

0.	Presentación.....	3
1.	Estado del arte	5
1.1.	Introducción	5
1.2.	Almacenamiento de energía térmica.....	5
1.3.	Principios de operación	7
1.4.	Materiales de cambio de fase (PCM) en la edificación.....	7
1.4.1.	Clasificación.....	9
1.4.2.	Propiedades termo-físicas de los PCM.....	10
1.5.	Aplicaciones de los PCM en la edificación.....	14
1.5.1.	Modificación de la carga punta	14
1.5.2.	Enlucidos impregnados en PCM	15
1.5.3.	Bloques de hormigón térmicamente activos.....	17
1.5.4.	Hormigón aligerado con madera	18
1.5.5.	Panel sandwich.....	19
1.5.6.	Ladrillos	19
1.5.7.	Ventilación nocturna	20
1.5.8.	Calefacción/Refrigeración por suelo radiante	21
1.5.9.	Ventanas.....	22
1.5.10.	Cubiertas.....	22
1.5.11.	Muro Trombe	23
1.6.	Métodos de integración del PCM.....	24
1.6.1.	Directa	24
1.6.2.	Encapsulado.....	25
2.	Proyecto MECLIDE (marco del proyecto).....	28
2.1.	Objetivos generales del proyecto	28
2.2.	Objetivos técnicos específicos del proyecto.....	29
2.3.	Descripción del producto	30
2.4.	Estimación del potencial de ahorro	33
3.	Soluciones analíticas	38
3.1.	Fundamentos teóricos.....	38
3.2.	Soluciones analíticas	39
3.2.1.	Soluciones analíticas exactas.....	40
3.2.2.	Soluciones analíticas simplificadas. Solución de Stefan.....	44
3.2.3.	Temperatura superficial impuesta (solución de Stefan)	44
4.	Fundamentos del tratamiento numérico del cambio de fase.....	46
5.	Validación simulaciones COMSOL	49
5.1.	Condiciones de temperatura impuesta.....	51
5.2.	Condiciones convectivas	53
6.	Diferencias finitas 1D.....	55
6.1.	Aproximación por diferencias finitas para derivadas.....	55
6.2.	Estudio de las hipótesis de simulación.....	57
6.2.1.	Intervalo de temperaturas en el que ocurre el cambio de fase.....	58
6.2.2.	Nivel de mallado y paso de tiempo	59

6.3.	Cambio de fase en diferencias finitas.....	60
6.4.	Condiciones de temperatura impuesta.....	61
6.5.	Condiciones convectivas.....	65
6.6.	Validación con COMSOL en condiciones distintas a las analíticas.....	69
6.6.1.	Condición de temperatura impuesta	69
6.6.2.	Condición convectiva	70
7.	Fachada ventilada con material PCM.....	73
7.1.	Descripción y modo de funcionamiento.....	73
7.2.	Modelo de comportamiento y teórico de la cámara ventilada.....	76
7.2.1.	Coefficiente convectivo de transferencia de calor	77
7.2.2.	Transferencia de calor por radiación	77
7.2.3.	Temperatura del aire en la cámara.....	79
7.2.4.	Balance general	81
7.3.	Modelo de comportamiento y teórico de la cámara ventilada con PCM	83
7.3.1.	Coefficiente convectivo de transferencia de calor	84
7.3.2.	Transferencia de calor por radiación	84
7.3.3.	Temperatura del aire en la cámara.....	86
7.3.4.	Balance general	88
8.	Experimentos en celdas de ensayo con cámara ventilada y PCM	90
8.1.	Descripción de la celda	90
8.2.	Comportamiento de las aletas	98
8.2.1.	Temperatura de excitación constante	99
8.2.2.	Temperatura de excitación variable.....	102
8.2.3.	Simulación con temperatura de cambio de fase de 23°C.....	104
8.2.4.	Simulación con temperatura de cambio de fase de 22°C.....	106
8.2.5.	Simulación con temperatura de cambio de fase de 24°C.....	107
8.3.	Acoplamiento de la fachada ventilada con la celda	109
8.4.	Resultados (Estudio de sensibilidad).....	113
9.	Conclusiones	120
10.	Anexos (Análisis temperaturas con Fourier).....	122
10.1.	Temperatura exterior.....	122
10.1.1.	Junio	122
10.1.2.	Julio	123
10.1.3.	Agosto	123
10.1.4.	Septiembre.....	124
10.1.5.	Comparación días medios	124
10.2.	Temperaturas interiores.....	125
10.2.1.	Temperatura interior junio.....	125
10.2.2.	Temperatura interior julio	126
10.2.3.	Temperatura interior agosto	126
10.2.4.	Temperatura interior septiembre	127
10.2.5.	Temperaturas interiores de los días medios.....	127
10.3.	Temperatura de la cámara	128
11.	Referencias	129
12.	Bibliografía.....	137