

# Índice de materias

CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Objetivos .....	2
1.1.1 Objetivo general .....	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	2
CAPÍTULO 2 – CONFORT HIGRO-TÉRMICO Y LA HUMEDAD .....	3
2.1 Introducción .....	3
2.2 El calor y la temperatura .....	4
2.3 Ganancia y pérdida de calor en el ser humano .....	5
2.4 La atmósfera terrestre .....	6
2.5 El vapor de agua .....	7
2.6 La humedad en la atmósfera.....	7
2.6.1 Humedad relativa y humedad absoluta .....	8
2.6.2 Presión parcial de vapor .....	8
2.6.3 Temperatura de rocío .....	9
2.7 Carta psicrométrica .....	9
2.8 El agua y sus propiedades .....	10
2.8.1 Fases y cambios de fase de una sustancia .....	11
2.8.2 Calor específico .....	12
2.8.3 Calor latente.....	12
2.9 Permeabilidad y propiedades al agua de materiales .....	12
2.9.1 Permeabilidad al vapor .....	13
2.9.2 Permeabilidad a los gases atmosféricos .....	13
2.9.3 Barreras al vapor de agua .....	14
2.9.4 Absorción capilar .....	15
2.9.5 Absorción higroscópica .....	15
2.9.6 Hidrofobia.....	15
2.10 Transmitancia térmica.....	15
2.11 La condensación en edificios habitacionales .....	17
2.11.1 Tipos de condensación en muros.....	18
2.11.2 Tipos de humedades que afectan a los edificios.....	18
2.11.3 Daños y consecuencias de la humedad y condensación en el interior de una vivienda.....	19
CAPÍTULO 3 – VENTILACIÓN E INFILTRACIONES DE AIRE.....	20

3.1	Introducción .....	20
3.2	Los vientos.....	20
3.2.1	Los vientos y las diferencias de presión .....	20
3.2.2	Los vientos y la rotación terrestre.....	20
3.2.3	Movimiento del aire en la Tierra.....	21
3.2.4	Movimiento del aire en Chile .....	21
3.2.5	Los anemómetros.....	22
3.2.5.1	Anemómetros de velocidad .....	22
3.2.5.2	Anemómetros de presión .....	24
3.3	NCh1079:2008. Arquitectura y Construcción – Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico.....	25
3.4	Ventilación.....	29
3.4.1	Tipos de ventilación.....	30
3.5	Infiltraciones de aire.....	32
3.5.1	Medios de infiltración de aire en una envolvente .....	33
3.6	Infiltraciones de aire y el marco internacional.....	34
3.7	Renovación de aire por hora (ach) .....	36
3.8	Norma NCh3295. Método de presurización del ventilador .....	37
3.8.1	Software Fantestic.....	40
3.8.2	Limitaciones del método .....	41
3.9	Método del gas trazador .....	41
3.9.1	Características de los gases trazadores.....	42
CAPÍTULO 4 – METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DE INFILTRACIONES.....		44
4.1	Método de presurización del ventilador .....	44
4.2	Método del vapor de agua .....	46
4.2.1	Metodología de cálculo 1: Análisis discreto en toda la curva de humedad absoluta.....	47
4.2.2	Metodología de cálculo 2: Análisis continuo del transiente inicial de la curva de humedad absoluta.....	50
CAPÍTULO 5 – PREPARACIÓN Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....		52
5.1	Ubicación experimental .....	52
5.1.1	Características climáticas del sector .....	53
5.2	Características de la caseta .....	54
5.3	Materiales montaje experimental.....	55
5.4	Aislación de muros y grietas.....	56

5.5 Punto de fuga singular. Medición flujo de aire mediante anemómetro.....	58
5.6 Preparación y adquisición de datos anemómetro .....	59
5.7 Preparación y adquisición de datos método vapor de agua.....	60
5.8 Preparación y adquisición de datos método de presurización del ventilador.....	62
CAPÍTULO 6 – RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	65
6.1 Resultados obtenidos, anemómetro.....	65
6.2 Resultados obtenidos, método de presurización del ventilador .....	66
6.3 Resultados obtenidos, método vapor de agua, metodología 1 .....	68
6.3.1 Medición 1.....	68
6.3.2 Medición 2.....	75
6.4 Resultados obtenidos, método vapor de agua, metodología 2 .....	81
6.4.1 Medición 1.....	81
6.4.2 Medición 2.....	82
6.5 Comparación metodologías .....	83
6.6 Análisis de resultados.....	84
6.7 Conclusiones.....	86
BIBLIOGRAFÍA.....	88

