
Índice

Agradecimientos	II
Resumen	III
Índice	V
Índice de imágenes	VII
Índice de tablas	IX
CAPÍTULO 1. Introducción	1
1.1 Antecedentes y motivación	2
1.2 Descripción del problema	5
1.3 Solución propuesta	5
1.4 Objetivos y alcances del proyecto	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
1.5 Alcances	6
1.6 Metodología	6
1.7 Resultados esperados	7
1.8 Organización del documento	7
CAPÍTULO 2. Marco teórico	8
2.1 Reseña histórica y estado del arte	9
2.2 Principio de funcionamiento	11
2.3 Tipos de dirigibles	12
2.4 Comportamiento de los gases	14
2.4.1 Propiedades de los fluidos	15
2.4.2 Impulso	17
2.5 Eficiencia de la hélice y velocidad máxima de rotación	18
2.6 Fuerza de arrastre	21
2.7 Cálculo de fuerzas y esfuerzos en una estructura	22
2.7.1 Esfuerzos normales	23
2.7.2 Esfuerzos cortantes	24
2.7.3 Esfuerzos en torsión	25
2.7.4 Esfuerzos en flexión	26
2.8 Normas y textos guía	27
CAPÍTULO 3. Diseño Conceptual	30
3.1 Consideraciones de diseño	31
3.1.1 Requerimientos y Medida del Mérito (MOM)	31
3.1.2 Elección del tipo de dirigible	32

3.1.3 Elección del gas de elevación	33
3.1.4 Control de altitud	34
3.1.5 Evaluación de un dirigible ultraliviano motorizado	34
3.2 Estimación preliminar de peso	35
3.5 Estructura	58
3.6 Hélices	59
3.7 Bolsa de gas	60
Capítulo 4. Diseño preliminar.	62
4.1 Selección de materiales	63
4.2 Motor	63
4.3 Sistema de Impulso Vectorial (SIV).	65
4.3.1 Explicación del sistema	65
4.3.2 Cálculos del sistema	69
4.4 Estructura y compartimento del motor	76
4.4.1 Asiento	79
4.4.2 Motor	82
4.4.3 Tren de aterrizaje:	86
4.5. Superficies de control	91
4.6. Bolsa de gas	92
4.7. Modelo	94
Capítulo 5. Evaluación de alternativas	98
5.1 Publicidad con globos	99
5.2 Dirigibles radiocontrolados	100
5.3 Dirigible tripulado	101
Capítulo 6. Discusión de resultados y conclusiones.	104
Capítulo 10. Bibliografía	107
Anexos.	108
Anexo 1: Tabla de términos de estimación de pesos.	109
Anexo 2: Cálculos de peso preliminar	114
Anexo 3: Especificaciones del motor	117
Anexo 4: DLC de estructura.	121
Anexo 5: Tabla de selección de perfiles de aluminio.	122
Anexo 6: Datos históricos	126
Anexo 7. Dimensiones generales	133

Índice de imágenes

<i>Figura 1: Dirigible rígido "Hindenburg".</i>	2
<i>Figura 2: Eficiencia de los dirigibles versus los aeroplanos según [1].</i>	3
<i>Figura 3: Gráfico de rangos para una carga dada según [1].</i>	4
<i>Figura 4: Vuelo sobre el canal de la mancha, 1785.</i>	9
<i>Figura 5: Dirigible no rígido de empresas Goodyear.</i>	10
<i>Figura 6: Góndola del Zeppelin NT.</i>	10
<i>Figura 7: Esquema del funcionamiento del control de altitud de Global Skyship Industries.</i>	12
<i>Figura 8: Construcción del dirigible rígido USS Shenandoah (ZR-1).</i>	13
<i>Figura 9: Dirigible semi rígido moderno Zeppelin NT.</i>	14
<i>Figura 10: Dirigible híbrido P-791 de Lockheed Martin Corporation.</i>	14
<i>Figura 11: Empuje de una esfera de 1 m³.</i>	16
<i>Figura 12: Diagrama del funcionamiento de una hélice de acuerdo a la teoría de momentum.</i>	17
<i>Figura 13: Esquema de fuerzas.</i>	23
<i>Figura 14: Diagrama esfuerzos normales.</i>	24
<i>Figura 15: Diagrama esfuerzos cortantes.</i>	24
<i>Figura 16: Ejemplos de vigas en flexión.</i>	26
<i>Figura 17: Esquema del diseño del dirigible.</i>	28
<i>Figura 18: Dimensiones del dirigible.</i>	28
<i>Figura 19: Gráfico de valores de FR de los datos históricos para distintos volúmenes de envoltorio.</i>	37
<i>Figura 20: Gráfico de arrastre por largo del dirigible según su FR de [1].</i>	37
<i>Figura 21: Diagrama del cálculo de la estimación de peso.</i>	39
<i>Figura 22: Gráfico coeficientes de volumen.</i>	41
<i>Figura 23: Gráfico del factor de arrastre debido al empuje según [1].</i>	44
<i>Figura 24: Gráfico J vs C_s de [1].</i>	48
<i>Figura 25: Gráfico para estimar la densidad del material del envoltorio según [1].</i>	49
<i>Figura 26: Curvas de empuje obtenidas de [1].</i>	55
<i>Figura 27: Gráfico de impulso estático y desempeño de hélices o rotores de [1].</i>	56
<i>Figura 28: Descenso de impulso con la velocidad para diferentes cargas de potencia de [1].</i>	56
<i>Figura 29: Dimensiones estimadas del dirigible.</i>	57
<i>Figura 30: Autogiro SR1 biplaza de Sergio Ramunno.</i>	58
<i>Figura 31: Diseño del fuselaje conceptual, vista frontal.</i>	59
<i>Figura 32: Diseño del fuselaje conceptual, vista lateral.</i>	59
<i>Figura 33: Gráfico de variación de volumen y área con respecto al diámetro.</i>	61
<i>Figura 34: Avión DA-11 de Leeon Davis.</i>	64
<i>Figura 35: Motor 4 tiempos bicilíndrico Briggs & Stratton de 23 hp.</i>	65

