

INDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN.....	2
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3. SOLUCIÓN PROPUESTA	3
1.4. OBJETIVOS	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. ALCANCES DEL PROYECTO	4
1.6. METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS.....	4
1.7. RESULTADOS ESPERADOS.....	5
1.8. ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA ESCRITA	5
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. DESCRIPCIÓN DEL ARCO RECURVO	7
2.2. TÉCNICA DE TIRO	8
2.2.1. Secuencia de apertura	8
2.3. MECÁNICA DEL ARCO	9
2.3.1. Análisis de fuerzas involucradas	9
2.3.2. Deflexión en las palas del arco	11
2.4. ALUMINIO	13
2.4.1. Aleaciones de aluminio	15
2.4.2. Fundición de aluminio.....	15
2.5. MATERIALES COMPUESTOS.....	17
2.5.1. Materiales compuestos reforzados con fibras.....	18

2.5.2.	Fase fibrosa.....	18
2.5.3.	Fase matriz.....	19
2.5.4.	Proceso de manufactura de materiales compuestos.....	20
2.5.5.	Criterios de falla	21
2.6.	MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS	23
CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL ARCO Y VALIDACIÓN DE COMPONENTES PRINCIPALES. 24		
3.1.	FACTORES DE DISEÑO	25
3.1.1.	Distancia de apertura y largo del arco	25
3.1.2.	Relación de distancias entre el cuerpo y las palas	26
3.2.	DISEÑO DEL ARCO	27
3.3.	DESPLAZAMIENTO DE LAS PALAS DEL ARCO	28
3.4.	ESPESOR DE LAS PALAS	30
3.5.	SIMULACIÓN COMPUTACIONAL DEL ARCO.....	35
3.5.1.	Mallado del arco	35
3.5.2.	Contactos entre los elementos.	36
3.5.3.	Condiciones de borde	37
3.6.	RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN.....	38
3.6.1.	Desplazamientos	38
3.6.2.	Análisis de falla de la pala del arco	39
3.7.	APILAMIENTO VARIABLE DE LAS PALAS	39
3.8.	RESULTADOS DE LA SEGUNDA SIMULACIÓN.....	40
3.8.1.	Distribución de esfuerzos	41
3.8.2.	Análisis de resultados	42
3.9.	PROCESO DE MANUFACTURA DE LAS PALAS.....	43
3.10.	VALIDACIÓN DE LA RIGIDEZ DE LAS PALAS.....	44

3.10.1.	Ensayo físico.....	44
3.10.2.	Ensayo computacional	45
3.10.3.	Comparación de resultados	45
3.11.	NUEVA PROPUESTA DE APILAMIENTO	48
3.12.	RESULTADOS DE LA TERCERA SIMULACIÓN.....	48
3.12.1.	Distribución de esfuerzos.....	49
3.12.2.	Análisis de resultados	50
3.13.	FALLAS EN FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO	50
3.13.1.	Falla por no impregnación en láminas inferiores.....	50
3.13.2.	Falla por no impregnación en láminas intermedias	51
3.14.	COMENTARIOS.....	52
CAPÍTULO 4. DISEÑO FINAL Y VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO.....		54
4.1.	ANALISIS DE VISCOSIDAD.....	55
4.2.	LIBRAJE DEL MODELO.....	55
4.3.	APILAMIENTO DEL MODELO	56
4.4.	SIMULACIÓN DEL DISEÑO FINAL	56
4.4.1.	Desplazamientos.....	56
4.4.2.	Distribución de esfuerzos	57
4.5.	FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO.....	61
4.6.	VALIDACIÓN DE LAS PALAS DEL ARCO.....	61
4.7.	COMENTARIOS.....	63
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES		65
5.1.	CONCLUSIONES	66
BIBLIOGRAFÍA		67
ANEXO 1: MEMORIA DE CÁLCULO DE ESPESOR		68
ANEXO 2: PLANO DE MEDIDAS GENERALES DEL DISEÑO		69

ANEXO 3: PLANOS DE FABRICACIÓN DE LA PALA.....	70
--	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Diseño actual de un arco recurvo (Arco Santander, 2010)	7
Figura 2.2: Correcto posicionamiento de tiro (Axford, 1995).....	8
Figura 2.3: Secuencia de apertura (Axford, 1995).	9
Figura 2.4: DCL condición de apertura (Propia, 2020).....	10
Figura 2.5: DCL punto de enfleche. (Propia, 2020)	10
Figura 2.6: Carta de materiales, Módulo de elasticidad - Densidad. (Propia, 2020).....	17
Figura 2.7: Clasificación de los materiales compuestos (William & Callister, 2007) ...	18
Figura 2.8: Esquema de moldeo asistido por vacío (Peters, 1997).....	21
Figura 3.1: Distancia de apertura (Reilly, 2015).	25
Figura 3.2: Diseño cuerpo del arco (Propia, 2020).....	27
Figura 3.3: Zona de unión entre cuerpo y palas (Propia, 2020).	27
Figura 3.4: Diseño pala del arco (Propia, 2020).....	28
Figura 3.5: Detalle hendidura de la pala (Propia, 2020).....	28
Figura 3.6: Esquema de desplazamiento máximo (Propia, 2020).	29
Figura 3.7: DCL pala del arco (Propia, 2020)	30
Figura 3.8: DCL sección curva (Propia, 2020).....	31
Figura 3.9: DCL sección curva con cargas horizontales (Propia, 2020).	31
Figura 3.10: DCL sección circular con cargas verticales (Propia, 2020).....	32
Figura 3.11: DCL sección circular (Propia, 2020).	33
Figura 3.12: DCL sección recta (Propia, 2020).....	33
Figura 3.13: DCL sección recta simplificado (Propia, 2020).....	34

