

Tabla de contenido

1	Introducción	1
1.1	Motivación.....	1
1.2	Objetivos.....	2
1.2.1	Objetivo General	2
1.2.2	Objetivos Específicos	2
1.3	Confort térmico	3
1.3.1	Temperatura del aire	3
1.3.2	Temperatura de radiación de los elementos circundantes	3
1.3.3	Velocidad del aire.....	4
1.3.4	Humedad.....	4
1.3.5	Factores secundarios: Vestimenta, Actividad y Metabolismo	5
1.4	Confort térmico adaptativo.....	6
1.4.1	Teoría adaptativa	7
2	Marco Teórico.....	11
2.1	Transferencia de calor	11
2.2	Conductividad térmica de los materiales (λ).....	12
2.3	Resistencia térmica (R)	12
2.4	Transmitancia térmica	13
2.5	Efecto invernadero del vidrio	13
2.6	Inercia térmica.....	15
3	Comportamiento térmico de la vivienda	17
3.1	Clima	18
3.2	Flujo térmico a través de la envolvente.....	18
3.3	Intercambio de aire entre interior y exterior	19
3.4	Ganancias por soleamiento a través de las ventanas	20
3.5	Ganancias internas.....	24
4	El Sobrecalentamiento	25
4.1	Reglamentación térmica	26
4.1.1	Nacional.....	26
4.1.2	Extranjera.....	29
4.1.3	Discusión.....	32
4.2	Encuesta	33
5	Modelamiento Térmico	35

5.1	Descripción del modelo	35
5.2	Descripción de las cargas	36
5.3	Presentación y Análisis de Resultados	37
6	Aplicación de técnicas de acondicionamiento pasivo	45
6.1	Ventilación Nocturna (VN)	46
6.1.1	Modelación.....	48
6.2	Protección Solar (PS).....	55
6.2.1	Estandarización de la protección solar	56
6.2.2	Ejemplo en la Región Metropolitana	58
6.2.3	Modelación.....	59
6.3	Ventilación Nocturna y Protección Solar	64
6.3.1	Modelación.....	64
7	Conclusiones	69
	Bibliografía.....	73
	Anexo A.....	76
	Anexo B.....	85
	Anexo C.....	103
	Anexo D	133
	Anexo E.....	137

Índice de Gráficos

Gráfico 4-1: Porcentaje máximo de vidrio para Zona Térmica D. Fuente: NTM 01 1/2.	29
Gráfico 5-1: Temperatura exterior para un día típico de enero.	36
Gráfico 5-2: Temperatura interior del dormitorio, orientación norte, $U_{muro}=1,9$; $U_{vent}=5,8$	37
Gráfico 5-3: Caso 15% de superficie vidriada.	39
Gráfico 5-4: Caso 25% de superficie vidriada.	39
Gráfico 5-5: Caso 60% de superficie vidriada.	39
Gráfico 5-6: Área máxima de ventana por orientación para tener temperatura de confort, con $U_{muro}=1,9$	40
Gráfico 5-7: Área máxima de ventana por orientación para tener temperatura de confort, con $U_{muro}=0,8$	40
Gráfico 5-8: Área máxima de ventana por orientación para tener temperatura de confort, con $U_{muro}=0,0$	41
Gráfico 5-9: Horas de Disconfort en el dormitorio.	43
Gráfico 6-1: Horario Ventilación Nocturna.	49
Gráfico 6-2: Temperatura interior del dormitorio con $U_{muro}=1,9$; con o sin ventilación nocturna.	49
Gráfico 6-3: Temperatura interior del dormitorio con $U_{muro}=0,8$; con o sin ventilación nocturna.	50
Gráfico 6-4: Temperatura interior del dormitorio con $U_{muro}=0,0$; con o sin ventilación nocturna.	50
Gráfico 6-5: Área máxima de ventana por orientación para tener temperatura de confort, con $U_{muro}=1,9$ con VN.	51
Gráfico 6-6: Área máxima de ventana por orientación para tener temperatura de confort, con $U_{muro}=0,8$ con VN.	51
Gráfico 6-7: Área máxima de ventana por orientación para tener temperatura de confort, con $U_{muro}=0,0$ con VN.	52
Gráfico 6-8: Comparación de Ventilación Nocturna para $U_{muro}=1,9$	53
Gráfico 6-9: Comparación de Ventilación Nocturna para $U_{muro}=0,8$	53
Gráfico 6-10: Comparación de Ventilación Nocturna para $U_{muro}=0,0$	53
Gráfico 6-11: Temperatura interior del dormitorio con $U_{vent}=5,8$ para distintas PS.	60
Gráfico 6-12: Temperatura interior del dormitorio con $U_{vent}=3,6$ para distintas PS.	61
Gráfico 6-13: Área máxima de ventana para orientación oriente-poniente para tener temperatura de confort, con $U_{muro}=0,8$ con PS.	62
Gráfico 6-14: Comparación de protección solar para orientación oriente-poniente y $U_{muro}=0,8$	63
Gráfico 6-15: Temperatura interior del dormitorio para el caso base, con ventilación nocturna, protección solar y ambas juntas.	65
Gráfico 6-16: Área máxima de ventana oriente-poniente para tener temperatura de confort, con $U_{muro}=0,8$ y VN+PS.	66
Gráfico 6-17: Comparación del caso base con VN, PS y VN+PS, para $U_{muro}=0,8$ y orientación oriente-poniente.	67