## Índice de tablas

Tabla 1. Concentración gases atmosféricos [21].	6
Tabla 2. Coeficientes de permeabilidad de varios polímeros [31].	14
Tabla 3. Transmitancia térmica de algunos elementos constructivos [14].	16
Tabla 4. Transmitancia térmica de algunos materiales [14].	16
Tabla 5. Zonificación climática. NCh1079 Of.2008.	26
Tabla 6. Características climáticas de Santiago. Fuente: NCh1079. Of2008.	28
Tabla 7. Porcentaje de infiltración según elemento.	33
Tabla 8. Exigencias de hermeticidad para 13 países europeos [10].	35
Tabla 9. Infiltraciones de aire máxima por zonificación térmica. Anteproyecto de norma NTM 011/3 2014.	38
Tabla 10. Límite de infiltraciones de aire propuesto provincial [7].	39
Tabla 11. Transmitancia máxima exigida por Zonas Térmicas. O.G.U.C, Art. 4.1.10 [14].	46
Tabla 12. Parámetros empíricos ecuación de Clausius-Clapeyron.	48
Tabla 13. Características climáticas para Santiago - Los Cerrillos. Período 1961 - 1990. NCh1079 Of.2008.	53
Tabla 14. Dirección predominante e intensidad del viento para Santiago - Quinta Normal. Periodo 1961-1990. NCh1079 Of.2008.	53
Tabla 15. Resultados entregados por el anemómetro.	65
Tabla 16. Resultados entregados por el blower door test.	66
Tabla 17. Diferencias de presión normales caseta.	67
Tabla 18. Medición 1. Humedad absoluta aire interior.	71
Tabla 19. Medición 1. Humedad absoluta aire exterior.	71
Tabla 20. Medición 1. Caudal de aire para los 30 primeros valores.	73
Tabla 21. Medición 1. Tasa de infiltración de aire final calculada.	74
Tabla 22. Medición 2. Humedad absoluta aire interior.	77

Tabla 23. Medición 2. Humedad absoluta aire exterior.....	77
Tabla 24. Medición 2. Caudal de aire para distintos pasos en el tiempo. ....	79
Tabla 25. Medición 2. Tasa de infiltración de aire final calculada. ....	80
Tabla 26. Filtraciones de aire obtenidas, método vapor de agua.....	81
Tabla 27. Resumen resultados y comparación con método de blower door test. ....	83
Tabla 28. Comparación resultados con la regla ACH50/20. ....	83

# Índice de figuras

Figura 1. Gráfico de aire húmedo simplificado [14].	9
Figura 2. Comportamiento general de las masas de aire en la Tierra [34].	21
Figura 3. Representación anemómetro convencional. Fuente: PCE instruments.	23
Figura 4. Visualización zonificación climática. NCh 1079 Of.2008.	27
Figura 5. Formas de admisión y extracción de aire [7].	31
Figura 6. Esquema de despresurización y presurización en una envolvente térmica.	37
Figura 7. Resultados FanTestic de forma visual. Fuente: Manual FanTestic – Retrotec.	40
Figura 8. Representación resultado blower door test. Fuente: Norma ASTM E-779-03.	44
Figura 9. Mapa y vista satelital del lugar del ensayo.	52
Figura 10. Vista frontal y lateral de la caseta.	52
Figura 11. Aislación de grietas y aberturas.	56
Figura 12. Adhesión de la cinta doble cara en las paredes.	57
Figura 13. Vista del papel polietileno ya instalado.	57
Figura 14. Vista del punto de fuga singular.	58
Figura 15. Instalación adquisición de datos anemómetro.	59
Figura 16. Adquisición de datos mediante software.	59
Figura 17. Representación termo-higrómetros.	61
Figura 18. Representación de la metodología para la evaporación de agua.	61
Figura 19. Medición del marco, lona del ventilador.	62
Figura 20. Instalación marco del ventilador.	63
Figura 21. Instalación ventilador.	64
Figura 22. Adquisición de datos blower door test.	64
Figura 23. Resultado obtenido, método flujo de aire.	65

Figura 24. Curva de tendencia resultados blower door test en CFM.....	66
Figura 25. Curva de tendencia resultados blower door test en $m^3min$ .....	67
Figura 26. Medición 1. Resultados entregados por cada termo-higrómetro.....	68
Figura 27. Medición 1. Representación humedad relativa v/s tiempo. ....	69
Figura 28. Medición 1. Representación temperatura v/s tiempo. ....	70
Figura 29. Medición 1. Humedad absoluta interior y exterior.....	72
Figura 30. Medición 1. Infiltración de aire v/s tiempo. ....	74
Figura 31. Medición 2. Resultados entregados por cada termo-higrómetro.....	75
Figura 32. Medición 2. Representación humedad relativa v/s tiempo. ....	76
Figura 33. Medición 2. Representación temperatura v/s tiempo. ....	76
Figura 34. Medición 2. Humedad absoluta interior y exterior.....	78
Figura 35. Medición 2. Infiltración de aire v/s tiempo. ....	80