

ÍNDICE

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.....	4
1.8. ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA ESCRITA	5
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. EXPORTACIONES DE FRUTA FRESCA EN CHILE	7
2.2. PALÉ DE MADERA	8
2.3. CERTIFICACIÓN DEL PALÉ DE MADERA.....	8
2.4. CARACTERÍSTICAS MECANICAS DEL PALÉ DE MADERA	9
2.5. MATERIALES COMPUESTOS	9
2.5.1. Material compuesto reforzado con partículas	11
2.5.2. Material compuesto reforzado con fibras	11
2.5.3. Tipos de fibra.....	12
2.5.4. Clasificación de los materiales compuestos según su matriz.....	13
2.5.5. Propiedades de los materiales compuestos	13
2.5.6. Métodos de fabricación	14
2.6. PLÁSTICOS	14
2.6.1. Tereftalato de Polietileno.....	15
2.7. MATERIAL COMPUESTO PLÁSTICO - MADERA.....	15
2.8. PROCESO DE MOLDEO POR INYECCIÓN	16
2.9. PROGRAMA AUTODESK INVENTOR 2014 PROFESIONAL	17
2.10. PROGRAMA DE SIMULACIÓN ANSYS.....	17
2.11. MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS.....	17
2.12. ENSAYOS Y NORMAS A UTILIZAR	18
CAPÍTULO 3: DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL PALÉ MODULAR	20
3.1. DISEÑO DEL PALÉ MODULAR	21
3.2. MODELAMIENTO DEL PALÉ MODULAR	23
3.2.1. Contactos	24
3.2.2. Herramienta de contacto	26

3.2.3.	Pretensión de perno (Bolt Pretension)	28
3.2.4.	Fuerza (Force)	30
3.2.5.	Mallado	31
3.2.6.	Ensayo estático en condiciones ideales de trabajo	32
3.2.6.1.	Contactos para ensayo estático en condiciones ideales	33
3.2.6.2.	Tipos de cargas para en ensayo estático en condiciones ideales	34
3.2.6.3.	Condiciones de borde para ensayo estático en condiciones ideales	35
3.2.6.4.	Mallado para ensayo estático en condiciones ideales	37
3.2.7.	Ensayo estático según Normas ISO	40
3.2.7.1.	Contactos para ensayo estático según Norma ISO	41
3.2.7.2.	Tipos de cargas para ensayo estático según Normas ISO	43
3.2.7.3.	Condiciones de borde para ensayo según Normas ISO	44
3.2.7.4.	Mallado para ensayo estático según Normas ISO	44
CAPÍTULO 4:	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES	48
4.1.	DESPLAZAMIENTOS Y ESFUERZOS EN ENSAYO ESTÁTICO EN CONDICIONES IDEALES	49
4.1.1.	Desplazamiento total	50
4.1.2.	Esfuerzo equivalente de von-Mises	51
4.2.	DESPLAZAMIENTOS Y ESFUERZOS ENSAYO ESTÁTICO SEGÚN NORMAS ISO	53
4.2.1.	Desplazamiento total con perforaciones M10	53
4.2.2.	Esfuerzo equivalente de von-Mises con perforaciones M10	54
4.2.3.	Desplazamiento total con perforaciones M12	56
4.2.4.	Esfuerzo equivalente de von-Mises con perforaciones M12	57
4.2.5.	Desplazamiento total con perforaciones M14	59
4.2.6.	Esfuerzo equivalente de von-Mises con perforaciones M14	60
4.3.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO ESTÁTICO SEGÚN NORMAS ISO	62
4.3.1.	Desplazamientos totales ensayo estático según normas ISO	62
4.3.2.	Esfuerzos de ensayo estático según normas ISO	62
4.4.	DESPLAZAMIENTOS Y ESFUERZOS DEL PALÉ MODULAR MEJORADO	63
4.4.1.	Desplazamiento total con perforaciones M12 del palé mejorado	63
4.4.2.	Esfuerzos en el palé modular mejorado	64
4.5.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL PALÉ MEJORADO	66
4.6.	RECURSOS COMPUTACIONES UTILIZADOS DEL CÁLCULO	66
CAPÍTULO 5:	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
5.1.	Conclusiones	69
5.2.	Recomendaciones	69
Bibliografía	71	
ANEXOS	72	