Índice de Ilustraciones

<i>Ilustración 1-1: Zona de confort para edificios ventilados mecánicamente. Fuente: ASHRAE Standard 2010</i>	6
<i>Ilustración 1-2: Esquema de funcionamiento del proceso adaptativo, Fuente: Godoy (2012)</i>	8
<i>Ilustración 1-3: Regresión lineal que relaciona temperatura de confort y temperatura media exterior según PMV (modelo de balance térmico de Fanger) y adaptativo. A la izquierda, edificios con climatización centralizada. A la derecha, edificios con ventilación natural. Fuente: Godoy, 2012</i>	9
<i>Ilustración 2-1: Mecanismos de Transferencia de Calor. Fuente: Manual de (Re) acondicionamiento térmico (CChC).</i>	11
<i>Ilustración 2-2: Espectro electromagnético que relaciona la temperatura y la longitud de onda. Fuente: Córdova, 2011.</i>	14
<i>Ilustración 2-3: Efecto invernadero del vidrio. Fuente: Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social.</i>	14
<i>Ilustración 2-4: Efecto de la inercia térmica considerando un retardo ideal y un amortiguamiento severo de la onda. Fuente: Burgos, 2008.</i>	16
<i>Ilustración 3-1: Desempeño relativo de la producción de un oficinista versus la desviación a la temperatura de confort. Fuente: ASHRAE Standard 55.</i>	17
<i>Ilustración 3-2: Carta de trayectoria solar para Santiago. Fuente: Guía de Diseño para la Eficiencia Energética de la Vivienda Social.</i>	21
<i>Ilustración 3-3: Gráfica de distribución solar. Fuente: Guía de Diseño para la Eficiencia Energética de la Vivienda Social.</i>	22
<i>Ilustración 3-4: Niveles promedio de radiación solar en diferentes horas y épocas del año. Fuente: Sistema de calificación energética de vivienda.</i>	22
<i>Ilustración 3-5: Dimensionamiento de alero fijo en orientación norte. Fuente: Guía de Diseño para la Eficiencia Energética de la Vivienda Social.</i>	23
<i>Ilustración 4-1: Rangos de temperatura operativa para edificios ventilados naturalmente. Fuente: ASHRAE Standard 55.</i>	31
<i>Ilustración 4-2: Desempeño general del hogar en verano.</i>	34
<i>Ilustración 6-1: Tipos de ventilación natural. Fuente: Guía de Diseño para la Eficiencia Energética de la Vivienda Social.</i>	46
<i>Ilustración 6-2: Curva de temperatura interior con o sin ventilación nocturna. Fuente: Guía de Diseño para la Eficiencia Energética de la Vivienda Social.</i>	47
<i>Ilustración 6-3: Elementos de protección solar. A la izquierda, un alero; a la derecha, una celosía vertical. Fuente: Guía de Diseño para la Eficiencia Energética de la Vivienda Social.</i>	55
<i>Ilustración 6-4: Alero de 50 [cm] en madera y celosía de aluminio.</i>	56
<i>Ilustración 6-5: Factor solar de diferentes vidrios. Fuente: Guía de Diseño para la Eficiencia Energética de la Vivienda Social.</i>	57
<i>Ilustración 6-6: Factor Solar Modificado, Factor Solar y Factor de Sombra. Fuente: Jara, 2013.</i>	58
<i>Ilustración 6-7: Edificio Consorcio, Santiago, en el año 1993 (izq) y 2007 (der), en distintas estaciones. Fuente: www.arqa.com</i>	59

Índice de Tablas

<i>Tabla 3-1: Transmitancia térmica calculados mediante NCh853</i>	19
<i>Tabla 3-2: Renovaciones de aire por hora para diferentes lugares. Fuente: Manual de Aislación térmica exterior (CChC)</i>	20
<i>Tabla 3-3: Tasa metabólica para actividades del hogar. Fuente: ASHRAE Standard 55</i>	24
<i>Tabla 4-1: Transmitancia térmica máxima y resistencia térmica mínima para complejos de techumbre, muros perimetrales y pisos inferiores ventilados, según zona térmica. Fuente: OGUC 2016.</i>	27
<i>Tabla 4-2: Porcentaje máximo de superficie vidriada respecto a superficie de paramentos verticales de la envolvente. Fuente: OGUC 2016.</i>	28
<i>Tabla 4-3: Transmitancia térmica “U” máxima y resistencia térmica “Rt” mínima para complejo de techumbre, muro, piso ventilado y puerta opaca en edificios de uso residencial, educación y salud, para zona térmica D. Fuente: NTM 011/2.</i>	28
<i>Tabla 5-1: Tabla resumen de superficie máxima de ventana para alcanzar la condición de confort.</i>	41
<i>Tabla 5-2: Superficie máxima de vidrio según normativa OGUC 2016 y NTM 11.</i>	43
<i>Tabla 5-3: Resumen de Horas de Disconfort para los requisitos de la norma OGUC 2016 y NTM11.</i>	44
<i>Tabla 6-1: Tabla resumen de superficie máxima de ventana para alcanzar la condición de confort con ventilación nocturna.</i>	52
<i>Tabla 6-2: Resumen de Horas de Disconfort para los requisitos de la norma OGUC 2016 y NTM 11, con Ventilación Nocturna.</i>	54
<i>Tabla 6-3: Tabla resumen de superficie máxima de ventana para alcanzar la condición de confort con protección solar.</i>	62
<i>Tabla 6-4: Resumen de Horas de Disconfort para los requisitos de la norma OGUC 2016 y NTM 11, con Protección Solar.</i>	64
<i>Tabla 6-5: Tabla resumen de superficie máxima de ventana para alcanzar la condición de confort con ventilación nocturna y protección solar.</i>	66
<i>Tabla 6-6: Resumen de Horas de Disconfort para los requisitos de la norma OGUC 2016 y NTM 11, con Ventilación Nocturna y Protección Solar.</i>	68