



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE MECÁNICA DE LOS MEDIOS CONTINUOS
Y TEORÍA DE ESTRUCTURAS

GRUPO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA DE MATERIALES

Proyecto Fin de Carrera:

CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO A
FATIGA EN TRACCIÓN – TRACCIÓN DE TEJIDOS DE
FIBRA DE CARBONO / RESINA EPOXI.
ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA FRECUENCIA.

Roberto Durán Carramolino

Ingeniería Aeronáutica

Tutorado por:

D. Juan Carlos Marín Vallejo

D. Jesús Justo Estebaranz

Sevilla, Julio 2013

Agradecimientos:

En primer lugar agradezco a mi familia, y en especial a mis padres y mi hermana, su apoyo incondicional durante todos estos años. Por haber confiado siempre en mí y por su dedicación y cariño; sin ellos esta etapa no hubiera llegado a su fin.

A D. Juan Carlos Marín Vallejo y D. José Cañas Delgado, por haber confiado en mí para llevar a cabo este proyecto, por haberme ayudado con su experiencia y conocimiento y por facilitarme la documentación de sus estudios para el desarrollo de este proyecto.

A D. Jesús Justo Estebaranz, por su inestimable ayuda durante todas las fases del desarrollo de este proyecto, por haber invertido su tiempo y conocimientos en una incesante colaboración.

A D. Federico París Carballo, por despertar en mí el interés investigador en el ámbito de la Elasticidad y Resistencia de Materiales gracias a sus magistrales clases.

Al personal del Laboratorio de Elasticidad y Resistencia de Materiales con los que he trabajado durante este año, Antonio Cañas, José Ramón, Rafa, Juan José, Miguel e Isabel, por su ayuda y por haberme enseñado a valerme por mí mismo con las herramientas y maquinaria del laboratorio.

A Eugenio Montes Sánchez, por su colaboración y trabajo durante el desarrollo de nuestros proyectos, y por compartir inquietudes durante todos estos años en la ESI.

A todos mis amigos, por confiar siempre en mí y por ayudarme a superar los momentos amargos durante estos años, y por supuesto por haberme brindado la oportunidad de vivir con ellos las mejores experiencias.

A los *Chufas Ilustrados*, por convertirse en mi familia durante todos estos años.

Y en especial, gracias a mi padre, por todo su cariño, dedicación y sacrificio, por todas las mañanas que escuché “*¡Chico, el café!*”

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Origen del proyecto.....	3
1.2	Objetivos	8
1.3	Contenido	10
2	ANTECEDENTES	11
2.1	Introducción	13
2.2	Materiales compuestos.....	14
2.2.1	Clasificación de los materiales compuestos	14
2.2.2	Matrices.....	15
2.2.3	Fibras	19
2.2.4	Fabricación de materiales compuestos fibrosos	24
2.3	Estudios de fatiga en materiales compuestos.....	26
2.3.1	Curvas S-N.....	26
2.3.2	Factores del material que afectan a la vida a fatiga de los laminados.....	28
2.3.3	Efecto de las características de la tensión en la vida a fatiga de los laminados	30
2.3.4	Diagramas de vida constante	32
2.4	Estudios de fatiga en laminados de tejido de fibra de carbono / resina epoxi.....	35
3	FABRICACIÓN DE LOS ESPECÍMENES	37
3.1	Introducción	39
3.2	Material	40

3.2.1	Características del material	40
3.2.2	Requisitos del material pre-impregnado.....	41
3.3	Fabricación de los laminados	42
3.3.1	Dimensionamiento de los paneles	42
3.3.2	Fabricación de los paneles.....	43
3.3.2.1	Proceso de apilado	44
3.3.2.2	Proceso de curado en autoclave	46
3.4	Preparación de las probetas.....	53
3.4.1	Pegado de los tacones de fibra de vidrio	53
3.4.2	Corte de las probetas	57
4	ENSAYOS.....	59
4.1	Introducción	61
4.2	Ensayos estáticos.....	63
4.3	Ensayos dinámicos.....	67
4.4	Resultados experimentales	72
4.4.1	Ensayos estáticos.....	72
4.4.2	Ensayos dinámicos.....	86
5	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	95
5.1	Introducción	97
5.2	Análisis de resultados de ensayos estáticos.....	98
5.2.1	Ensayos estáticos on-axis	98
5.2.1.1	Ensayos estáticos on-axis. Panel 1	98
5.2.1.2	Ensayos estáticos on-axis. Panel 2	99
5.2.2	Ensayos estáticos off-axis.....	101
5.2.2.1	Ensayos estáticos off-axis. Panel 3	101

5.2.2.2	Ensayos estáticos off-axis. Panel 4.....	102
5.3	Análisis de resultados de ensayos dinámicos.....	103
5.3.1	Ensayos dinámicos on-axis	103
5.3.2	Ensayos dinámicos off-axis.....	117
5.3.3	Morfología de la zona de rotura.....	126
5.3.4	Evolución de la temperatura en los ensayos dinámicos	129
6	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	133
6.1	Resumen y conclusiones	135
6.2	Trabajos futuros	137
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139