Anexo 1: Planos de fabricación	73
Anexo 2: Estudio, ensayos físicos y estandarización de pallet de madera.....	86

Índice de Tablas

TABLA 2.1: Exportaciones de manzana en la Región del Maule 2016.	7
TABLA 3.1: Dimensión de tablas pertenecientes al palé modular	21
TABLA 3.2: Dimensión de pernos y tuerca pertenecientes al palé modular	22
TABLA 3.3: Tabla de datos entregada por la herramienta de contacto.....	27
TABLA 3.4: Características mecánicas de los materiales a utilizar Ensayo N°1	32
TABLA 3.5: Tipos de contactos para ensayo en condiciones ideales	33
TABLA 3.6: Características mecánicas de los materiales a utilizar Ensayo N°2.....	41
TABLA 3.7: Tabla de contactos para ensayo estático según Norma ISO	42
TABLA 4.1: Datos obtenidos de simulación directa de ensayo estático en condiciones ideales	49
TABLA 4.2: Datos obtenidos de simulación iterativa de ensayo estático en condiciones normales.....	50
TABLA 4.3: Tabla de desplazamiento total en ensayo estático según Normas ISO.....	62
TABLA 4.4: Tabla de esfuerzo máximo de von-Mises en ensayo estático según Normas ISO.....	62

Índice de Figuras

FIGURA 2.1: Palé de madera de 1200mm x 1000mm x 162mm	8
FIGURA 2.2: Matriz en compresión	10
FIGURA 2.3: Matriz en tracción	10
FIGURA 3.1: Palé de madera de 1200mm x 1000mm x 136mm	21
FIGURA 3.2: Diseño final del palé modular	22
FIGURA 3.3: Exportar archivo desde Autodesk Inventor 2014 a Ansys Static Structural	23
FIGURA 3.4: Exportar archivo desde Autodesk Inventor 2014 a Ansys Static Structural	23
FIGURA 3.5: Definir características mecánicas de los materiales a utilizar	23
FIGURA 3.6: Definir contactos a utilizar, Ansys Static Structural	24
FIGURA 3.7: Definir región de contacto 1, Ansys Static Structural	25
FIGURA 3.8: Definir región de objetivo 2, Ansys Static Structural	25
FIGURA 3.9: Tipo de perno para simular pretensión en Ansys Static Structural	28
FIGURA 3.10: Pretensión de perno, Ansys Static Structural	29
FIGURA 3.11: Definir tipo de pretensión de perno, Ansys Static Structural	30
FIGURA 3.12: Definir tipo de fuerza a aplicar, Ansys Static Structural	31
FIGURA 3.13: Palé modular para realizar simulación en Ansys Static Structural.....	32
FIGURA 3.14: Pretensión de pernos distribuidos en el palé, ensayo estático en condiciones ideales .	34
FIGURA 3.15: Fuerza distribuida en el palé modular, ensayo estático en condiciones normales	35
FIGURA 3.16: Definir condiciones de borde, Soporte Fijo	35
FIGURA 3.17: Definir condiciones de borde, Desplazamiento	36
FIGURA 3.18: Malla sin refinar del palé modular.....	37
FIGURA 3.19: Malla sin refinar para unión empernada (izq); tornillo (der).....	37
FIGURA 3.20: Malla mejorada palé modular	38
FIGURA 3.21: Malla refinada para unión empernada (izq); tornillo (der)	38
FIGURA 3.22: Malla final palé modular.....	39
FIGURA 3.23: Malla final para unión empernada (izq); tornillo (der).....	39
FIGURA 3.24: Esquema N°1 Ensayo de flexión en cubierta	40
FIGURA 3.25: Esquema N°2 Ensayo de flexión en cubierta	41
FIGURA 3.26: Palé para ensayo estático según Norma ISO	42
FIGURA 3.27: Pretensión de pernos distribuidos en el palé, ensayo estático según Norma ISO	43
FIGURA 3.28: Fuerza distribuida en barras de acero SAE 1055, ensayo estático según Norma ISO .	43
FIGURA 3.29: Soporte fijo para ensayo según Norma ISO.....	44
FIGURA 3.30: Malla sin refinar palé modular 2	45
FIGURA 3.31: Malla sin refinar unión empernada (izq), tornillo (der), palé modular 2.....	45
FIGURA 3.32: Malla mejorada pale modular 2	46

