocomposite de lino	558
6.4.5.	Materia de residuo textil borra con resina de poliéster.....	560
6.4.6.	Materia de residuo textil borra con bioresina.....	562
6.4.7.	Composite cáñamo con resina de poliéster	564
6.4.8.	Biocomposite de cáñamo	566
6.4.9.	Composite coco con resina de poliéster.....	568
6.4.10.	Biocomposite de coco	570
6.5	Ansys Workbench.....	572
6.5.1	Obtención de las frecuencias de los primeros modos de vibración	572
6.6	Diseño con Solidwoks Premium.....	575
6.6.1	Análisis estático.....	575
6.6.2	Resultados obtenidos tras el análisis.....	582
6.6.3	Correlación entre valores calculados por análisis matemático y de diseño	596
VIII. CÁLCULO DEL COSTE DE LAS PLACAS.....		600
1.	Introducción	602
2.	Cálculo del coste de la resina.....	602
3.	Cálculo del coste de las fibras y/o tejidos	603
4.	Cálculo del coste de los materiales fungibles.....	604
5.	Cálculo del coste de la energía.....	605
6.	Cálculo del coste de la mano de obra	605
7.	Coste de cada placa	606
IX. CONCLUSIONES.....		626
1.	Conclusiones del aspecto práctico	628
2.	Conclusiones de los resultados obtenidos	629
3.	Propiedades mecánicas	631
4.	Aislamiento al ruido aéreo	633
5.	Métodos dinámicos.....	637

6. Costes.....	639
7. Alternativa	640
X. LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS.....	642
1. Investigación	644
XI. REFERENCIAS	645
1. Citas bibliográficas	647
2. Páginas Web.....	667
3. Bibliografía	668
XII. ANEXOS.....	669