

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Contextualización y descripción de la problemática.....	1
1.2	Objetivos.....	3
1.2.1	General.....	3
1.2.2	Específicos.....	3
1.3	Metodología.....	4
2	MARCO TEÓRICO	7
2.1	Sustentabilidad.....	7
2.2	Transferencia de calor.....	9
2.3	Eficiencia energética y diseño pasivo.....	14
2.4	Construcción con fardos de paja.....	20
2.4.1	Introducción.....	20
2.4.2	Historia.....	22
2.4.3	Métodos constructivos.....	23
2.4.4	Relación con la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción.....	27
2.4.5	Aspectos Generales.....	28
2.5	Techos verdes.....	31
2.6	Normativa térmica en Chile y Alemania.....	36
3	DESARROLLO DEL PROYECTO	44
3.1	Vivienda Convencional.....	44
3.1.1	Descripción general.....	44
3.1.2	Materialidad.....	45
3.1.3	Análisis energético.....	47
3.1.4	Estudio del costo directo.....	54
3.2	Vivienda Sustentable – Pasiva.....	57
3.2.1	Descripción general de la solución propuesta.....	57
3.2.2	Listado de soluciones para los distintos componentes de la vivienda.....	60
3.2.3	Análisis energético.....	72
3.2.4	Estudio del costo directo.....	84
3.3	Análisis económico.....	86
4	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	92

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
6	BIBLIOGRAFÍA.....	98
7	ANEXOS	102
7.1	Precios unitarios	102
7.1.1	Vivienda Convencional.	102
7.1.2	Vivienda Sustentable – Pasiva	141
7.2	Ángulos del sol ciudad de Curicó	161
7.3	Planos.....	

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. Conductividad térmica de algunos materiales	10
Cuadro 2. Emisividad de algunos materiales.....	12
Cuadro 3. Superficie sembrada de trigo blanco según regiones	20
Cuadro 4. Resistencia al fuego requerida para los elementos de construcción.....	30
Cuadro 5. Exigencias térmicas para techumbre, muros y pisos ventilados	36
Cuadro 6. R-100 mínimo para techumbre, muros y pisos ventilados	37
Cuadro 7. Porcentaje máximo de superficie vidriada.....	38
Cuadro 8. U ponderado para cada zona térmica	38
Cuadro 9. Factor de corrección de temperatura	41
Cuadro 10. Valores para la ganancia térmica solar.....	41
Cuadro 11. Grado de permeabilidad a la radiación solar	42
Cuadro 12. Valores de R_{si} y R_{se}	49
Cuadro 13. Propiedades térmicas del terreno	49
Cuadro 14. Evaluación energética vivienda Convencional según EnEV	53
Cuadro 15. Estudio del costo directo vivienda Convencional	54
Cuadro 16. Ángulos ρ para el día 21 de cada mes del año, a 35° lat. sur y medio día solar... 69	69
Cuadro 17. Temperatura ambiente media para cada mes, °C.....	70
Cuadro 18. Valores de R_{si} y R_{se}	73
Cuadro 19. Ábaco para el cálculo de las resistencias térmicas de las cámaras de aire no ventiladas.....	74
Cuadro 20. Evaluación energética vivienda Sustentable – Pasiva según EnEV.	83
Cuadro 21. Estudio del costo directo vivienda Sustentable - Pasiva.....	84
Cuadro 22. Comparación de viviendas por m ²	95
Figura 1. Esquema explicativo metodología.....	4
Figura 2. Termografía que muestra los puentes térmicos de una vivienda.....	13
Figura 3. Evolución de consumo primario de energía en relación al PIB en Chile	14
Figura 4. Proyección de consumo final de energía y PIB, países miembros de la OCDE	14

Figura 5. Diagrama de confort.....	15
Figura 6. Forma compacta y extendida de diseñar una vivienda con superficies habitables iguales	17
Figura 7. Penetración de los rayos del sol en invierno y verano.....	19
Figura 8. Proceso de fabricación del fardo de paja de trigo	21
Figura 9. Dimensiones fardos de paja de trigo más común producido en Chile.....	22
Figura 10. Muro portante de fardos de paja tensado por flejes exteriores.....	23
Figura 11. Proporciones de pared requerida: $b/h < 1/5$	26
Figura 12. Estructura no portante con muros de fardos de paja por delante.....	26
Figura 13. Temperaturas de un techo verde con un sustrato de 16 (cm), durante una semana de invierno.....	32
Figura 14. Temperaturas de un techo verde con un sustrato de 16 (cm), durante una semana de verano	33
Figura 15. Temperaturas medidas a lo largo del tiempo en diferentes superficies de techos planos en un día soleado de verano.....	33
Figura 16. Máximas variaciones de temperatura en techos no enjardinados y enjardinados .	33
Figura 17. Urbanización de techo verde en Düsseldorf – Unterbach, Alemania.....	34
Figura 18. Construcción de un enjardinado de techo inclinado con sustrato en una sola capa	35
Figura 19. Planta arquitectura vivienda Convencional.....	44
Figura 20. Representación esquemática de un piso sobre terreno.....	47
Figura 21. Planta modificada diseño vivienda sustentable pasiva	57
Figura 22. Detalles de anclajes atornillados KRINNER	60
Figura 23. Instalación anclajes atornillados KRINNER.....	61
Figura 24. Configuración entramado de piso.....	62
Figura 25. Configuración de la solución de piso	63
Figura 26. Detalle de muro.....	64
Figura 27. Detalle de entramado de madera	65
Figura 28. Detalle complejo techumbre	66
Figura 29. Penetración de los rayos del sol en invierno y verano.....	67
Figura 30. Ángulo de incidencia de los rayos del sol en la tierra	68
Figura 31. Ventana con triple vidriado.....	71
Figura 32. Corte representativo del complejo piso	72
Figura 33. Representación entramado soportante muros fardos de paja	77

Figura 34. Representación capas muro fardos sección A.....	78
Figura 35. Representación capas muro fardos sección B	79
Figura 36. Representación complejo techumbre	81
Figura 37. Flujo de efectivo Vivienda Convencional a cinco años.....	88
Figura 38. Flujo de efectivo Vivienda Sustentable – Pasiva a cinco años.....	88
Figura 39. Flujo de efectivo comparativo a cinco años.....	89