FIGURA 3.33: Malla refinada unión empernada (izq), tornillo (der), palé modular 2.....	46
FIGURA 3.34: Malla final palé modular 2.....	47
FIGURA 3.35: Malla final unión empernada (izq), tornillo (der), palé modular 2	47
FIGURA 4.1: Desplazamiento total vista general en ensayo estático condiciones ideales.....	50
FIGURA 4.2: Vista general esfuerzo equivalente von-Mises en tablas, en ensayo estático condiciones ideales	51
FIGURA 4.3: Vista aumentada esfuerzo equivalente von-Mises en tablas, en ensayo estático condiciones ideales	51
FIGURA 4.4: Vista general esfuerzo equivalente von-Mises en perno M10, ensayo estático en condiciones ideales	52
FIGURA 4.5: Vista aumentada esfuerzo equivalente von-Mises en perno M10, ensayo estático en condiciones ideales	52
FIGURA 4.6: Desplazamiento total vista general perforaciones M10.....	53
FIGURA 4.7: Vista general esfuerzo equivalente von-Mises en tablas con perforaciones M10	54
FIGURA 4.8: Vista aumentada esfuerzo equivalente von-Mises en tablas con perforaciones M10	54
FIGURA 4.9: Vista general esfuerzo equivalente von-Mises en perno M10	55
FIGURA 4.10: Vista aumentada esfuerzo equivalente von-Mises en perno M10	55
FIGURA 4.11: Desplazamiento total vista general perforaciones M12.....	56
FIGURA 4.12: Vista general esfuerzo equivalente von-Mises en tablas con perforaciones M12	57
FIGURA 4.13: Vista aumentada esfuerzo equivalente von-Mises, Perno M12	57
FIGURA 4.14: Vista general esfuerzo equivalente von-Mises en perno M12	58
FIGURA 4.15: Vista aumentada esfuerzo equivalente von-Mises en perno M12	58
FIGURA 4.16: Vista general desplazamiento total perforaciones M14.....	59
FIGURA 4.17: Vista general esfuerzo equivalente von-Mises en tablas con perforaciones M14	60
FIGURA 4.18: Vista aumentada esfuerzo equivalente von-Mises, Perno M14	60
FIGURA 4.19: Vista general esfuerzo equivalente von-Mises en perno M14	61
FIGURA 4.20: Vista aumentada esfuerzo equivalente von-Mises en perno M14	61
FIGURA 4.21: Palé modular mejorado	63
FIGURA 4.22: Vista general desplazamiento total palé mejorado.....	64
FIGURA 4.23: Vista general esfuerzo equivalente von-Mises en tablas con perforaciones M12, palé mejorado.....	64
FIGURA 4.24: Vista aumentada esfuerzo equivalente von-Mises perforación M12, palé mejorado.....	65
FIGURA 4.25: Vista general esfuerzo equivalente von-Mises en perno M12, palé mejorado.....	65
FIGURA 4.26: Vista aumentada esfuerzo equivalente von-Mises en perno M12, palé mejorado	66