Figura 3.14: Mallado del cuerpo del arco (Propia, 2020).....	36
Figura 3.15: Mallado de las palas y detalle de la unión apernada (Propia, 2020).....	36
Figura 3.16: Condiciones de borde de la simulación (Propia, 2020).	37
Figura 3.17: Corte de la sección transversal de la unión apernada. (Propia, 2020).	38
Figura 3.18: Desplazamientos de la pala (Propia, 2020).....	38
Figura 3.19: Análisis de falla de la pala. (Propia, 2020).	39
Figura 3.20: Apilamiento variable de la pala (Propia, 2020).	40
Figura 3.21: Distribución de esfuerzos en el cuerpo. (Propia, 2020).....	41
Figura 3.22: Análisis de falla de la pala. (Propia, 2020).	41
Figura 3.23: Manufactura de las palas del arco (Propia, 2020).....	43
Figura 3.24: Prototipo de pala del arco (Propia, 2020).	43
Figura 3.25: Banco de ensayo de flexión (Propia, 2020).	44
Figura 3.26: Condiciones de borde del ensayo de flexión (Propia, 2020).	45
Figura 3.27: Distribución de esfuerzos en el cuerpo. (Propia, 2020).....	49
Figura 3.28: Análisis de falla en la pala. (Propia, 2020).	49
Figura 3.29: Falla de fabricación por no impregnación en laminas inferiores.....	51
Figura 3.30: Infusión por vacío con inyección por ambos costados y extracción central (Propia, 2020).	51
Figura 3.31: Falla de fabricación por no impregnación en láminas intermedias (Propia, 2020).....	52
Figura 4.1: Desplazamientos de la pala de 25 lb (Propia, 2020).....	56
Figura 4.2: Distribución de esfuerzos en el cuerpo, vista anterior (Propia, 2020).....	57
Figura 4.3: Distribución de esfuerzos en el cuerpo, vista posterior (Propia, 2020).	57
Figura 4.4: Ubicación del valor del esfuerzo máximo en el cuerpo. (Propia, 2020).....	58
Figura 4.5: Distribución de esfuerzos en pernos. (Propia, 2020).	58
Figura 4.6: Análisis de falla en las palas, vista anterior. (Propia, 2020).	59
Figura 4.7: Análisis de falla en las palas, vista posterior. (Propia, 2020).	60

Figura 4.8: Ubicación de valor máximo del factor de falla en las palas. (Propia, 2020).	60
Figura 4.9: Prototipo de pala de 25 lb (Propia, 2020).	61
Figura 4.10: Falla de delaminación en el prototipo (Propia, 2020).	63
Figura 4.11: Defecto de fabricación en el prototipo (Propia, 2020).	63

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Propiedades físicas del aluminio (Aluminio)	13
Tabla 2.2: Propiedades mecánicas de aleaciones de aluminio (Aluminio)	14
Tabla 2.3: Propiedades mecánicas de arenas comerciales (Aluminio)	16
Tabla 2.4: Propiedades de materiales reforzados con fibras (William & Callister, 2007)	19
Tabla 2.5: Propiedades típicas de resina epoxica a 20°C (William & Callister, 2007)	20
Tabla 3.1: Largo sugerido del arco (Archery, 2017)	26
Tabla 3.2: Relación cuerpo y palas del arco (Archery, 2017)	26
Tabla 3.3: Tabulación de número de láminas y espesores del modelo (Propia, 2020)	40
Tabla 3.4: Tabulación de número de láminas y espesores del modelo (Propia, 2020)	42
Tabla 3.5: Tabla comparativa de resultados (Propia, 2020)	46
Tabla 3.6: Tabla comparativa de resultados con espesores corregidos (Propia, 2020)	47
Tabla 3.7: Tabulación del número de láminas y espesores del rediseño (Propia, 2020)	48
Tabla 3.8: Tabulación del número de láminas y espesores del rediseño (Propia, 2020)	50
Tabla 4.1: Análisis de viscosidad de la resina epoxica disponible (Propia, 2020)	55
Tabla 4.2: Tabla comparativa de resultados (Propia, 2020)	62
Tabla 4.3: Tabla comparativa de resultados con espesores corregidos (Propia, 2020)	62