<i>Figura 36: Momento provocado en la estructura debido al giro de las hélices.</i>	66
<i>Figura 37: Momentos de las hélices se anulan entre si.</i>	66
<i>Figura 38: Sistema de impulso vectorial.</i>	67
<i>Figura 39: Detalle punta del sistema.</i>	67
<i>Figura 40: Detalle de ejes concéntricos.</i>	68
<i>Figura 41: Detalle de rueda dentada.</i>	68
<i>Figura 42: Disposición de las hélices.</i>	69
<i>Figura 43: Disposición de rodamientos y ejes.</i>	72
<i>Figura 44: Placas para fijar el sistema a la estructura.</i>	74
<i>Figura 45: Soportes para las placas del sistema.</i>	74
<i>Figura 46: Detalle del montaje de los soportes.</i>	75
<i>Figura 47: Anillo asumido para el cálculo y sección tomada en cuenta.</i>	75
<i>Figura 48: Butaca ocupada para este proyecto.</i>	77
<i>Figura 49: Diseño de la estructura en alambre, vista de perfil.</i>	77
<i>Figura 50: Diseño de la estructura en alambre, vista frontal.</i>	78
<i>Figura 51: Diseño de la estructura en alambre, vista isométrica.</i>	78
<i>Figura 52: Ejemplo de diagrama de fuerzas estimadas.</i>	79
<i>Figura 53: Fuerzas calculadas.</i>	79
<i>Figura 54: Perfil y placa con las secciones seleccionadas para el cálculo.</i>	80
<i>Figura 55: Soporte del asiento del piloto.</i>	82
<i>Figura 56: Disposición del soporte del motor.</i>	83
<i>Figura 57: Base de la serie de motores Vanguard V-twin de Briggs & Stratton.</i>	83
<i>Figura 58: Soportes longitudinales del motor.</i>	85
<i>Figura 59: Tipo de rueda seleccionado.</i>	87
<i>Figura 60: Diagrama de las fuerzas del tren de aterrizaje.</i>	87
<i>Figura 61: Estructura de cola.</i>	89
<i>Figura 62: Detalle soportes para cables.</i>	90
<i>Figura 63: Método de unión de la estructura en general.</i>	90
<i>Figura 64: Cola y superficie de control horizontal.</i>	91
<i>Figura 65: Cola y superficie de control vertical.</i>	92
<i>Figura 66: Forma de la bolsa.</i>	92
<i>Figura 67: Distribución de presiones en el envoltorio del dirigible ZP4K.</i>	93
<i>Figura 68: Distribución de presiones en el envoltorio del dirigible ISIS.</i>	93
<i>Figura 69: Vista isométrica de la estructura.</i>	94
<i>Figura 70: Vista frontal de la estructura.</i>	94
<i>Figura 71: Vista general del dirigible.</i>	95
<i>Figura 72: Nuevas dimensiones.</i>	97
<i>Figura 73: Globo con forma de dirigible.</i>	99

<i>Figura 74: Dirigible LV2 de Ahausá.</i>	101
<i>Figura 75: Costos preliminares.</i>	105

Índice de tablas

<i>Tabla 1: Tabla de coeficientes de arrastre para diferentes perfiles.</i>	22
<i>Tabla 2: Cálculo del peso del envoltorio y de una persona.</i>	35
<i>Tabla 3: Datos históricos de coeficientes de cola según [1].</i>	41
<i>Tabla 4: Tabla de factores de forma.</i>	42
<i>Tabla 5: Tabla de factor NI por el número de lóbulos del envoltorio.</i>	44
<i>Tabla 6: Tabla de características y valores de dirigibles radiocontrolados.</i>	100
<i>Tabla 7: Características del dirigible LV y LV2 de Ahausá.</i>	101
<i>Tabla 8: Tabla de costos.</i>	102