

# Índice de Contenidos

<b>Resumen</b>	<b>v</b>
<b>Abstract</b>	<b>vii</b>
<b>Índice de Variables</b>	<b>ix</b>
<b>Índice de Contenidos</b>	<b>xiii</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>xvii</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Historia de los Vehículos Aéreos No Tripulados . . . . .	1
1.1.1. Primera Guerra Mundial . . . . .	1
1.1.2. Segunda Guerra Mundial . . . . .	2
1.1.3. Posguerra . . . . .	3
1.2. Mercado Actual . . . . .	3
1.2.1. Tipos de Vehículos . . . . .	3
1.2.2. Motorizaciones Disponibles . . . . .	6
1.3. Principales Usos . . . . .	7
1.3.1. Modelos Destacados . . . . .	8
1.4. Propósito del Proyecto . . . . .	11
<b>2. Diseño Conceptual</b>	<b>13</b>
2.1. Propuesta del Proyecto . . . . .	14
2.1.1. Tipo de Vehículo base . . . . .	14
2.1.2. Selección de Motorización . . . . .	14
2.1.3. Optimización del Rango . . . . .	15
2.2. Requerimientos . . . . .	16
2.3. Funcionamiento . . . . .	17
2.3.1. Modelado Parte Externa . . . . .	17
2.3.2. Modelado de la Propulsión . . . . .	20
2.4. Cronología del Proyecto . . . . .	22

<b>3. Desarrollo de la Propulsión</b>	<b>25</b>
3.1. Marco Teórico . . . . .	25
3.1.1. Propulsores . . . . .	25
3.1.2. Motorización . . . . .	29
3.1.3. Celda de Carga . . . . .	30
3.2. Método experimental . . . . .	31
3.2.1. Calibración de la celda de carga . . . . .	31
3.2.2. Construcción del Banco de Pruebas y Puesta en Marcha . . . . .	31
3.3. Resultados . . . . .	36
3.3.1. Celda de cargas . . . . .	36
3.3.2. Primeros ensayos de propulsión . . . . .	37
3.3.3. Empuje en Función de la Geometría del Propulsor . . . . .	37
3.3.4. Análisis en frecuencia de las mediciones . . . . .	42
<b>4. Desarrollo de la Generación</b>	<b>47</b>
4.1. Marco Teórico . . . . .	47
4.1.1. Motores sin escobillas . . . . .	47
4.1.2. Sistema trifásico . . . . .	48
4.1.3. Rectificador . . . . .	49
4.2. Método experimental . . . . .	49
4.2.1. Implementación del generador trifásico . . . . .	49
4.2.2. Utilización del rectificador . . . . .	51
4.3. Resultados . . . . .	52
4.3.1. Caracterización del generador . . . . .	52
4.3.2. Caracterización del rectificador . . . . .	57
<b>5. Desarrollo de la Mecánica</b>	<b>61</b>
5.1. Punto Nominal de Operación . . . . .	61
5.2. Diseño de la Transmisión . . . . .	62
5.2.1. Opciones de Transmisión . . . . .	62
5.2.2. Diseño y Construcción . . . . .	64
5.3. Definición de Perfiles Alares . . . . .	69
5.4. Diseño de la Estructura . . . . .	72
5.5. Validación de la Estructura . . . . .	76
5.5.1. Ensayo por Fuerzas Estáticas . . . . .	76
5.5.2. Búsqueda de los Modos Normales . . . . .	78
5.5.3. Estudio Forzado de Vibraciones . . . . .	79
5.5.4. Validación Experimental del Estudio Forzado . . . . .	82
5.5.5. Validación del Eje Secundario . . . . .	84

---

5.5.6. Determinación de la Vida Útil por Fatiga . . . . .	85
5.6. Soluciones para la Compensación del <i>Yaw</i> . . . . .	92
5.6.1. Uso de Alerones . . . . .	92
5.6.2. Redireccionamiento de los Motores Eléctricos . . . . .	94
5.7. Detalles sobre la Construcción . . . . .	95
5.7.1. Disminución de las Vibraciones . . . . .	96
5.7.2. Finalización de la Construcción . . . . .	97
<b>6. Experiencia de Generación Híbrida</b>	<b>99</b>
6.1. Montaje del Sistema Propulsor . . . . .	99
6.2. Primeros Ensayos de Generación Eléctrica . . . . .	101
6.3. Filtrado de Señal . . . . .	103
6.4. Estudio del Comportamiento de Generación . . . . .	104
6.4.1. Relación entre la Velocidad, la Corriente y La Tensión . . . . .	105
6.4.2. Dependencia con el Acelerador . . . . .	107
6.5. Análisis de la Señal de Tensión del Generador . . . . .	110
6.6. Comportamiento de los Motores Eléctricos . . . . .	113
<b>7. Desarrollo del Control</b>	<b>119</b>
7.1. Control del Motor de Combustión . . . . .	120
7.1.1. Obtención del Tiempo de Respuesta . . . . .	121
7.1.2. Modelado de la Curva Estática del Motor . . . . .	122
7.1.3. Control propuesto . . . . .	125
7.2. Control de las Rotaciones del Vehículo . . . . .	131
7.2.1. Identificación y Control sobre el eje Z . . . . .	132
7.2.2. Identificación y Control en los Ejes X e Y . . . . .	134
7.3. Ensayo de Vuelo . . . . .	137
<b>8. Conclusiones</b>	<b>139</b>
8.1. Resumen . . . . .	139
8.2. Propuestas . . . . .	140
8.3. Trabajos futuros . . . . .	140
<b>A. Comparativa entre Litio y Nafta</b>	<b>141</b>
<b>B. Funcionamiento en vuelo horizontal</b>	<b>143</b>
<b>C. Especificaciones del Motor</b>	<b>145</b>
<b>D. Factores de servicio para correa</b>	<b>147</b>

E. Renderizaciones	149
F. Identificación Mediante Señal Chirp	151
Bibliografía	153
Agradecimientos	155